

**NATUURTECHNISCH BEHEER VAN KWELDERWERKEN IN DE FRIESE EN
GRONINGER WADDENZEE: GREPPELONDERHOUD EN OVERIG GRONDWERK**

K.S. Dijkema, J.H. Bossinade, J. van den Bergs & T.A.G. Kroeze

IBN - DLO
Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek
Postbus 167
1790 AD DEN BURG - TEXEL

537452

IBN - DLO
Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek
Bibliotheek
Postbus 9201
6800 HB ARNHEM

Rijkswaterstaat, Directie Groningen, Nota GRAN 1991-2002
Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Texel, RIN-rapport 91/10

1991

R.I.N.-RAPPORT



Aan dit rapport werkten mee:

Drs. J. van den Berghs, RWS Groningen, afd. Advies en Onderzoek (onderzoeker)
J.H. Bossinade, RWS Groningen, afd. Advies en Onderzoek (onderzoeker)
P. Bouwsema, RWS Groningen, Dienstkring Delfzijl (gepensioneerd)
Drs. K.S. Dijkema, IBN-DLO, afd. Estuariene Ecologie (onderzoeker)
J. Fennema, RWS Groningen, Dienstkring Delfzijl (rayonopzichter)
J. Frankes, RWS Groningen, Dienstkring Delfzijl (kantonnier)
Ir. R.J. de Glopper, RWS dir. Flevoland, Wetensch. afdeling (gepensioneerd)
R. Gjaltema, RWS Groningen, Dienstkring Delfzijl (kantonnier)
K. Haan, RWS Groningen, Dienstkring Delfzijl (rayonopzichter)
G. Hageman, RWS Groningen, Dienstkring Delfzijl (automatisering en metingen)
H. Huizinga, RWS Groningen, Dienstkring Delfzijl (meetassistent)
Ing. T.A.G. Kroeze, RWS Groningen, Dienstkring Delfzijl (hoofd afd. Milieu en Techniek)
P.L. Leusink, RWS Groningen, Dienstkring Delfzijl (grafische verwerking en bestandsbeheer)
C. Lindeboom, RWS Groningen, Dienstkring Delfzijl (kantonnier)
J.F. Meijer, RWS Groningen, Dienstkring Delfzijl (kantonnier)
J. Miedema, RWS Groningen, Dienstkring Delfzijl (kantonnier)
M. Scholl, IBN-DLO, afd. Estuariene Ecologie (tekstverwerking)
S.K. Smith, RWS Groningen, Dienstkring Delfzijl (kantonnier)
E.K. Toxopeus, RWS Groningen, Dienstkring Delfzijl (meetassistent)
A. Wierema, RWS Groningen, Dienstkring Delfzijl (chef meetploeg)
A.J. Griffioen, IBN-DLO, afd. Redactie (tekeningen)

RWS = Rijkswaterstaat

IBN-DLO = Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (voorheen RIN = Rijksinstituut voor Natuurbeheer)

INHOUD

SAMENVATTING	7	
1	INLEIDING	14
	1.1 Kwelderwerken	14
	1.2 Beleidskader	14
	1.3 Onderzoekskader	14
2	BASISGEGEVENS	17
	2.1 Bezinkvelden, meetvakken en proefvakken	17
	2.2 Beschrijving van het gegevensbestand	20
	2.3 Uitvoering van het greppelonderhoud en overig grondwerk	24
	2.4 Opzet van de proeven met greppelonderhoud	29
3	OPSLIBBING EN VEGETATIE	32
	3.1 Gemiddeld hoogwater en berekeningen daarmee	32
	3.2 Opslibbing in de meetvakken in ruimte en tijd	40
	3.3 Vorming en zonering van kwelders	43
	3.4 Vegetatietypen en beheer	45
	3.5 Areaal van de verschillende vegetatietypen	47
4	EFFECTEN VAN GREPPELONDERHOUD	56
	4.1 Verband tussen greppelonderhoud en opslibbingssnelheid	56
	4.2 Verband tussen vegetatietype en opslibbingssnelheid	67
	4.3 Effecten van begreppeling op de ondergrens van de kwelder	71
	4.4 Veranderingen in de ondergrenzen van de vegetatiezones	76
5	BEHEERSAANBEVELINGEN	82
	5.1 Inleiding	82
	5.2 Samenhang van de verschillende beheerstechnieken	83
	5.3 Bewerkingsgrens en bufferzone	84
	5.4 Hoofdleidingen, sloten en gronddammen	99
	5.5 Greppelonderhoud in de kwelderzone	102
	5.6 Greppelonderhoud in de overgangszone	108

6	MONITORING EN VERDER ONDERZOEK	110
	6.1 Doel	110
	6.2 Beheersmetingen en monitoring	110
	6.3 Verder onderzoek	113
7	LITERATUUR	114
	BIJLAGEN	117
	Bijlage 1 - FORTRAN-hulpprogramma's	
	Bijlage 2 - Multiple regressie van het verband tussen greppelonderhoud en opslibbingssnelheid	
	Bijlage 3 - Ondergrenzen van de vegetatiezones	

SAMENVATTING

Deze rapportage is het derde deel in een serie over het toekomstige beheer van de kwelderwerken voor de Fries-Groninger noordkust. In een gezamenlijk onderzoekprogramma van RWS en IBN wordt het bestaande beheer geanalyseerd en wordt geëxperimenteerd met nieuwe beheerstechnieken. Na toetsing van de resultaten aan de beheersdoelstellingen van het Beheersplan Buitendijkse Gronden worden voorstellen voor een aangepast beheer geformuleerd.

In het eerste rapport is geconcludeerd dat over het algemeen nog opslibbing plaatsvindt maar dat de ontwikkeling van de kweldervegetatie hierbij achterblijft of zelfs teruggaat. Deze ontwikkeling is in strijd met het voornaamste doel van het Beheersplan. In het tweede rapport zijn de effecten van de rijzendammen op de opslibbing en de kwelderontwikkeling beschreven. De conclusie luidt dat een snelle uitvoering van achterstallig onderhoud aan de rijzendammen en een verkleining van de bezinkvelden op de meest bedreigde plaatsen in de overgangzone dringend noodzakelijk zijn om een verdere achteruitgang van het kwelderareaal te voorkomen.

In dit derde rapport worden de effecten van greppelonderhoud en overig grondwerk op de opslibbing en de vegetatie beschreven. In het Beheersplan is aangegeven dat grondwerk zich dient te beperken tot de begroeide delen van de slikvelden en de jonge kwelder en dat het gewenst is het greppelonderhoud in de begroeide delen zoveel mogelijk met freesmachines uit te voeren. Op grond daarvan zijn voor het huidige onderzoek de volgende vragen geformuleerd:

1. In welke mate draagt grondwerk bij tot een positieve ontwikkeling van het kwelderareaal?
2. Tot welk gebied dient grondwerk zich te beperken?
3. Welke begreppelingsmethode is het meest effectief en sluit goed aan bij de natuurlijke processen?

Gemiddeld hoogwater. Er is een stijgende trend in de jaargemiddelde hoogwaters tussen 1960 en 1990 geconstateerd. De stijging bedraagt 0,37 cm per jaar. De trend is door de grote fluctuaties echter niet significant. Daarom mag deze trendmatige stijging van GHW niet naar de toekomst worden doorgetrokken. Verder is aangetoond dat de windsnelheid in sterke mate bepalend is voor de fluctuaties in het verloop van het jaargemiddelde hoogwater. In een vervolgonderzoek zal de opzet rechtstreeks uit de windsnelheid en -richting berekend worden waarbij ook variaties in de luchtdrukverdeling worden meegenomen.

Opslibbing. Tussen de goede en de slechte opslibbingsgebieden in de kwelderwerken bestaat een zeer kenmerkend verschil in de zonering van de opslibbingssnelheid (fig. 3.4b). In de goede opslibbingsgebieden is er een regelmatig afnemende opslibbingssnelheid vanaf de kwelders naar de buitenste bezinkvelden. In de slechte opslibbingsgebieden verloopt de opslibbingssnelheid niet regelmatig over de zones. In de kwelderzone van de slechte opslibbingsgebieden is de opslibbingssnelheid ook het grootst, in de aangrenzende overgangzone vindt verlaging t.o.v. GHW of

zelfs erosie plaats terwijl de opslibbingssnelheid in de buitenste bezinkvelden globaal tussen de beide voorgaande waarden ligt. Dit leidt in de slechte opslibbingsgebieden zonder de al eerder geadviseerde maatregelen inzake het dammenbestand uiteindelijk tot klifvorming en horizontale erosie van de kwelder. Klifvorming langs grote delen van de kust was in 1935 een van de redenen om met grootschalige kwelderwerken te beginnen.

Kwelderareaal. De maximale omvang van de kwelderaanwas na 1960 wordt op basis van vegetatiekaarten bereikt in 1975 (op basis van de jaarlijks opgenomen meetvakken in 1978). Voor Het Bildt gaat de aanwas momenteel nog verder. Voor het middengedeelte van de Friese kust is na 1975 ca. 64 ha kwelder (18%) van de aanwas verloren gegaan, voor het westelijke deel van de Groninger kust ca. 140 ha (28%) en voor het oostelijk deel (Noordpolder, Lauwerpolder en Emmapolder) ca. 174 ha (100%).

Het Beheersplan Buitendijkse Gronden en de Algemene Beheersvisie voor de Waddenzee gaan uit van het behoud dan wel enige uitbreiding van het kwelderareaal langs de vastelandskust van de Waddenzee. Het verloop van de omvang van de kwelderzone van de kwelderwerken laat daarentegen een duidelijke teruggang zien. Deze ontwikkeling kan zelfs tot klifvorming leiden. Klifvorming is een natuurlijk proces langs kwelders. Indien de opslibbingsbalans in de overgangszone voor de kwelder positief is, kan daar weer nieuwe kwelderaanwas optreden. Gezien de zeer sterke vermindering van de opslibbing in de overgangszone langs het centrale deel van de Friese kust en het oostelijke deel van de Groninger kust mag in die gebieden echter een nog verdergaande horizontale erosie van de kwelderzone worden verwacht. Aan het gestelde in de PKB, de Algemene Beheersvisie en het Beheersplan Buitendijkse Gronden - behoud van de kwelders - wordt dus niet voldaan zodat herstelmaatregelen noodzakelijk zijn.

Vegetatie. De jaarlijkse beheersmetingen in de meetvakken en de vegetatiekartering van het gehele terrein met een lagere opnamefrequentie vullen elkaar uitstekend aan. De beheersmetingen van de Dienstkring geven een gedetailleerd inzicht in de jaarlijkse veranderingen in de vegetatie terwijl de vegetatiekarteringen van de Meetkundige Dienst zeer nuttig zijn gebleken voor een inzicht in het verloop van de omvang van de kwelderzone en pionierzone en voor kennis van de effecten van beweiding op de vegetatie.

Kwelders zijn als een van de weinige Nederlandse landschappen van zeer grote internationale betekenis. Als de oppervlakte aan kwelders in de kwelderwerken wordt vergeleken met het totale kwelderareaal in Nederland dan blijkt dat ongeveer een derde van alle zoutplantenvegetaties in Nederland binnen de kwelderwerken ligt. De vegetatietypen die kenmerkend zijn voor kleiige vastelandskwelders zouden zonder kwelderwerken in de Waddenzee ontbreken. Uit de verdeling van de vegetatietypen over de kwelders blijkt dat kwelderwerken als natuurontwikkeling van kwelders mogen worden beschouwd. De variatie aan vegetatietypen van de kwelder is het meest volledig bij een

lage beweidingsdruk op grote percelen (minimaal 50-100 ha) of bij een ruimtelijke afwisseling in beweiding op kleinere percelen. Zowel een te intensieve beweiding (dit geldt vooral op de lage kwelders) als geen beweiding (dit geldt vooral op de middenhoge en hoge kwelders) leiden tot soortenarme monocultures en verlies aan verschillende typische zoutplantenvegetaties.

Verband tussen greppelonderhoud en opslibbingssnelheid. Zowel in Friesland als in Groningen is in alle zones (de kale overgangzone, de begroeide overgangzone de initiële kwelderzone en de kwelderzone) geen significant verband gevonden tussen greppelonderhoud en opslibbing. In de enkele gevallen waarin een grafische methode de mogelijkheid van een verband aangeeft wordt dit niet bevestigd door een multiple regressie-analyse. Zowel in Groningen als in Friesland is de opslibbing in de kale overgangzone significant lager dan in de overige zones.

Uit deze resultaten wordt geconcludeerd dat greppelonderhoud geen directe invloed heeft op de opslibbingssnelheid. Greppelonderhoud kan dus niet ten doel hebben het ophogen van het maaiveld want dat werkt niet. Dit betekent niet dat grondwerk nu ineens overbodig is voor het beheer van de kwelderwerken. In de eerste plaats is alleen naar het effect van greppelonderhoud gekeken terwijl een ander deel van het grondwerk uit het onderhoud van gronddammen, dwarssloten en hoofdleidingen bestaat. In de tweede plaats heeft greppelonderhoud een positieve invloed op de vegetatieontwikkeling.

Verband tussen vegetatietype en opslibbingssnelheid. De kweldervegetatie blijkt voor een blijvende verhoging van de opslibbingssnelheid te zorgen die in slechte opslibbingsgebieden zelfs buitengewoon groot te noemen is. Daarom hebben beheersmaatregelen die de kweldervegetatie bevorderen een indirect positief effect op de opslibbing.

Voor de pionierzone geldt deze conclusie niet. Dat betekent dat van beheersmaatregelen die de pioniervegetatie bevorderen niet veel indirecte effecten op de opslibbing mogen worden verwacht (directe effecten, zoals van rijzendammen buiten beschouwing gelaten).

Een blijvende beschadiging van de kweldervegetatie door te veel grondwerk of door een te intensieve beweiding (of een beweiding met paarden) zullen dus een negatief effect op de opslibbing hebben. Het blijkt dan ook dat de opslibbingssnelheid het grootst is bij de weinig of niet-beweide vegetatietypen. Dit dient consequenties te hebben voor de beweiding van de kwelderwerken, met name indien de opslibbingscondities ongunstig zijn zoals langs de Noordpolder.

Effecten van begreppeling op de ondergrens van de kwelder. De ondergrenzen van de pionierzone en de kwelderzone zijn in de kwelderwerken ca. 20 cm lager gelegen dan bij een natuurlijke kwelder. Bij een gemiddelde terreinhelling van 10 cm op 100 m betekent dat een uitbreiding van het kwelderareaal met 200 m zeewaarts. Dat houdt in dat de begreppeling globaal een even groot aandeel aan de uitbreiding van de kwelder heeft gehad als de aanleg van bezinkvelden (10-20 cm extra opslibbing).

Samen verklaren ze met 300-400 m de tot 1975 gevormde kunstmatige kwelderaanwas. Uit de praktijk van het natuurtechnisch beheer is gebleken dat dergelijke half-natuurlijke gebieden het beste in stand worden gehouden door een beheer dat aansluit bij de traditionele beheersmethoden waardoor ze zijn ontstaan. Terugkeer naar een volledig natuurlijke ontwikkeling, onder voorwaarde dat het huidige kwelderareaal behouden moet blijven, is niet mogelijk gebleken.

Ontwatering d.m.v. begreppeling zorgt voor een stabiele en beter doorluchte bodem waardoor zowel de generatieve als de vegetatieve vestiging van planten eerder en met een grotere bedekking kan plaatsvinden. Aangezien de vegetatie in de kwelderzone voor een blijvende en buitengewoon grote verhoging van de opslibbingssnelheid zorgt, heeft greppelonderhoud in deze zone een indirect positief effect op de opslibbing via het directe positieve effect op de vegetatie. Deze conclusie leidt tot de beheersaanbeveling het greppelonderhoud in de kwelderzone voort te zetten met als uitsluitend doel het instandhouden van de ontwatering bij een minimale beschadiging van de vegetatie.

Begreppeling zorgt ook voor een uitbreiding van de pioniervegetatie. Aangezien een pioniervegetatie geen duidelijk positief effect heeft op de opslibbing is het weinig zinvol de pionierzone door begreppeling kunstmatig uit te breiden. De begreppeling in de pionierzone kan daarom beperkt worden tot het gedeelte dat aansluit aan de kwelder. Dit is het gebied waar door begreppeling kweldergras de kans krijgt zich verder uit te breiden.

Veranderingen in de ondergrenzen van de vegetatiezones. Voor het vaststellen van een bewerkingsgrens is het van belang te weten op welk niveau de ondergrenzen van de vegetatiezones liggen. De ondergrenzen van alle vegetatiezones komen van west naar oost langs de kust aanzienlijk lager te liggen (fig. 4.8 en 4.9). In de loop van de periode 1960-1982 gaan veel ondergrenzen geleidelijk maar niet significant omhoog. Tussen de perioden 1978-1982 en 1983-1989 is er een trendbreuk en gaan de meest ondergrenzen wel significant omhoog. Deze verschillen zijn voor de kwelderzones overal zeer groot, ca. 10-15 cm hoger t.o.v. de GHW-trendlijn. Samen met de 12 cm stijging van de GHW-trendlijn verklaart dit ca. 250 m verlies van de kwelder (bij een geschatte helling van 10 cm op 100 m).

De veranderingen in de ondergrenzen van de vegetatiezones worden maar ten dele door de effecten van beheersmethoden bepaald: ten eerste is er het effect van de bewerkingsgrens van 1982 en ten tweede het effect van een slechter functionerend dammensysteem op de golfenergie. Voor een ander deel is er een geografisch bepaalde variatie. Het grootste effect lijkt een verhoging van het GHW-niveau en de windsnelheid tussen 1976 en 1983 te hebben.

Samenhang van de verschillende beheerstechnieken. In deze studie is geen direct verband tussen greppelonderhoud en opslibbing aangetoond. Er is echter wel een indirect effect gebleken dat bestaat uit het positieve effect van het greppelonderhoud op de vegetatie van de kwelderzone; van alle gemeten factoren die van invloed zouden kunnen zijn op de opslibbing blijkt de kweldervegetatie de

belangrijkste te zijn. Er is een duidelijke samenhang tussen de beweiding en de positieve werking van de kweldervegetatie voor de opslibbing: een te intensieve beweiding schaadt de functie van de vegetatie in het opslibbingsproces. Bovendien blijkt dan meer greppelonderhoud nodig te zijn.

De andere belangrijke factor voor de opslibbing is het dammensysteem. Een goed en regelmatig onderhoud van de rijzendammen is de ruggegraat van de kwelderwerken. In de vorige studie is gebleken dat de bezinkvelden bij de aanleg te groot zijn gekozen om de golfenergie in de overgangszone effectief te verminderen. Door de gronddammen en sloten ontstaat er een onderverdeling die beter functioneert. Ook in die zin bestaat er dus een samenhang tussen de verschillende beheerstechnieken in de kwelderwerken. Als één onderdeel van het beheer wordt verwaarloosd, kan een ander onderdeel niet meer aan zijn doel beantwoorden. Een verdere beperking van het onderhoud aan de gronddammen en de sloten in de overgangszone is daarom alleen mogelijk in samenhang met de geplande tussendammen.

Bewerkingsgrens en bufferzone. Aanbevolen wordt om in de overgangsgebieden waar voldoende opslibbing is (ongeveer de helft van de kustlengte) te wachten met de eerste begreppeling tot vanzelf een hoogte van iets onder GHW is bereikt. Er vestigt zich dan een pionierbegroeiing, waarna door frezen van greppels een kweldervegetatie kan worden bevorderd. Dit is geheel overeenkomstig de ervaringen met de boerenmethode van landaanwinning. Daarbij wordt de ondergrens van de begreppeling (=bewerkingsgrens) in de pionierzone gelegd om een overgang van de kwelder naar de pionierzone, inclusief uitbreidingsmogelijkheden van kweldergras, in stand te houden.

In slechte opslibbingsgebieden (globaal Friesland midden en Groningen oost) kan ook een begreppeling geen extra opslibbing brengen. Daarom wordt greppelonderhoud in de pionierzones, anders dan voor de bescherming van de kwelder, ten zeerste afgeraden. De zaak op z'n beloop laten zal hier echter leiden tot klifvorming en een versterkte horizontale erosie van de bestaande kwelders. Een goed en regelmatig onderhoud van de bestaande rijzendammen en de bouw van tussendammen in de middenste bezinkvelden volgens de nieuw vastgestelde hoogtes moeten hier de oplossing brengen. De goede werking daarvan is bewezen.

Uit een vergelijking van de proefvakken en de aanliggende meetvakken blijkt dat fors greppelonderhoud met een kraan ook een 'dameffect' heeft: door de vergrootte bodemruwheid worden de dwarsstroming en de golfaanval verminderd, wat resulteert in een stabiele kwelder. Dat 'dameffect' werkt alleen bij fors grondverzet zoals het bouwen van gronddammen of een 'bufferzone' met greppels van 0,5 m³/m of groter. Dergelijk grondwerk wordt bij voorkeur in een droge periode (mei/juni) uitgevoerd om vroegtijdige schade bij slechte weersomstandigheden te vermijden. Aanbevolen wordt een bufferzone van één rij subvakjes (100 m) in fors kraanwerk aan te leggen volgens zeer nauw omschreven criteria voor het toepassingsgebied en de hoogteligging. Deze keuze dient op opslibbingscijfers en hoogtecijfers (fig. 5.2) te worden gebaseerd om te voorkomen dat

overbodig grondverzet gaat plaatsvinden. In het algemeen dient de bufferzone boven NAP +0,80 m te liggen.

Grondwerk in de overgangszone. De conclusie over het greppelonderhoud in de overgangszone is dat beter in een zeer beperkte zone fors gewerkt kan worden dan over een te grote oppervlakte net te weinig, zoals dat in de fase van de handhaving van de status quo na 1968 gebeurde. Dat komt overeen met de aanbeveling in het Beheersplan Buitendijkse Gronden dat zo weinig mogelijk in de bodem van de onbegroeide bezinkvelden moet worden 'geroerd'. De bewerkingsgrens in de overgangszone kan daarom nog ca. 100 m verder terug dan de grens van 1982. Daar staat in de slechte opslibbingsgebieden een forsere inspanning in een beperkte en nauw omschreven 'bufferzone' tegenover. Deze maatregelen hebben meer kans van slagen indien in de slechte opslibbingsgebieden de geplande tussendammen worden aangelegd.

Uiteraard dienen in het bewerkte gebied ook de hoofdleidingen, dwarsslotea, lengteleidingen en greppels te worden onderhouden. Aanbevolen wordt het grondwerk in de weinig begroeide overgangszone buiten de bewerkingsgrens te stoppen tenzij:

1. onderhoud aan de hoofdleiding noodzakelijk is;
2. nieuwe rijkendammen aangegooid moeten worden (met name de te bouwen tussendammen);
3. bestaande gronddammen onderhouden moeten worden (met name de lengtegronddammen in de goede opslibbingsgebieden; vanuit de uitgangspunten van het Beheersplan Buitendijkse Gronden bestaat echter een voorkeur voor dammen in rijshout boven gronddammen).

Greppelonderhoud in de kwelderzone. Door de ontwatering is een kweldervegetatie ontstaan die voor ruim voldoende opslibbing zorgt om de stijging van GHW te compenseren. Van alle gemeten factoren levert de kweldervegetatie de grootste bijdrage aan de opslibbingssnelheid. Daarom wordt in het toekomstige beheer van de kwelderzone van een optimale aandacht voor de vegetatie uitgegaan. Het onderhoud wordt sterker naar de plaatselijke omstandigheden gedifferentieerd waarbij het tweejaarlijks werkplan door de Dienstkring inmiddels is vervangen door onderhoud naar behoefte. Het gewenste eindstadium is een greppel met verticale kanten en overhangende begroeiing. In de proefvakken zijn verbeterde freesmachines ontwikkeld die smallere greppels maken. Deze greppels blijven door de stroomsnelheid van het water zo lang mogelijk zonder onderhoud functioneren en beschadigen de vegetatie minder. De nieuwe freesmachines worden door de Dienstkring op een groter areaal gebruikt dan het vroegere freeswerk, ten koste van kraanwerk.

De noodzaak van greppelonderhoud is pas aanwezig als de greppels hun ontwaterende functie dreigen te verliezen. Het greppelonderhoud in de kwelderzone wordt buiten het broedseizoen uitgevoerd. Hoe lager de kwelder des te eerder in het seizoen dient het grondwerk te worden uitgevoerd. Vroegtijdig opvullen van de greppels wordt dan zoveel mogelijk vermeden. Aan het einde van de gefreesde greppels wordt een zogenoemde vogeluitloop gemaakt waardoor jonge vogels de

greppels kunnen verlaten. In het rapport worden gedetailleerde adviezen over de toe te passen machines, de greppelinhoud, de greppelafstand en de onderhoudsfrequentie gegeven.

1 INLEIDING

1.1 Kwelderwerken

Sinds jaar en dag wordt zowel voor de bezinkvelden aan de Waddenzeekust als de daarin uitgevoerde werkzaamheden de term 'landaanwinningswerken' gebruikt. Aanvankelijk was deze term juist aangezien het uiteindelijke doel inpoldering van de aangewonnen kwelders en slikvelden was. Na 1968 is er echter een nieuw (drieledig) doel voor de landaanwinningswerken gekomen:

1. Voldoen aan de delimitatiecontracten met de oevereigenaren (in hoofdzaak oplevering van 300 m beweidbare kwelder buiten de boerenkwelder);
2. Bescherming en herstel van de natuurlijke waarden;
3. Kustbescherming (in hoofdzaak handhaving status quo).

Om dit nieuwe doel te verwoorden is naar een nieuwe naam gezocht. Deze naam is gevonden op de tentoonstelling 'Landbouw De Marne 1939' die in 1991 op de boerderij Oud Bokum te Kloosterburen werd gehouden. Daar werd de term 'kwelderwerken' gebruikt die naar het oordeel van de auteurs het drieledige doel uitstekend dekt en goed in het gehoor ligt. Bij wijze van proef zal deze term in de voorliggende rapportage worden gebruikt.

1.2 Beleidskader

In de PKB Waddenzee (1980) heeft de Nederlandse regering het beleid voor de Waddenzee in grote lijnen vastgelegd. De hoofddoelstelling is 'de bescherming, het behoud en waar nodig het herstel van de Waddenzee als natuurgebied'. In de Algemene Beheersvisie (1985) en in de verschillende daarop gebaseerde beheersplannen is dit nieuwe beleid nader uitgewerkt. De richtlijnen voor het beheer van de Friese en Groninger vastelandskwelders en kwelderwerken zijn gegeven in het Beheersplan Buitendijkse Gronden (1987). Het belangrijkste doel is te streven naar het behoud van het kwelderareaal en waar dit gewenst wordt voor enige uitbreiding te zorgen. Daarbij dienen de onderhoudstechnieken zo goed mogelijk gebruik te maken van de natuurlijke processen.

In 1991 is een herziening van de PKB-Waddenzee aan de orde. Vooruitlopend daarop zijn het 'Waddenactieplan' van de Rijkswaterstaat en DGSM en 'De Waddenzee in de toekomst - waarom en hoe te bereiken' van het IBN verschenen. Daarin zijn duidelijke aanbevelingen gedaan om het kwelderareaal ook in een tijd van zeespiegelrijzing in stand te houden en eventueel zelfs uit te breiden. Ook de Waddenadviesraad heeft zich meerdere keren in die zin uitgelaten.

1.3 Onderzoekskader

In het Beheersplan Buitendijkse Gronden staat aangegeven dat onderzoek gewenst is om tot een betere onderbouwing van het gevoerde beheer te komen of hierin wijzigingen aan te brengen. Dat onderzoek wordt uitgevoerd door een werkgroep onder verantwoordelijkheid van de Stuurgroep

Experiment Natuurbeheer Rijkslandaanwinningswerken. In de stuurgroep zitten vertegenwoordigers van de Rijkswaterstaat (RWS), de directie Natuur, Milieu en Faunabeheer (NMF) van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, de Vereniging van Oevereigenaren en Gebruikers en het DLO-Instituut voor Bos- Natuuronderzoek (IBN-DLO). De werkgroep bestaat uit medewerkers van de Rijkswaterstaat en het IBN. De belangrijkste aanbevelingen in het Beheersplan Buitendijkse Gronden zijn:

1. Voor het behoud van de kwelderwerken is het noodzakelijk de rijzendammen te onderhouden, mogelijk met beperking van de constructiehoogte.
2. De buitengrens van de bezinkvelden kan op basis van onderzoek van de RWS-IBN werkgroep worden veranderd, afhankelijk van de natuurlijke waarden van de bezinkvelden en de onderhoudsinspanning.
3. In de onbegroeide delen van de bezinkvelden zal zo weinig mogelijk grondwerk (= onderhoud van greppels en sloten en aangooien van gronddammen en rijzendammen) worden uitgevoerd.
4. In de begroeide delen van de bezinkvelden zal het greppelonderhoud zoveel mogelijk met freesmachines worden uitgevoerd.
5. De aard en de omvang van het greppelonderhoud en de buitengrens van het begreppelde terrein zal op basis van onderzoek van de RWS-IBN werkgroep worden vastgesteld.

Omdat er vanaf 1979 langs de gehele Groninger kust en het grootste deel van de Friese kust een geleidelijke afname van de kwelders plaatsvindt, is over punt 1 het volgende door de werkgroep geadviseerd (Dijkema e.a. 1988): een snelle uitvoering van achterstallig onderhoud aan de rijzendammen in de overgangszone (= middenste bezinkvelden) en een verkleining van de bezinkvelden in die zone zijn dringend noodzakelijk. De constructiehoogte van de nieuw aan te leggen dammen dient aangepast te worden aan de opgetreden stijging van GHW en aan de toekomstige bodemdaling door gaswinning en kan dus niet worden beperkt.

Met betrekking tot punt 2 is geadviseerd het onderhoud van het grootste gedeelte van de buitenste dwarsdam van de buitenste bezinkvelden op te geven, mits de hoofddammen loodrecht op de kust in de buitenste bezinkvelden een onderlinge afstand hebben van maximaal 400 m en goed worden onderhouden. De kwelderwerken voor de Ternaarder polder zullen geleidelijk worden verminderd behalve de eerste bezinkvelden.

De Stuurgroep heeft geoordeeld dat uitvoering van de adviezen uit 1988 met betrekking tot de punten 1 en 2 noodzakelijk is om aan de doelstelling van het Beheersplan te voldoen en heeft dienovereenkomstig aan de Rijkswaterstaat geadviseerd. Deze adviezen zijn in overeenstemming met een aanbeveling van de tweede trilaterale conferentie over het kwelderbeheer (Ovesen 1990) dat beschermingsmaatregelen voor bestaande kwelders vooral gericht moeten worden op de overgangszone van vastlandskwelders om te voorkomen dat klifvorming een algemeen proces wordt.

Het geld voor de uitvoering van de voorgestelde verbeteringen aan het dammenbestand is in het kader van het integraal waterbeheer vanaf 1993 in het functieplan A van de Rijkswaterstaat opgenomen. Als gevolg van stormschade en onvoldoende financiële middelen is er inmiddels een nog grotere achterstand in het onderhoud van de rijzendammen ontstaan. Daarom is in 1990 noodgedwongen met het verlaten van de buitenste dwarsdam begonnen, zeer tegen het advies van de RWS-IBN werkgroep die daarvoor de genoemde verbeteringen aan het overige dammenbestand als voorwaarde had gesteld.

De punten 3-5 zijn onderwerp van de voorliggende studie van de RWS-IBN werkgroep. Punt 4 is inmiddels op grond van de resultaten in de proefvakken in praktijk gebracht voor wat de kwelderzone betreft. Bovendien zijn de afmetingen van de greppels in die zone sterk verkleind.

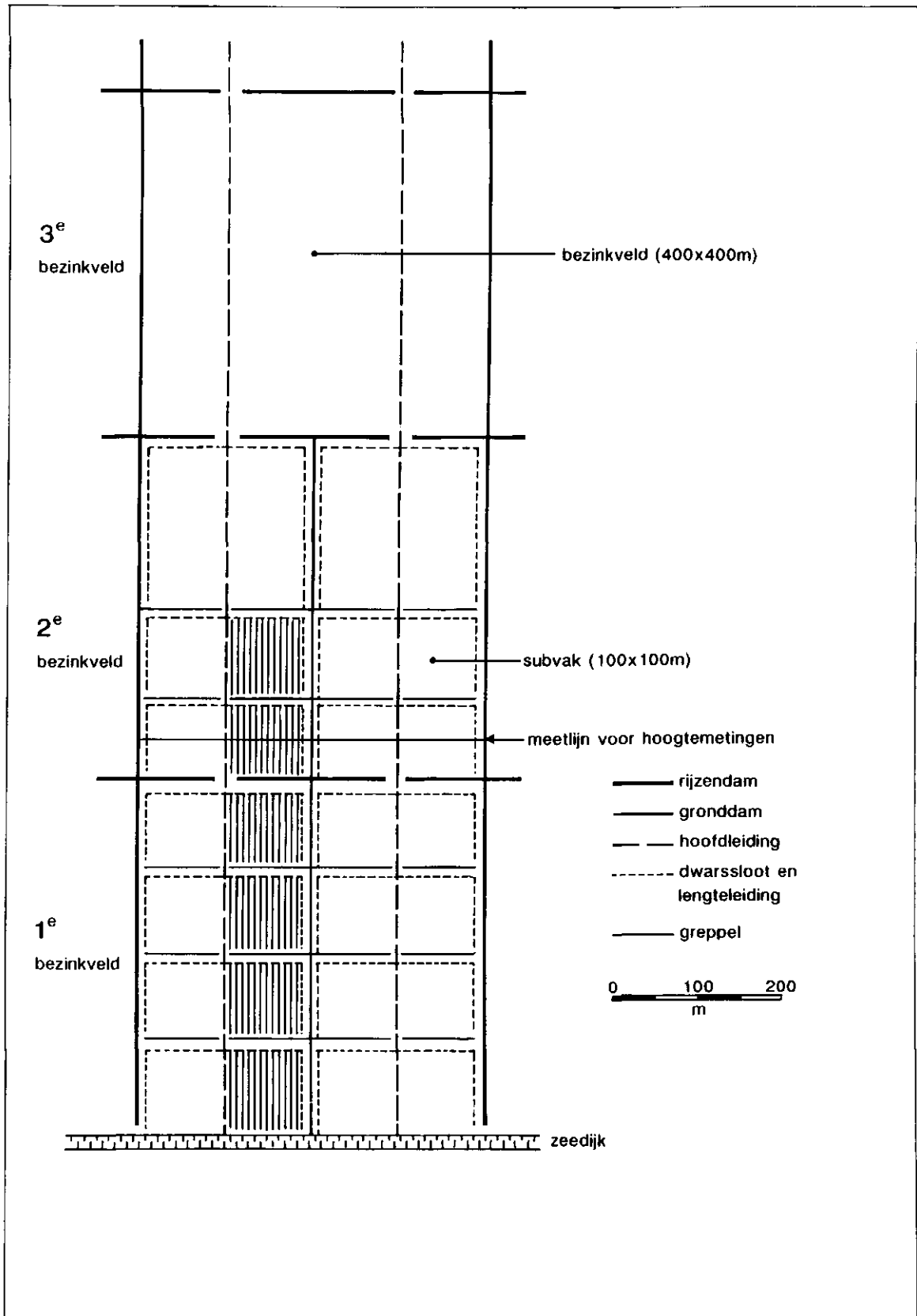
2 BASISGEGEVENS

2.1 Bezinkvelden, meetvakken en proefvakken

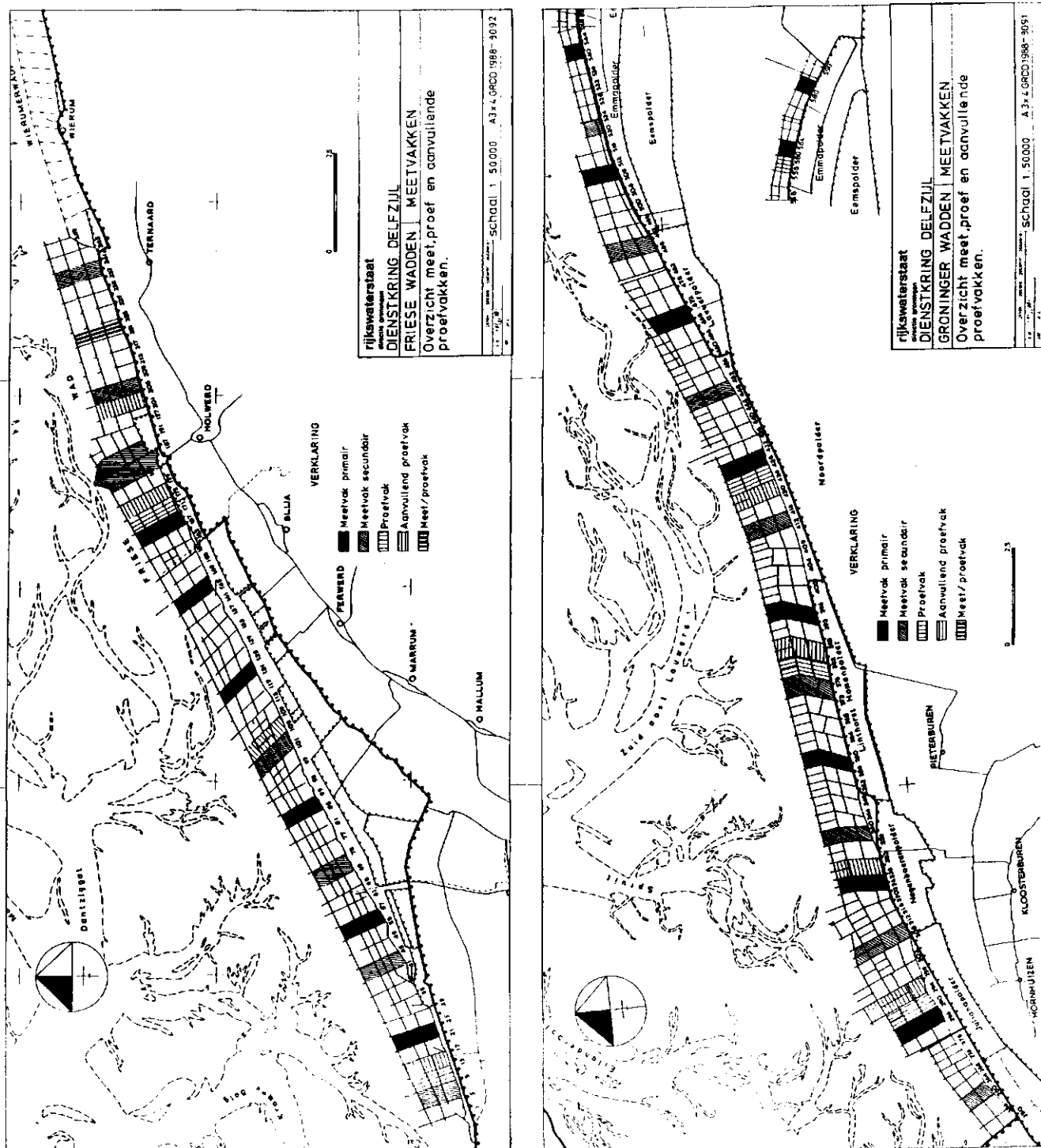
De basiseenheid van de huidige kwelderwerken in Groningen en Friesland is een bezinkveld van meestal 400 bij 400 m (fig. 2.1). De begrenzing wordt gevormd door rijzendammen loodrecht op de kust (hoofddammen en soms tussendammen) en rijzendammen evenwijdig aan de kust (dwarsdammen). Een rijzendam bestaat uit twee rijen palen met daartussen rijshout. Het rijshout wordt op zijn plaats gehouden door een metalen draad die de paalkoppen ter weerszijden verbindt. Op de meeste plaatsen liggen drie bezinkvelden achter elkaar. De aan- en afvoer van het water wordt per bezinkveld verzorgd door twee hoofdleidingen loodrecht op de kust. De eerste en een gedeelte van de tweede reeks bezinkvelden zijn begreppeld. De begreppelde bezinkvelden zijn meestal door gronddammen onderverdeeld in eenheden van 100 x 200 m. Midden door zo'n eenheid loopt de hoofdleiding waardoor een begreppeld bezinkveld uiteindelijk in 16 subvakken van 100 x 100 m is onderverdeeld. In de begroeide subvakken sluit op de hoofdleidingen een systeem van dwarsloten, lengteleidingen en greppels aan. Tussen de greppels liggen akkers van ca. 10 x 100 m.

In de kwelderwerken ligt op regelmatige afstanden van elkaar een aantal meetvakken: 15 in Friesland en 18 in Groningen (fig. 2.2). Elk meetvak bestaat uit één reeks bezinkvelden van de dijk naar het wad (ca. 50 ha) en is representatief voor een kustgedeelte van ongeveer twee kilometer. In de meetvakken is vanaf 1950 (en soms zelfs vanaf 1937) een groot aantal gegevens over de hoogteligging, de bodemsamenstelling, de vegetatie, het onderhoudswerk etc. verzameld. Deze gegevens zijn ondergebracht in een computerbestand (hoofdstuk 2.2) en worden gebruikt voor het opstellen van uitvoeringsplannen voor het beheer en het verrichten van beheersondersteunend onderzoek. Voor het beheersondersteunend onderzoek kunnen met deze gegevens trendanalyses worden uitgevoerd. Daarvoor zijn 13 meetvakken in Friesland en 13 in Groningen goed bruikbaar gebleken.

In 1982 zijn vijf proefvakken opgezet van ieder ca. 30 ha die zijn gekozen op grond van verschillen in opslibbing en beweiding (twee in Friesland en drie in Groningen). In de proefvakken wordt experimenteel veldonderzoek gedaan naar de effecten van verschillende greppelafmetingen, greppelpatronen en onderhoudsfrequenties en worden dezelfde parameters opgenomen als in de meetvakken. In 1987 zijn daaraan nog acht aanvullende proefvakken toegevoegd waarin op praktijkschaal met nieuw ontwikkelde onderhoudstechnieken met kleinere greppels en een goed regelbare grondspreiding wordt gewerkt en in sommige gevallen het greppelonderhoud is gestopt. In 1990 is het aantal proefvakken verminderd en geclusterd tot drie eenheden in Friesland en drie in Groningen. Daarbij is binnen elke eenheid een bezinkveld met 'niets doen' in de overgangszone gesitueerd.



Figuur 2.1 Indeling van de bezinkvelden in één meetvak.



Figuur 2.2 Overzicht van de meet- en proefvakkten in de kwelderwerken. De subvakkten (fig. 2.1) in de bezinkvelden zijn van west naar oost doorlopend genummerd. De afstand tussen de opeenvolgende nummers is ongeveer 100 m.

2.2 Beschrijving van het gegevensbestand

2.1.1 Inleiding

In de meetvakken is door de Rijkswaterstaat Groningen, Dienstkring Delfzijl een groot aantal gegevens over de hoogteligging, de vegetatie, het onderhoudswerk etc. verzameld. De huidige meetmethode voor de hoogte is in Groningen vanaf 1960 en in Friesland vanaf 1962 toegepast en wordt in Bouwsema e.a. (1986) beschreven. De huidige opnamemethode voor de vegetatie dateert uit 1957 en is door Bouwsema (1986, 1988) beschreven.

In Dijkema e.a. (1988) wordt het gegevensbestand beschreven. Na 1988 zijn aanvullende meetgegevens ingevoerd en enkele veranderingen in de gegevensstructuur aangebracht. In dit hoofdstuk worden de genoemde veranderingen en de meest gebruikte programmatuur besproken. Voor de historische ontwikkeling van het gegevensbestand en de geografische indeling van de vakken wordt naar het eerder genoemde rapport verwezen.

De introductie van personal computers (verder aangeduid met PC) maakte het aantrekkelijk de bestanden die tot nu toe op de Sperry-Univac computer van de Dienst Informatieverwerking stonden over te zetten op PC's. De belangrijkste voordelen zijn:

- PC's hebben voor velen een lagere 'toegangdrempel' dan een mainframe-computer waardoor het voor meer mensen mogelijk wordt met de gegevens uit de bestanden aan de slag te gaan;
- Er kan op elke willekeurige plek waar een PC aanwezig is gewerkt worden omdat werkkopieën van de bestanden op schijfjes (floppy's) gezet kunnen worden;
- Bewerkingen met eigen programmatuur kunnen gemakkelijk gecombineerd worden met veel gebruikte toepassingspakketten voor PC's zoals dBase, Harvard Graphics en SPSS;
- De bestandsstructuur kan ondergebracht worden in een bestaande data-base waardoor gebruik gemaakt kan worden van het enorme scala aan mogelijkheden dat een dergelijk pakket biedt.

2.1.2 Opzet van het dBase-bestand

Er is gekozen voor het dBase-IV-programma van Ashton-Tate omdat deze database zowel door RWS als IBN gebruikt wordt. De dBase-IV-structuur maakt tevens een eenvoudige koppeling met andere programmapakketten mogelijk zonder dat daarbij van conversieprogramma's gebruik gemaakt hoeft te worden.

De meetgegevens worden per subvak en per jaar ondergebracht in een record (regel). Voor elk jaar is er voor ieder subvak waarin gegevens in dat jaar zijn opgenomen dus een apart record. Een record is opgebouwd uit velden waarin de gegevens worden ondergebracht. Elk veld heeft een naam (tabel 2.1). Vanaf 1990 zijn de gemeten hoogtes in millimeters ingevoerd waardoor het mogelijk wordt het hoogteverloop in de tijd nauwkeuriger te volgen. Helaas is het niet mogelijk gebleken de voor 1990 gemeten hoogtes opnieuw in millimeters in te voeren. Als aanpassing zijn daarom alle hoogtes voor 1990 met tien vermenigvuldigd.

Tabel 2.1 Veldstructuur van een record met verklaring van de gegevens.

Veld	Var.	Br.	Veldnaam	Eenheid	Missing	Opmerkingen en verklaring waarden
1	NR	3	Vaknummer	-	-	Subvak in het algemeen 100 x 100 m
2	LET	1	Subvaknummer	-	-	Elk meetvak is meestal ingedeeld in drie
3	BZV	1	Bezinkveld	-	9	bezinkvelden waarvan bezinkveld 1 het hoogst en bezinkveld 3 het laagst gelegen is.
4	JRO	2	Jaar opname	jaar	-	
5	MO	2	Maand opname	maan	99	
6	JRD	2	Jaar damaanleg	jaar	99	Alleen de lengtedammen (loodrecht op de kust)
7	HD	2	Damhoogte	dm tov NAP	99	Damhoogte bij aanleg
8	LD	4	Damlengthe per ha	dm	9999	Som van lengte- en dwarsdammen per ha
9	HA	3	Akkerhoogte aanleg	cm tov NAP	999	
10	HM	5	Akkerhoogte opname	mm tov NAP	99999	
11	VRD	3	Vrije ruimte dam	dm	999	
12	TGR	1	Toestand greppels	-	9	0 = geen greppels 1 = greppels volgeslibd 2 = greppels redelijke ontwatering 3 = greppels goede ontwatering
13	VRG	3	Vrije ruimte greppels	dm	999	
14	LUG	3	Lutum greppels	%	999	Lutum percentage in de laag van 0-30 cm
15	TAK	1	Toestand akkers	-	9	0 = vrijwel vlak, greppels onduidelijk 1 = restanten van akkerruggen aanwezig 2 = akkerruggen, maar niet op alle akkers 3 = akkerruggen op alle akkers 4 = akkers, veel onbegroeide kuilen en/of stroken 5 = akkers met weinig kale plekken 6 = akkers egaal begroeid en goed ontwaterd
16	JB	2	Jaar bewerking	jaar	99	Jaar laatste grondwerk
17	MB	2	Maand bewerking	maand	99	-
18	GWT	1	Grondwerktype	-	9	1 = freeswerk 2 = graafwerk ponton 3 = graafwerk rupskraan 4 = handwerk
19	GWH	6	Grondwerkhoeveelheid	m ³ /m	-0,09	-
20	LUA	3	Lutum akkers	%	999	Lutum percentage in de laag van -30 cm
21	BEW	3	Beweidbaarheid	%	999	
22	MVB	1	Mate van beweiding	-	9	0 = nooit beweide geweest 1 = extensief beweide 2 = matig beweide 3 = intensief beweide 4 = niet in dit jaar beweide
23	BS	2	Beweiding schapen	n/ha	99	
24	BV	2	Beweiding jongvee	n/ha	99	
25	SCH	1	Vertrappingschade	-	9	0 = niet vertrapt 1 = enige schade 2 = duidelijke schade, diepe pootafdrukken 3 = vele m ² volledig vertrapt
26	MIN	3	Minimumlengte gewas	dm	999	
27	MAX	3	Maximumlengte gewas	dm	999	
28	TBG	3	Tot. bedekkingsgraad	%	999	
29	VTYP	3	Vegetatietype	-	-	zie Dijkema & Bossinade 1990

Veld	Var.	Br.	Veldnaam	Eenheid	Missing	Opmerkingen en verklaring waarden
30	PLT	25	Planten	-	-	1 Salicornia europaea 16 Atriplex prostrata 2 Spartina anglica 17 Elymus repens 3 Suaeda maritima 18 Elymus pycnanthus 4 Puccinellia maritima 19 Lolium perenne 5 Spergularia maritima 20 Armeria maritima 6 Aster tripolium 21 Limonium vulgare 7 Plantago maritima 22 Poa pratensis 8 Glaux maritima 23 Zostera noltii 9 Festucarubra 24 Zostera marina 10 Agrostis stolonifera 25 Potentilla anserina 11 Triglochin maritima 12 Cochlearia anglica 13 Cochlearia danica 14 Halimione portulacoides 15 Artemisia maritima Verklaring bedekkingswaarde: + = < 5%, enkele exemplaren per veld 1 = < 55, enkele exemplaren per 10 m ² 2 = 5-10% bedekkend 3 = 10-25% bedekkend 4 = 25-50% bedekkend 5 = 50-75% bedekkend 6 = 75-100% bedekkend
31	GHWR	5	Gemiddeld hoogwater	mm		Hoogte tov NAP - hoogte trendlijn 1960-(jaar-60)*0,44 -rimpelwaarde(jaar)
32	GHWL	5	Hoogte tov gem. hoogwater trendlijn	mm	99999	Hoogte tov de trendlijn door de GHW's
33	OPS	5	Opstopping	mm/jaar	99999	Berekend uit hoogteverschil van jaar tot jaar
34	VLAG	1	Interpolatievlag	-	-	0 = hoogte is door meting verkregen 1 = hoogte is door interpolatie verkregen
35	COVER	4	Berekende bedekkings- graad door alle planten	%	9999	Totale bedekking is de som van de afzonderlijke bedekkingen per plant
* Total * 117						

De waarden van de volgende variabelen (velden) worden berekend uit gemeten variabelen:

- BZV - nummer bezinkveld vastgesteld uit vaknummer en subvakletter;
- GHWR - conversie hoogte t.o.v. NAP naar hoogte t.o.v. gemiddeld hoogwater in het jaar van opname;
- GHWL - conversie hoogte t.o.v. NAP naar hoogte t.o.v. gemiddeld hoogwater trendlijn;
- OPS - het hoogteverschil t.o.v. de hoogte HM van het vorige jaar; in sommige gevallen is deze waarde uit interpolatie verkregen, in dit geval heeft de variabele VLAG de waarde 1;
- VTYP - het vegetatietype wordt vastgesteld uit de waarden in de variabele PLT;
- COVER - de totale bedekkingsgraad in procenten berekend uit de bedekkingswaarden van de afzonderlijke planten.

Ieder jaar worden de meetgegevens van het vorige jaar opgenomen in een verzamelbestand. De toepasselijke gedeelten van dit bestand worden toegevoegd aan elk van de elf deelbestanden (tabel 2.2). Vervolgens worden na een sorteerslag de hierboven omschreven variabelen berekend en

Tabel 2.2 Overzicht van de deelbestanden.

Bestandsnaam	# records	last update	grootte (Kb)
F005-024	3317	22/04/91	389
F024-072	3820	27/05/91	448
F085-124	4575	24/05/91	536
F145-178	4552	22/04/91	534
F205-237	4145	30/05/91	486
G260-293	3827	16/05/91	449
G308-339	4283	07/06/91	502
G356-381	4597	17/05/91	539
G392-415	2770	17/05/91	325
G424-451	4011	16/05/91	470
G468-511	3570	17/05/91	419

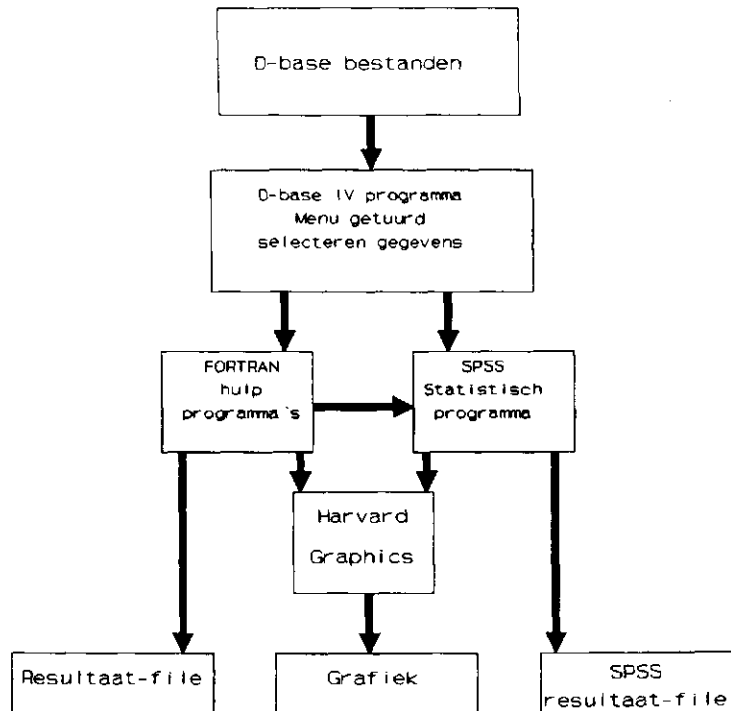
toegevoegd. Voor deze berekeningen zijn vier FORTRAN-programma's geschreven die hierna kort behandeld worden:

1. Programma BEZINK: stelt het bezinkveldnummer (BZV) vast uit vaknummer (NR) en subvakletter (LET); er wordt gebruik gemaakt van de hulpfile BZV.DAT waarin de verdeelsleutel van het bezinkveldnummer over de diverse subvakken is opgenomen;
2. Programma WISINT: wist de door interpolatie verkregen maaiveldhoogtes (HM); dit kan noodzakelijk zijn om de interpolaties opnieuw te berekenen na het invoeren van nieuw gemeten hoogtes of verbeterde gemeten hoogtes;
3. Programma INTPOL1: berekent hoogtes (HM) voor de jaren waarin geen hoogtes gemeten zijn, maar in enig jaar daarvoor en daarna wel, door middel van lineaire interpolatie; voor zowel gemeten als geïnterpoleerde hoogtes worden ook de variabelen GHWL, GHWR en OPS berekend;
4. Programma KWELVEG1: stelt het vegetatietype vast uit de gegevens in de variabele PLT (Dijkema & Bossinade 1990); tevens wordt de variabele COVER berekend.

2.2.3 *Bewerkingen met het gegevensbestand*

De dBase IV-structuur van de bestanden maakt het gebruik van veel toepassingsprogrammatuur mogelijk. Uit het grote aanbod van programmatuur is gekozen voor SPSS wat de statistische bewerkingen betreft en voor Harvard Graphics voor wat betreft de grafische presentatie. Voor bewerkingen die niet met dBase of SPSS mogelijk zijn worden eigen FORTRAN programma's gebruikt die in de meeste gevallen geïntegreerd zijn in dBase programma's. In figuur 2.3 is aangegeven langs welke lijnen de gegevensstroom vanuit het bestand gevoerd wordt om tot een resultaat in een of andere vorm te komen.

In het dBase programma worden de selecties van de gewenste gegevens gemaakt via een menustructuur. Vervolgens wordt de uitvoer in dBase of ASCII-formaat als invoer voor de bewerkingsprogramma's gebruikt. Kleine statistische bewerkingen worden in daarvoor geschreven FORTRAN-programma's verricht. De meer uitvoerige bewerkingen worden met behulp van het



Figuur 2.3 Gegevensstroom van basisbestand tot resultaat.

programmapakket SPSS uitgevoerd. De resultaten worden in de vorm van tabellen, matrixen of grafiek zichtbaar gemaakt. De grafiek wordt door Harvard Graphics verzorgd.

Er is een groot aantal bewerkings- en hulpprogramma's geschreven. De belangrijkste worden hierna vermeld en in bijlage 1 besproken. De programma's zijn in ruwweg vijf categorieën te verdelen:

1. Gegevenspresentatie zonder of met kleine bewerkingen: MATRIX2.PRG, 3DPAR.PRG, KIESPAR.PRG, SVPAR.PRG, SINGPAR.PRG;
2. Onderzoek relatie opslibbing met andere parameters: SVOPS.PRG, MHOPS.PRG, STAGROND.PRG;
3. Onderzoek relatie vegetatie met andere parameters: VEGDIF.PRG; VEGHG.PRG, VEGOPS.PRG, SVVEG.PRG, GRENS.PRG;
4. Voorbereiden gegevens voor SPSS berekeningen: SPSGR.PRG; GROND.PRG;
5. Overige programma's: HELLING1.PRG.

2.3 Uitvoering van het greppelonderhoud en overig grondwerk

2.3.1 Veranderingen in de hoeveelheid grondwerk

In de uitvoering van de kwelderwerken door het rijk hebben verschillende doelen voorop gestaan:

1. Vorming van beweidbare kwelders die later zouden worden bedijkt (1935-1950);
2. Vorming van een bodemprofiel geschikt voor bedijking (1950-1968);

3. Handhaving van de status quo onder andere uit oogpunt van kustverdediging (1968-1982);
4. Behoud van de kwelders t.b.v. zeedefensie en natuur- en landschapswaarden en het in stand houden van de natuurwaarden in de overige delen van de kwelderwerken (1982-heden).

Tijdens deze vier fasen zijn de principes van het onderhoud niet veranderd, alleen de intensiteit en de plaats van het menselijk ingrijpen is aan de doelstellingen aangepast (tabel 2.3). Tijdens de eerste

Tabel 2.3 Veranderingen in de hoeveelheid grondwerk (gemiddelden per jaar in m³ x 1000) exclusief de Lauwerszee en de Emmapolder.

	Friesland	Groningen
1960-1967	488	818
1968-1981	324	383
1982-1990	261	285

twee fasen is de gewijzigde Schleswig-Holsteinse methode ontwikkeld. Daarbij werden vanaf 1956 grotere greppels gegraven dan bij de vroegere methoden van landaanwinning (de boerenmethode en de oorspronkelijke Schleswig-Holsteinse methode; Kamps 1962). Dat vond bovendien plaats in alle bezinkvelden. Dat was mogelijk omdat het greppelonderhoud gemechaniseerd werd. De bedoeling was dat de ophoging vooral door het mechanische grondverzet zou plaatsvinden; de greppels zorgden tevens voor drooglegging en daarmee stabilisatie van het terrein. De rol van de vegetatie werd in die tweede fase secundair geacht in vergelijking met de vroegere methoden van landaanwinning.

Vanaf 1968 (derde fase) wordt gestreefd naar de handhaving van de bereikte toestand. De onderhoudsfrequentie van de greppels wordt tweejaarlijks; de greppelinhoud blijft ongewijzigd. Het greppelonderhoud in de buitenste (derde) bezinkvelden wordt vanaf 1965/1966 gestopt; daarna wordt de onderhoudsachterstand in de eerste bezinkvelden in Friesland weggewerkt. Vanaf 1982 (vierde fase) wordt ook het greppelonderhoud in het onbegroeide deel van de tweede bezinkvelden gestopt (instellen bewerkingsgrens).

2.3.2 Verdeling van het grondwerk

De meeste buitenste bezinkvelden zijn tot 1965/1966 regelmatig begreppeld (fig. 4.1-4.26 in Dijkema et al. 1988), daarna zijn daar alleen de hoofdleidingen regelmatig hergraven. De buitenste bezinkvelden in de meetvakken 5, 21 en 53 zijn nooit begreppeld.

De meeste bezinkvelden in de overgangszone zijn vanaf de aanleg regelmatig begreppeld. De hoeveelheid grondverzet is in de loop van de jaren afgenomen (tabel 2.3; tabel 4.8 in Dijkema et al. 1988). De belangrijkste gebeurtenissen daarbij zijn de overgang van jaarlijks naar tweejaarlijks greppelonderhoud in 1968 en het stoppen van greppelonderhoud in de schaars begroeide delen in 1982. Door die laatste beslissing ligt de bewerkingsgrens voor het grondwerk nu in veel gevallen in het midden van de overgangszone.

In alle kwelders (oorspronkelijk meestal de eerste bezinkvelden) vindt buiten de eigendomsgrens van de oevereigenaren (= afgepaalde kweldergrens) regelmatig greppelonderhoud plaats. Voor 1968 heeft dit greppelonderhoud een incidenteel karakter, daarna wordt het volgens plan eens per twee jaar of naar behoefte uitgevoerd.

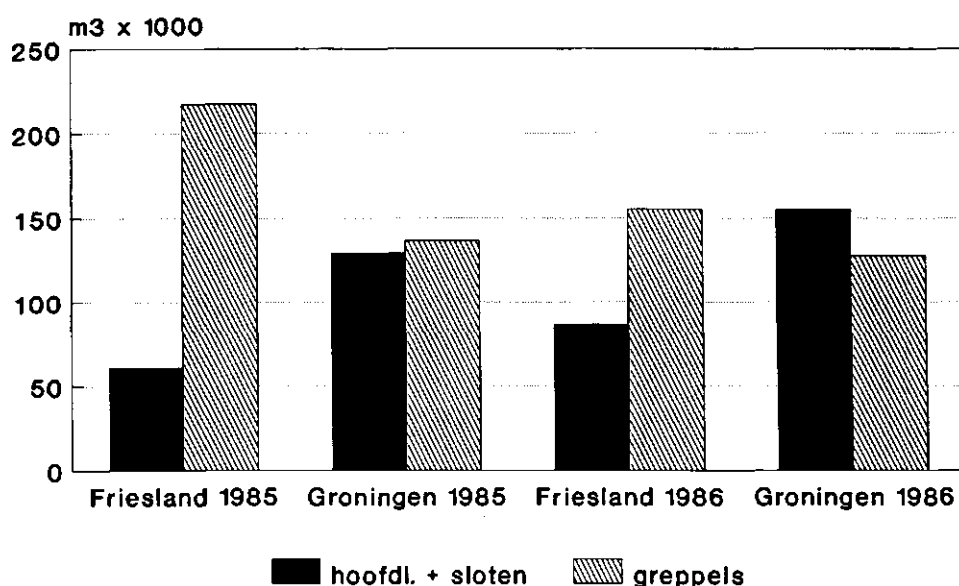
Grondwerk bestaat uit onderhoud van greppels en onderhoud van hoofdleidingen en sloten. In figuur 2.4 is de verdeling van het grondwerk over deze categorieën voor 1985 en 1986 weergegeven. Daaruit blijkt dat in Groningen de verhouding ongeveer gelijk ligt en dat in Friesland relatief minder onderhoud aan de hoofdleidingen en sloten wordt gedaan.

2.3.3 Toepassing van de verschillende grondverzetmachines

Tot en met 1980 worden in hoofdzaak pontonkranen gebruikt. Daarna is de rupskraan ingevoerd. Omdat de rupskraan per m³ veel goedkoper is dan de pontonkraan neemt de hoeveelheid grondwerk na 1980 sterk toe (fig. 2.5). Voor het totaal aan grondwerk (dus inclusief de hoofdleidingen en sloten; fig. 2.5) zien we dat de hoeveelheid freeswerk (in m³) beperkt is maar wel tamelijk constant vanaf 1970/1971. In het graafwerk vindt een zeer grote verschuiving plaats van pontonwerk naar kraanwerk.

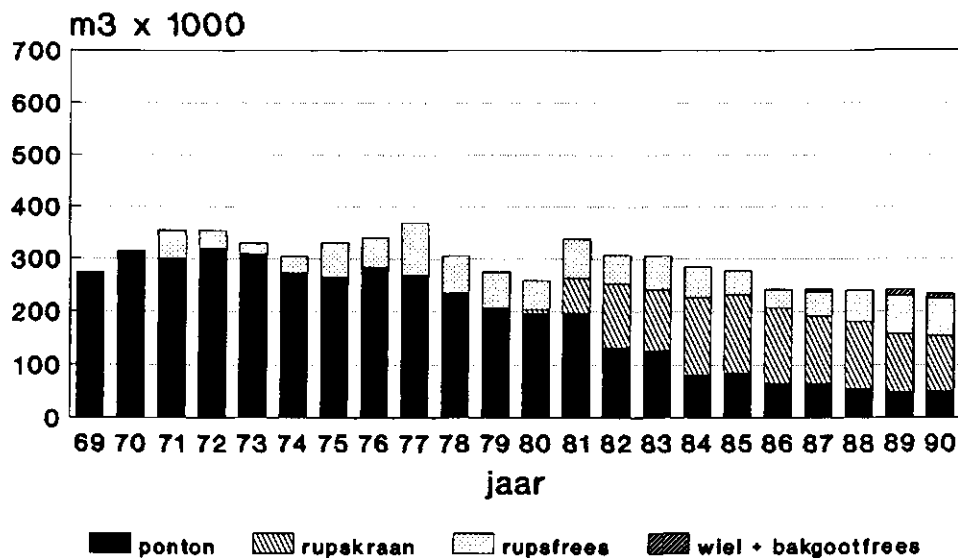
De hoeveelheid greppelonderhoud in hectares geeft een totaal ander beeld (fig. 2.6). Dit komt omdat daarin het onderhoud van de hoofdleidingen en sloten niet is opgenomen en omdat de verschillende greppelfrezen met een geringer grondverzet werken dan de kranen. Het areaal van de frezen is dus groot (fig. 2.6) in vergelijking met het aantal m³ (fig. 2.5). Het blijkt dat over de afgelopen zes jaar in Friesland het areaal freeswerk aanzienlijk is toegenomen en in Groningen enigszins is afgenomen. Het areaal van de andere machines is tamelijk constant.

Verdeling grondwerk over greppels en hoofdleidingen + sloten

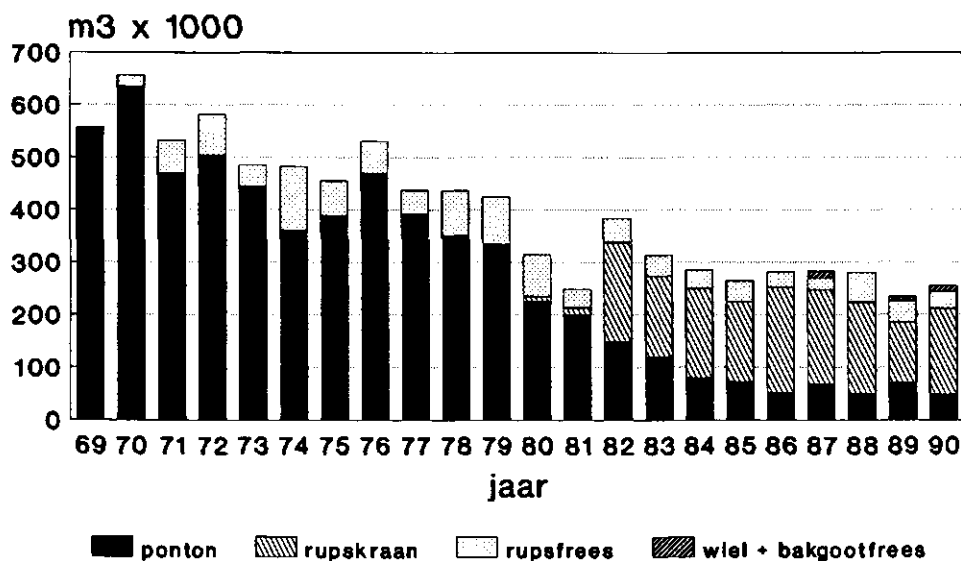


Figuur 2.4 Verdeling van het grondwerk over de verschillende categorieën watergangen voor de jaren 1985/1986.

Totaal grondwerk Friesland



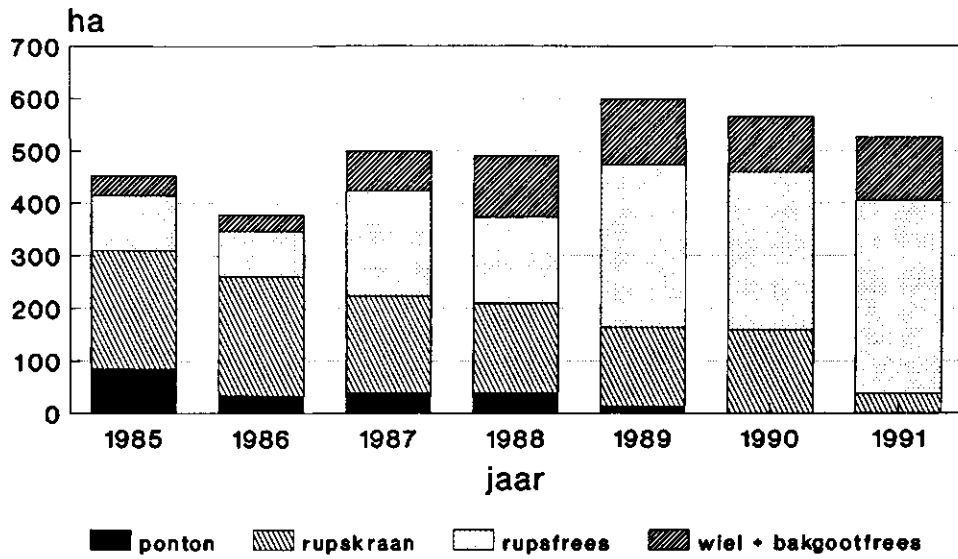
Totaal grondwerk Groningen



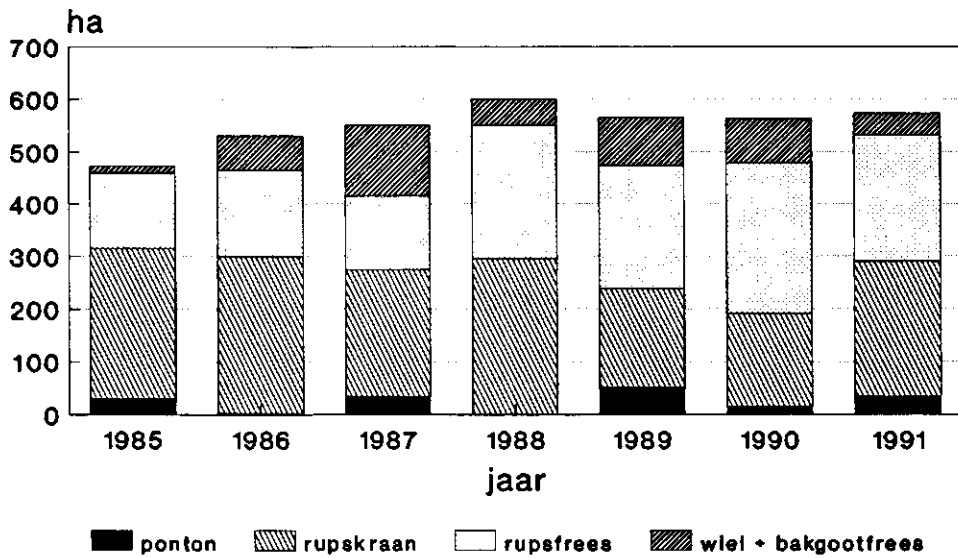
t/m 1979 incl. ca. 100.000 m³ Emmapolder

Figuur 2.5 Verdeling van het totaal aan grondwerk in m³ over de verschillende grondverzetmachines van 1969 t/m 1990.

Greppelonderhoud Friesland



Greppelonderhoud Groningen



Figuur 2.6 Verdeling van het greppelonderhoud in ha over de verschillende grondverzetmachines.

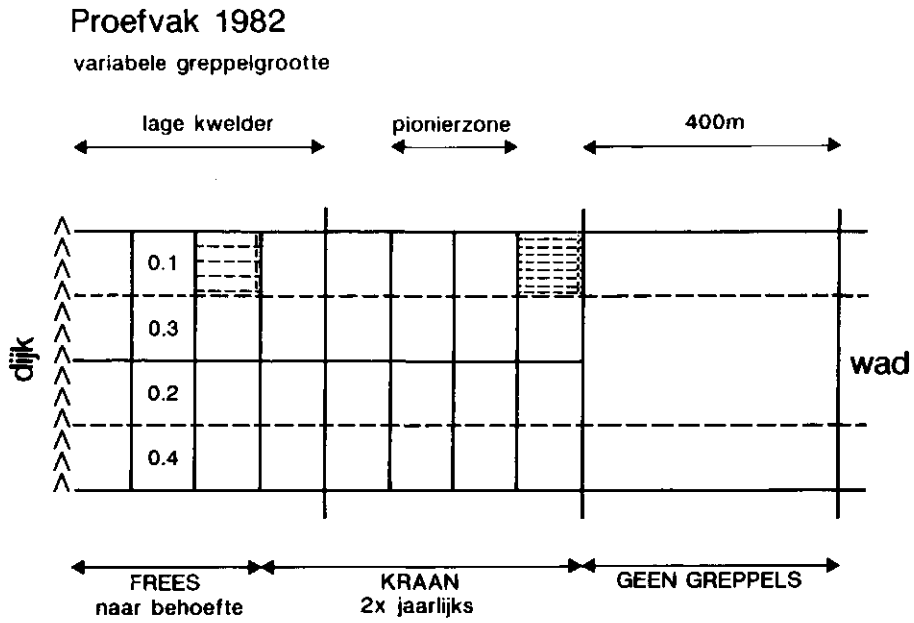
2.4 Opzet van de proeven met greppelonderhoud

Om uitvoering te geven aan de laatste verandering in de doelstelling van de kwelderwerken (hoofdstuk 2.3.1) is in 1982 een veldexperiment opgezet door de Rijkswaterstaat Dienstkring Baflo, de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders en het Rijksinstituut voor Natuurbeheer. Het doel van het veldexperiment is het vinden van een combinatie van greppelinhoud, greppelfrequentie en greppelafstand die optimaal is voor het in stand houden van het kwelderareaal en het behoud of herstel van de natuurwaarden. Voor de proef zijn vijf proefvakken van elk ca. 50 ha gekozen, verdeeld over gebieden die verschillen in opslibbing en beweiding (fig. 2.2).

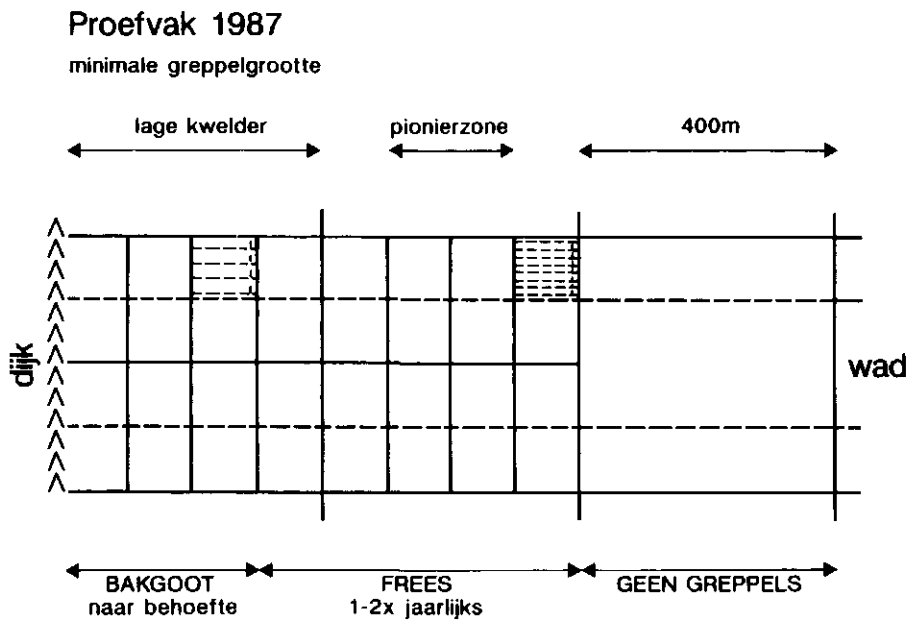
In de aanvankelijke proefopzet is uitgegaan van de bestaande technieken (fig. 2.7). Daarin is de greppelinhoud gevarieerd: naast elkaar subvakken met greppels van 0,1, 0,2, 0,3 en 0,4 m³ inhoud per m lengte. Als greppelafstand is ca. 10 m (bestaand) of 20 m (dubbel) aangehouden. Als onderhoudsfrequentie is gekozen voor een afstemming op de greppelvulling, in dit geval onderhoud ais de greppels van 0,2 m³/m in het jaar van onderhoud niet meer voor voldoende droogligging van het terrein kunnen zorgen. De machines zijn de bestaande, dus rupskraan (en soms pontonkraan) in de overgangszone en rupsfrees in de kwelderzone. De proefvelden hebben in deze vorm van 1982 tot en met 1989 bestaan.

Nadat de proefvelden enige jaren zijn gevolgd tekenen zich nieuwe en verdergaande ideeën af. De proef met de variabele greppelgrootte in kraanwerk in de overgangszone wordt onvoldoende geacht, er zijn geen proeven zonder greppelonderhoud (alleen een bewerkingsgrens in de meetvakken), het freeswerk is niet volmaakt en de proeven met dubbele greppelafstand zijn in veel gevallen misgelopen. In 1985 is voor het eerst met smallere greppels in de kwelder geëxperimenteerd (bakgoten) en in 1986 met freeswerk achter lichte rupstractie in de overgangszone. Op grond van de positieve resultaten daarmee zijn in 1987 acht aanvullende proefvakken ingericht ('freesvakken', fig. 2.8). De technische eigenschappen van de nieuwe machines worden in hoofdstuk 5.5 besproken. Het bakgotenwerk in de kwelder is gericht op smallere en relatief diepe greppels die qua profiel lijken op natuurlijke kreekjes en minder onderhoud behoeven. Per proefvak heeft de westelijke helft de normale greppelafstand en de oostelijke helft een dubbele. Het freeswerk in de overgangszone is gericht op stabielere groeiomstandigheden voor de planten. De greppels dienen uitsluitend voor de ontwatering en het grondverzet is minimaal (0,2 m³ per strekkende meter greppel met grondspreiding over beide akkers). Per proefvak (dezelfde als voor de bakgotenproef) heeft de westelijke helft een jaarlijkse onderhoudsfrequentie en de oostelijke helft een tweejaarlijkse. Het greppelonderhoud wordt zo vroeg mogelijk in het groeiseizoen uitgevoerd.

Een van de aanvullende proefvakken krijgt een beheer van 'niets doen' (Het Bildt 13-17). Daarbij wordt het onderhoud aan de greppels en de sloten gestopt, maar worden de hoofdleidingen en de rijzendammen nog wel onderhouden. Na beëindiging van de experimenten in de proefvakken uit 1982 is in de overgangszone daarvan ook overal een beheer van 'niets doen' ingesteld.



Figuur 2.7 Opzet van de vijf proefvakken uit 1982 met variabele greppelgrootte.



Figuur 2.8 Opzet van de acht aanvullende proefvakken uit 1987 met minimale greppelgrootte.

De metingen in alle proefvakken zijn in de normale beheersmetingen van de Dienstkring opgenomen (hoofdstuk 2.2 en 6.2). De belangrijkste gegevens zijn de vegetatiekartering, de hoogtemeting en de meting van de vrije ruimte in de greppels. Daarnaast neemt het IBN de vegetatie op geselecteerde kleinere opnameplaatsen op (zgn. pq's) en vinden broedvogelkarteringen plaats (door de Fryske Foriening foar Fjildbiologie, Staatsbosbehear, de Dienstkring en het IBN). Vanaf 1983 is jaarlijks over de resultaten van de proefvakken gerapporteerd. In deze studie zijn de resultaten van de proefvakken zoveel mogelijk toegevoegd aan het totale gegevensbestand (hoofdstuk 4). Verder hebben de ervaringen in de proefvakken een grote rol gespeeld in het opstellen van de beheersadviezen (hoofdstuk 5).

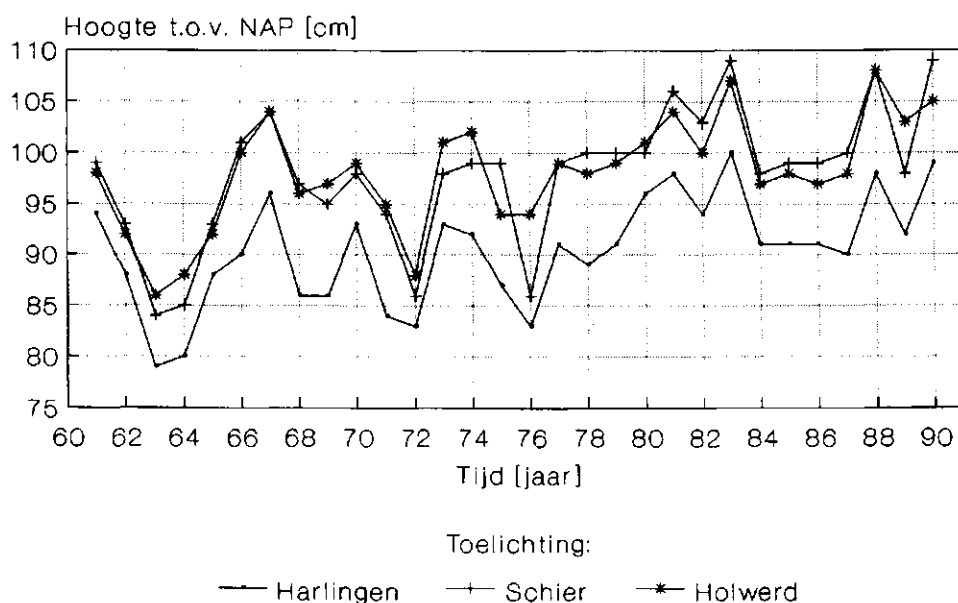
3 OPSLIBBING EN VEGETATIE

3.1 Gemiddeld hoogwater en berekeningen daarmee

3.1.1 Keuze van een referentievlak

De maaiveldhoogtes in de proef- en meetvakken van de kwelderwerken worden gemeten ten opzichte van NAP. Het NAP is echter niet geschikt als hoogterefereentie bij het onderzoek naar de ontwikkeling van het areaal van de vastelandskwelders. Deze ontwikkeling is namelijk meer gerelateerd aan waterstanden en overstromingsfrequenties. Het ligt dan ook voor de hand hoogtes ten opzichte van het jaargemiddelde hoogwater uit te drukken. De moeilijkheid hierbij is dat dit jaargemiddelde hoogwater in ruimte noch in tijd constant is. In de tijd gezien vertonen de jaargemiddelde hoogwaters onvoorspelbare schommelingen. Elk getijstation in het beschouwde gebied vertoont een ongeveer gelijkvormig verloop van deze schommelingen (fig 3.1). In tabel 3.1 zijn de jaargemiddelde hoogwaters van de stations Harlingen, Holwerd en Schiermonnikoog opgenomen. Omdat de getijamplitudes van de onderscheiden stations niet dezelfde grootte hebben is er verschil in hoogte t.o.v. NAP van het jaargemiddelde hoogwater voor elk station. Samenvattend: de schommelingen in het jaargemiddelde hoogwater zijn voor elk station in het onderzoeksgebied ongeveer gelijk. De hoogte van het jaargemiddelde hoogwater verschilt echter van plaats tot plaats.

Verloop jaargemiddelde hoogwaters
stations, Harlingen, Schierm. en Holwerd
Van 1960 t/m 1990



Figuur 3.1 Het verloop van de jaargemiddelde hoogwaters voor de stations Harlingen, Holwerd en Schiermonnikoog.

Tabel 3.2 Jaarwaarden gemiddeld hoogwater van Harlingen, Schiermonnikoog en Holwerd. * = geschat.

Jaar	Harlingen	Schiermonnikoog	Holwerd
1961	94	* 99	* 98
1962	88	* 93	* 92
1963	79	* 84	* 86
1964	80	* 85	* 88
1965	88	* 93	* 92
1966	90	101	*100
1967	96	104	*104
1968	86	97	* 96
1969	86	95	97
1970	93	98	99
1971	84	94	95
1972	83	86	* 88
1973	93	98	*101
1974	92	99	102
1975	87	99	94
1976	83	86	94
1977	91	99	99
1978	89	100	98
1979	91	*100	*99
1980	96	100	101
1981	98	106	104
1982	94	103	100
1983	100	109	107
1984	91	98	97
1985	91	99	98
1986	91	99	97
1987	90	100	98
1988	98	108	108
1989	92	98	103
1990	99	109	105

Aangenomen wordt dat de ontwikkeling van het areaal van de vastelandskwelders niet direct reageert op de schommelingen in het jaargemiddelde hoogwater over de relatief korte periode van een jaar, maar wel op trendmatige veranderingen over een langere periode. Er is daarom als referentie voor de hoogte een lineair verloop gekozen van het jaargemiddelde hoogwater dat zo goed mogelijk aansluit bij het werkelijk opgetreden jaargemiddelde hoogwater. Met andere woorden: als referentie voor de hoogte is gekozen voor de lineaire trend volgens de methode van de kleinste kwadraten door de jaargemiddelde hoogwaters van 1961 t/m 1990. Omdat het verloop van de schommelingen in het jaargemiddelde hoogwater van plaats tot plaats weinig verschilt is een gemiddeld verloop uit de drie stations Harlingen, Holwerd en Schiermonnikoog berekend. De keuze van deze stations is bepaald door het feit dat dit de enige stations in het onderzoeksgebied zijn met meetreeksen van voldoende lengte. Van dit gemiddelde verloop is de lineaire trend berekend. De aldus bepaalde trend is voor het gehele onderzoeksgebied geldig. De berekening van de trendwaarde en de plaatsafhankelijke aanvangshoogte van de trendlijn worden in de twee volgende paragrafen

behandeld. Ten slotte wordt in subhoofdstuk 3.1.4 de relatie van het jaargemiddelde hoogwater met de jaargemiddelde wind behandeld.

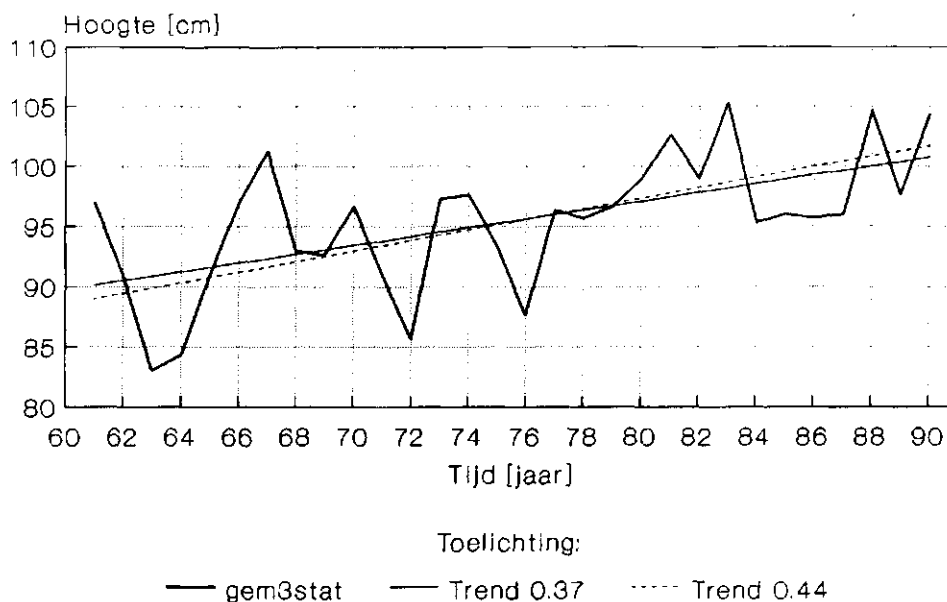
3.1.2 Berekening trendwaarde

De hiervoor beschreven methode voor het bepalen van een referentieniveau van de hoogtemetingen werd reeds eerder toegepast en beschreven in Dijkema e.a. (1988). In het tijdvak 1961-1985 werd een trendmatige verhoging van het jaargemiddelde hoogwater van 0,44 cm/jaar vastgesteld. Omdat de tijdreeks inmiddels met vijf jaar verlengd is wordt opnieuw een trendwaarde berekend. In tabel 3.2

Tabel 3.2 Regressie-berekening voor het gemiddelde van de jaargemiddelde hoogwater van de stations Harlingen, Schiermonnikoog en Holwerd.

MULTIPLE REGRESSION					
	Mean	Std Dev	Label		
Jaar	75.500	8.803			
GEM3	95.467	5.597			
N of cases = 30					
Correlation:					
	Jaar	GEM3			
Jaar	1.000	.575			
GEM3	.575	1.000			
Equation Number 1		Dependent Variable ...		GEM3	
Variable(s) Entered on Step Number					
1 ... Jaar					
Multiple R		.57523			
R Square		.33089			
Adjusted R Square		.30699			
Standard Error		4.65963			
Analysis of Variance					
	DF	Sum of Squares		Mean of Squares	
Regression	1	300.63804		300.63804	
Residual	28	607.93974		21.71213	
F = 13.84655		Signif F = .0009			
Equation Number 1		Dependent Variable ...		GEM3	
----- Variables in the Equation -----					
Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
Jaar	.36574	.09829	.57523	3.721	.0009
(Constant)	67.85332	7.46936		9.084	.0000

Gemiddelde v/d hoogwaters stations
Harlingen, Schierm. en Holwerd
Trendlijnen 0.37 en 0.44



Figuur 3.2 Gemiddelde en trendlijnen van de jaargemiddelde hoogwaters van de station Harlingen, Schiermonnikoog en Holwerd.

zijn de resultaten van deze berekening weergegeven. De regressie-coëfficiënten zijn in tabel 3.3 op de laatste twee regels te vinden. De coëfficiënt van de helling is nu 0,37. De trendmatige stijging van 0,44 cm/jaar is dus in dit langere tijdvak met 0,07 cm gedaald tot 0,37 cm/jaar. De R Square van 0,33 geeft aan dat het verband tussen de GHW stijging en de opeenvolging van jaren gering is zodat er geen betrouwbare conclusies omtrent het gedrag van het jaargemiddelde hoogwater in de toekomst getrokken kunnen worden. In figuur 3.2 is het gemiddelde jaargemiddelde hoogwater weergegeven alsmede de beide trendlijnen.

3.1.3 Bepaling plaatsafhankelijk hoogteverschil GHW

De hoogte van GHW in de kwelderwerken verschilt van plaats tot plaats. Van west naar oost neemt het tijverschil toe, en daarmee de hoogte van GHW. De afstand van de beschouwde plaats tot een wantij is eveneens van invloed op het lokale GHW. Voor een zestal trajecten langs de kust werd het hoogteverschil van de berekende trendlijn met het NAP niveau in 1960 bepaald.

Daarbij is gebruik gemaakt van in het verleden uitgevoerd onderzoek door de Meet- en Adviesdienst Delfzijl naar het verloop van de hoogtes van GHW in de Waddenzee (niet gepubl.). Het resultaat van genoemd onderzoek is vastgelegd in de vorm van kaarten waarin onder andere lijnen van gelijke hoogwaterhoogtes opgenomen zijn. Met behulp van deze kaarten is het verschil in het jaargemiddelde hoogwater van Harlingen met elk van de zes trajecten vastgesteld. Aangenomen wordt dat deze verschillen in de gehele onderzoeksperiode constant zijn. Vervolgens werd de trendlijnhoogte

Tabel 3.3 Trendlijnhoogtes in 1960.

Traject	GHW trendlijn in cm boven NAP in 1960			
Friesland	1	-	33	92
	33	-	187	93
	187	-	250	91
Groningen	260	-	348	95
	348	-	460	100
	460	-	564	105

in 1960 voor Harlingen bepaald. Deze hoogte is de referentiehoogte van het plaatsafhankelijke hoogwater. Voor elk van de zes trajecten werd met behulp van de referentiehoogte en het GHW-verschil van de trajecten t.o.v. Harlingen de hoogte van de trendlijn in 1960 bepaald. In tabel 3.3 zijn de hoogtes van de trendlijn in 1960 voor het GHW t.o.v. NAP in de onderscheider trajecten vermeld.

In Dijkema e.a. (1988) is voor berekeningen en grafieken steeds gewerkt met een trendmatige verhoging van het GHW met 0,44 cm/jaar. Deze trend is in feite geldig in het tijdvak van 1960 tot 1985. De berekende trendwaarde voor het tijdvak 1960 tot 1991 is 0,07 cm lager. Dit verschil is zo gering dat er uit praktische overwegingen van afgezien is alle berekeningen opnieuw uit te voeren met de nieuwe trendwaarde. De hoogte van de trendlijn in een willekeurig jaar kan daarom gevonden worden door bij de trendlijnhoogte in 1960 het verschil in jaren t.o.v. 1960 vermenigvuldigd met 0,44 op te tellen. De aldus berekende hoogtes worden aangeduid met GHWT. Indien een nauwkeuriger benadering van het werkelijk opgetreden GHW gewenst is dan kan GHWT met de zogenoemde rimpelwaarde gecorrigeerd worden. De rimpelwaarden zijn in feite de residuen van de trendlijnberekening. Het met de rimpelwaarde gecorrigeerde GHWT wordt aangeduid met GHWR.

3.1.4 Relatie gemiddeld hoogwater en de wind

Duitse onderzoekers, Führböter (1986) en Jensen e.a. (1988) berekenen een stijgende trend in de jaargemiddelde hoogwaters die vergelijkbaar is met de hier gepresenteerde waarde. Tot nu toe is door geen enkele onderzoeker een sluitende verklaring gegeven voor het fenomeen. Van verschillende kanten worden mogelijke oorzaken aangevoerd die een stijging kunnen verklaren. De belangrijkste daarvan zijn: 1. baggerwerk; 2. verhoging gemiddelde zeestand; 3. verschuiving amphidromische punten; 4. veranderingen in het windklimaat.

Baggerwerk kan in dit geval geen oorzaak zijn omdat er geen omvangrijk baggerwerk in de Waddenzee verricht wordt. Van de drie resterende punten is alleen naar de laatste, veranderingen in het windklimaat, in het kader van dit onderzoek gekeken. De gedachtengang is hierbij de volgende: Wind heeft, afhankelijk van snelheid en richting effect op de waterstand vooral in watergebieden met een groot oppervlak. Het verschijnsel wordt doorgaans aangeduid met opwaaïing of afwaaïing. Indien nu in enig jaar het netto-effect van de op- en afwaaïing verschilt van dat in een ander jaar, dan zal dit

een verschil in de gemiddelde waterstand van de onderscheiden jaren veroorzaken. Aannemelijk is dat de gemiddelde hoogwaterstand eveneens beïnvloed wordt. Er zou een soort kengetal gevonden moeten worden dat het netto-resultaat van de op- en afwaai tot uitdrukking brengt. Indien windinvloed voor een belangrijk deel verantwoordelijk is voor de hoogte van het gemiddelde hoogwater, dan zal dit kengetal en het gemiddeld hoogwater een sterke correlatie moeten vertonen. Het is mogelijk dat de som van alle windvectoren in een jaar het gezochte kengetal oplevert. Hierna zullen de uitvoering en de resultaten van deze gedachtengang beschreven worden.

In het gegevensbestand 'Dtbest' van Rijkswaterstaat zijn van een aantal stations gegevens over windsnelheid en -richting opgenomen. Deze gegevens zijn in de vorm van een tijdreeks met uurgemiddelde snelheden (cm/s) en uurgemiddelde richting, in veelvouden van tien graden, aanwezig. Lauwersoog is het enige station waarvan voldoende gegevens beschikbaar zijn en dat wat windgegevens betreft representatief voor het gehele kweldergebied wordt geacht. De beschikbare reeksen omvatten het tijdvak 1971 t/m 1989. Om tot een berekening te komen van de resulterende windrichting en -snelheid in een jaar is een tweetal programma's geschreven. Het programma 'MERGE' voegt de afzonderlijke richting- en snelheidsfiles samen, kent waarden toe voor *missing values* en voert diverse controles uit. Het programma 'WIND' berekent de som- of sluitvector van de uurvectoren over een geheel jaar. In tabel 3.4 is een voorbeeld van de uitvoer van het programma 'WIND' opgenomen. Voor elk jaar van 1971 t/m 1989 is op de beschreven wijze de resultante van de

Tabel 3.4 Voorbeeld uitvoer programma 'WIND'.

Windgegevens station 800	
Van 740101 100 uur tot 750101 0 uur	
Tijdstap 60 minuten	
Sluitvector van de som van alle vectoren:	
Er zijn 8750 vectoren opgeteld	
x-totaal = -25439.8	y-totaal = -9302.1
x-uurgem = -2.9	y-uurgem = -1.1
De sluitvector is ---> V = 27087.	R = 250.

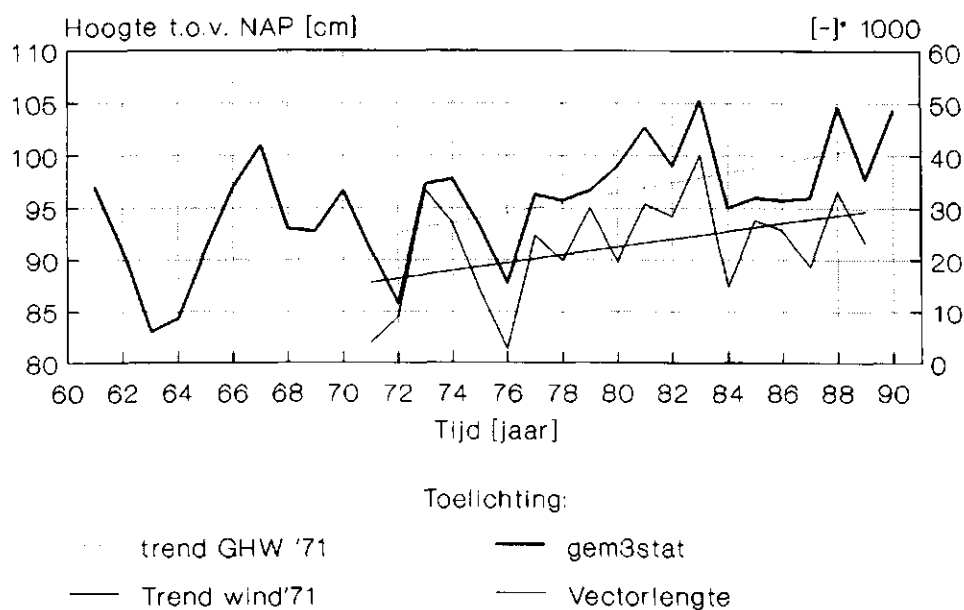
uurvectoren in een geheel jaar berekend. In tabel 3.5 zijn de resultaten van deze berekening opgenomen.

In figuur 3.3 is het verloop geschetst van de resulterende vectorlengtes en het verloop van het gemiddelde GHW van de drie stations Harlingen, Schiermonnikoog en Holwerd. Tevens zijn de trendlijnen aangegeven in het overeenkomstige tijdinterval. Geconstateerd kan worden dat er een duidelijke relatie van de GHW's met de wind aanwezig is. De beide trendlijnen lopen nagenoeg evenwijdig hetgeen een sterke aanwijzing is dat verklaring van de trendmatige verhoging van het gemiddelde GHW bij de wind gezocht moet worden. De invloed van de richting komt in de figuur niet tot uitdrukking. Een nadere beschouwing van de resulterende richtingen leert dat deze globaal

Tabel 3.5 Somvector per jaar voor het station Lauwersoog in het tijdvak 1971 t/m 1989.

Jaar	Wind Lauwersoog		Jaar	Wind Lauwersoog	
	Netto-lengte sluitvector	Richting (graden)		Netto-lengte sluitvector	Richting (graden)
1971	3918	296	1981	30712	270
1972	8948	200	1982	28388	233
1973	33452	272	1983	40152	259
1974	27087	250	1984	14673	262
1975	13966	266	1985	27596	242
1976	2671	328	1986	25732	246
1977	24689	237	1987	18614	257
1978	19807	258	1988	33053	267
1979	29958	226	1989	23346	258
1980	19584	255			

Relatie GHW - Wind
 GHW gemiddelde 3 stations
 Wind Lauwersoog



Figuur 3.3 Relatie jaargemiddeld hoogwater en -gemiddelde wind.

westzuidwest zijn met een spreiding van ca. 25 graden. De vectoren met de grootste afwijking van de gemiddelde richting hebben de kleinste lengte. Voor alle vectoren, met uitzondering van de vector van 1972, geldt dat ze in de sector zitten waar de wind waterstandsverhoging tot gevolg heeft. De grenzen van de opwaaisector lopen globaal van richting 220 graden over het noorden tot richting 0 graden. Als

gevolg hiervan kunnen de vectorlengtes als een maat voor de waterstandsverhoging dienen. De vector van 1972 die zich in de afwaaisector bevindt zou strikt genomen negatief gerekend moeten worden.

Met SPSS is een multiple regressieberekening gemaakt om statistisch het verband tussen de GHW's en de resulterende windvector te bepalen. In de berekening is het gemiddelde van de GHW's van de eerder genoemde drie stations als afhankelijke variabele beschouwd en de snelheid en richting van de wind als onafhankelijke variabelen. Het resultaat van de regressieanalyse is weergegeven in tabel 3.6.

Tabel 3.6 Regressieanalyse GHW - wind.

MULTIPLE REGRESSION					
SPEED	22439.263	10139.607			
DIREC	256.947	26.618			
HW3ST	1.123	4.930			
N of cases = 19					
Correlation:	SPEED	DIREC	HW3ST		
SPEED	1.000	-.334	.862		
DIREC	-.334	1.000	-.053		
HW3ST	.862	-.053	1.000		
Equation Number 1	Dependent Variable ...		HW3ST		
Variable(s) Entered on Step Number					
1 ... DIREC					
2 ... SPEED					
Multiple R			.89728		
R Square			.80511		
Adjusted R Square			.78075		
Standard Error			2.30866		
Analysis of Variance					
	DF	Sum of Squares	Mean of Squares		
Regression	2	352.29315	176.14658		
Residual	16	85.27834	5.329990		
F = 33.04878 Signif F = .0000					
----- Variables in the Equation -----					
Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
DIREC	.04896	.57523	.26430	2.258	.0383
SPEED	4.620237E-04	5.69274E-05	.95016	8.116	.0000
(Constant)	-21.82394	6.14079		-3.554	.0026

De 'R Square (tabel 3.6) geeft aan dat meer dan 80% van de variantie van GHW wordt verklaard door het model. Uit de T-toets blijkt dat de richting geen significante bijdrage geeft aan het model. Dit was ook te verwachten omdat de richtingen weinig verschillen. In ieder geval is aangetoond dat het windklimaat in sterke mate bepalend is voor de schommelingen in het verloop van de jaargemiddelde hoogwaters. In een vervolgonderzoek zal de opzet rechtstreeks uit de windsnelheid en -richting berekend worden waarbij ook de variaties in de luchtdrukverdeling meegenomen worden.

3.1.5 *Conclusies voor het beheer*

Er is een stijgende trend in de jaargemiddelde hoogwaters tussen 1960 en 1990 geconstateerd. De stijging bedraagt 0,37 cm per jaar. De trend is door de grote fluctuaties echter niet significant. Daarom mag deze trendmatige stijging van GHW niet naar de toekomst worden doorgetrokken. Verder is voor de eerste maal aangetoond dat de windsnelheid in sterke mate bepalend is voor de fluctuaties in het verloop van het jaargemiddelde hoogwater in het beschouwde gebied.

3.2 Opslibbing in de meetvakken in ruimte en tijd

3.2.1 *Indeling in goede en slechte opslibbingsgebieden*

De Friese en Groninger kwelderwerken kennen elk een goed en een slecht opslibbingsgebied (Bouwsema e.a. 1986; Dijkema e.a. 1988, 1990). De goede opslibbingsgebieden zijn de west- en de oostflank van de Friese kwelderwerken (1-63 en 187-213) en de westhelft van de Groninger kwelderwerken (250-402). De slechte opslibbingsgebieden liggen voor het middengedeelte van de Friese kust (63-187) en voor de oosthelft van de Groninger noordkust (402-516; voor de nummering zie fig. 2.2).

In de goede opslibbingsgebieden is in alle zones de gemiddelde opslibbing groter dan de stijging van GHW (fig. 3.4b). Alleen in Friesland vindt in de goede opslibbingsgebieden nog kwelderaanwas plaats. In de Groninger goede opslibbingsgebieden is de kwelderomvang na 1978 zelfs een tijdlang afgenomen.

In de slechte opslibbingsgebieden is de gemiddelde opslibbing in de overgangszone (tussen de kwelder en de buitenste bezinkvelden) kleiner dan de stijging van GHW. Daar vindt in het tijdvak 1978-1987 zelfs erosie t.o.v. NAP plaats (fig. 3.4b). Het aantal meetvakken waar de opslibbing onvoldoende is om de stijging van GHW bij te houden, vertoont in de overgangszone een stijgende tendens naar 100% in de periode 1982-1987. In de kwelderzone vindt ook hier meestal opslibbing t.o.v. GHW plaats en in de buitenste bezinkvelden even vaak opslibbing als verlaging t.o.v. GHW. Zowel in Friesland als in Groningen neemt na 1978 de kwelderomvang in de slechte opslibbingsgebieden af.

In Friesland wordt de achteruitgang van de kwelderomvang in de slechte opslibbingsgebieden nagenoeg gecompenseerd door de aanwas in de goede opslibbingsgebieden. In Groningen heeft zowel

in de goede als in de slechte opslibbingsgebieden een achteruitgang van de kwelders plaats gevonden. Een directe relatie tussen de verticale erosie in de overgangszone en de horizontale achteruitgang van de kwelderzone kon niet worden aangetoond, waarschijnlijk omdat de toegenomen golfenergie en de methode van greppelonderhoud op de grens van de pioniervegetatie en de kweldervegetatie tevens een rol spelen. Momenteel is in Groningen de kwelderomvang in de goede opslibbingsgebieden weer stabiel.

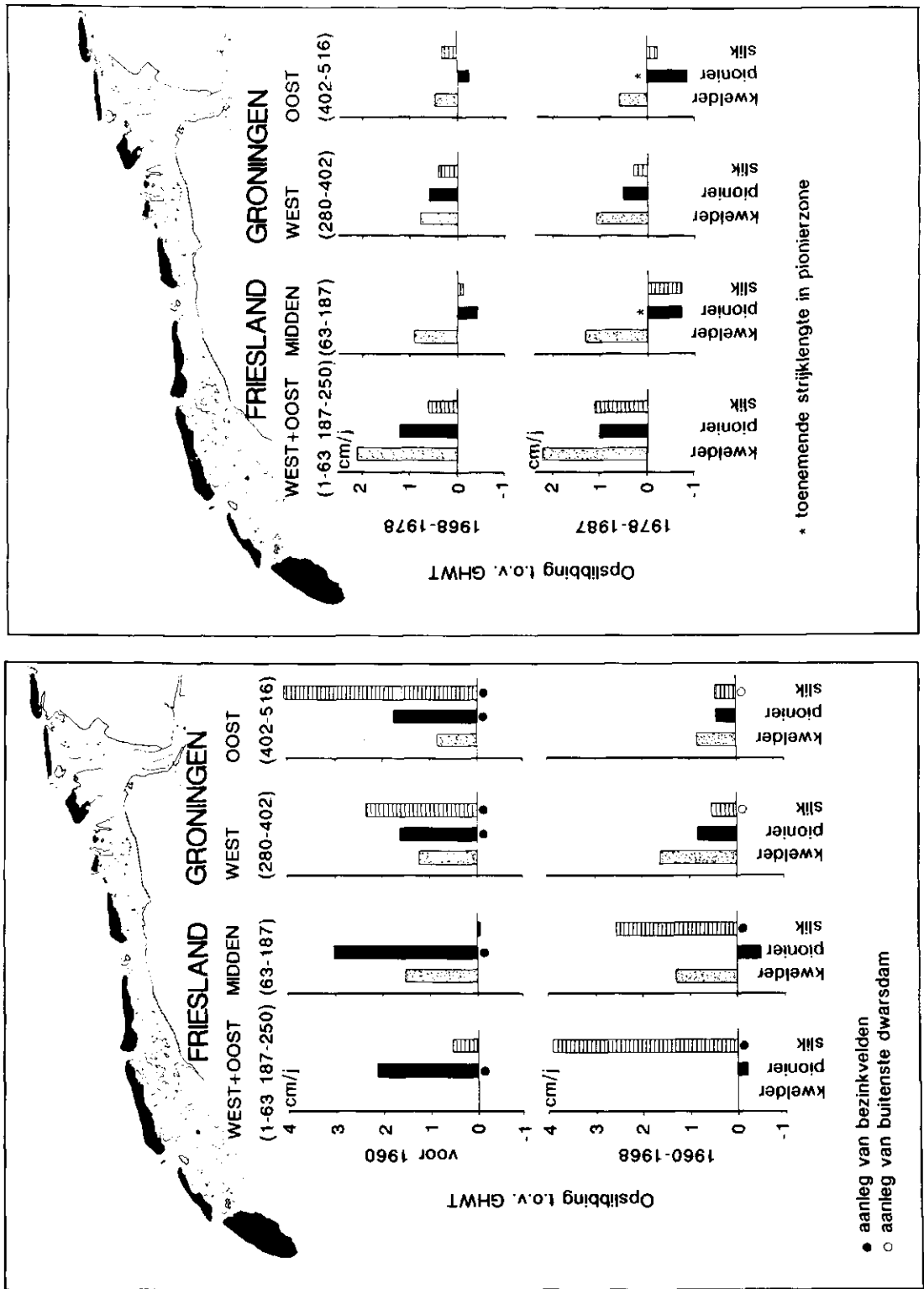
3.2.2 Zonering van de opslibbingssnelheid

De opslibbingssnelheid in de zonering van het wad naar de kwelder is afhankelijk van de hoogteligging, de golfenergie en de vegetatie. De resultaten van deze factoren gezamenlijk zijn voor de onderscheiden zones verschillend (fig. 3.4a + 3.4b):

a. In de buitenste bezinkvelden verloopt de opslibbing zowel in de ruimte als in de tijd tamelijk constant. De meetvakken met verlaging t.o.v. GHW zijn in de minderheid. Waarschijnlijk wordt de opslibbing vooral bepaald door de opslibbing op het direct aangrenzende wad (De Boer & Komen 1983) en minder door de bezinkveldgrootte (Dijkema e.a. 1988, 1990). De eerste jaren na aanleg van de buitenste bezinkvelden vindt een extra opslibbing van 10 tot 20 cm plaats (gesloten rondjes in figuur 3.4a). De sluiting van de buitenste dwarsdam heeft daaraan geen bijdrage van betekenis geleverd aangezien daarna geen extra opslibbing meer plaatsvindt (open rondjes in figuur 3.4a). Tussen GHW -0,90 m en -0,60 m wordt een maximum in de opslibbingssnelheid aangetroffen (Bouwsema e.a. 1986).

b. De overgangszone is het probleemgebied van de kwelderwerken wat de opslibbing betreft. In de periode 1982-1987 vindt er gemiddeld over alle meetvakken een verlaging van de hoogte t.o.v. GHW plaats. Tussen GHW -0,60 m en -0,20 m ligt een duidelijk minimum in de opslibbingssnelheid (Bouwsema e.a. 1986) dat wordt veroorzaakt door de grote invloed van golfslag in juist deze zone (vgl. Olsen 1959; Dronkers 1984; Schoot & Van Eerd 1985; Pethick & Reed 1987). Het blijkt dat er in alle terreinen waar de strijklengte van de golven de afgelopen 15 jaar groter is geworden nu verticale erosie plaatsvindt (sterretjes in figuur 3.4b). Daarom heeft de bezinkveldgrootte in de overgangszone een grote invloed op de opslibbing (Dijkema e.a. 1988, 1990).

c. Na de vestiging van een gesloten overjarige vegetatie (kwelderzone) verdubbelt de opslibbingssnelheid in de goede opslibbingsgebieden en verandert van erosie (of verlaging t.o.v. GHW) naar een forse opslibbing in de slechte opslibbingsgebieden (fig. 3.4b). In de zone van GHW tot GHW +0,20 m wordt dan ook de grootste opslibbingssnelheid aangetroffen (Bouwsema e.a. 1986). Daarboven neemt de opslibbingssnelheid weer af door het geringer aantal overvloedingen (De Glopper 1981). De vegetatie van de kwelderzone heeft van alle genoemde factoren dus de grootste invloed op de opslibbingssnelheid (Bouwsema e.a. 1986; Dijkema e.a. 1988, 1990).



Figuur 3.4 Opstibingssnelheid per zone gemiddeld voor goede en slechte opstibingssnelheden langs de kust.

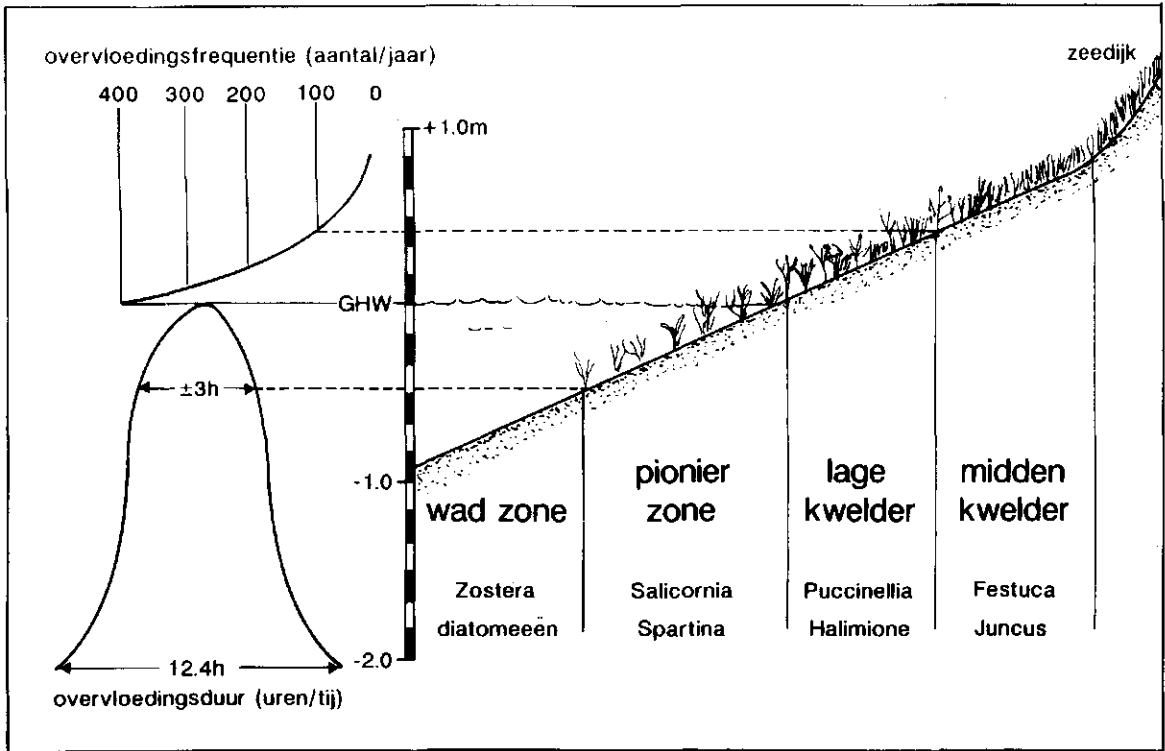
3.2.3 Conclusies voor het beheer

Tussen de goede en de slechte opslibbingsgebieden bestaat een zeer kenmerkend verschil in de zonering van de opslibbingssnelheid (fig. 3.4b). In de goede opslibbingsgebieden is er een regelmatig afnemende opslibbingssnelheid vanaf de kwelders naar de buitenste bezinkvelden. In de slechte opslibbingsgebieden verloopt de opslibbingssnelheid niet regelmatig over de zones. In de kwelderzone van de slechte opslibbingsgebieden is de opslibbingssnelheid ook het grootst, in de aangrenzende overgangszone vindt verlaging t.o.v. GHW of zelfs erosie plaats terwijl de opslibbingssnelheid in de buitenste bezinkvelden globaal tussen de beide voorgaande waarden ligt. Dit leidt in de slechte opslibbingsgebieden zonder de al eerder geadviseerde maatregelen inzake het dammenbestand uiteindelijk tot klifvorming en horizontale erosie van de kwelder.

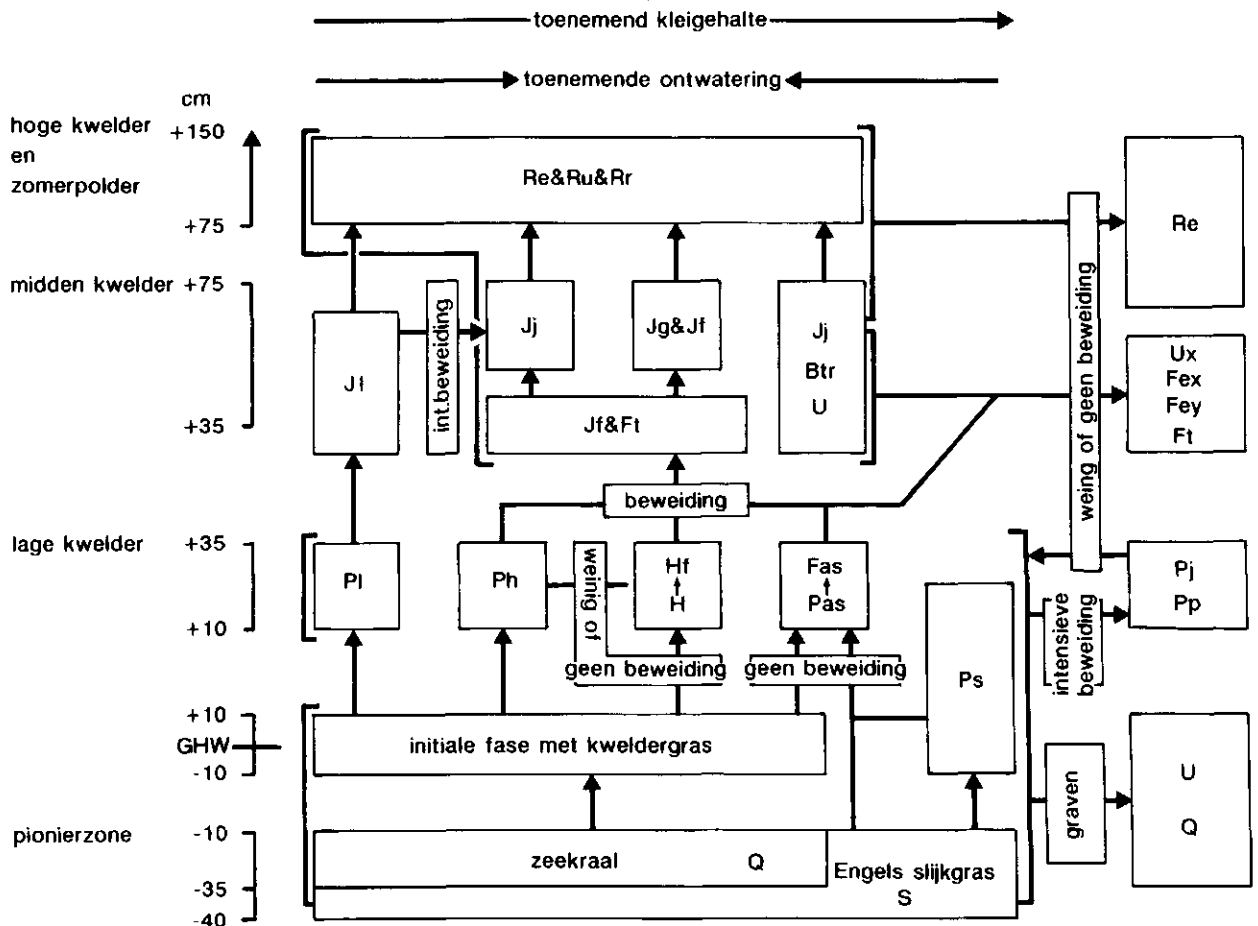
3.3 Vorming en zonering kwelders

Omdat kwelders in het bereik van het getij liggen, vindt er sedimentatie en erosie plaats en is de bodem nat, zout en slecht doorlucht. Dat zijn uitermate slechte omstandigheden voor hogere planten. Op het wad kan zich in sommige gevallen een vegetatie met zeegras handhaven (fig. 3.5). Als de hoogte door sedimentatie toeneemt, verschijnen spontaan de pionierplanten Engels slijkgras en zeekraal, in de bezinkvelden momenteel vanaf een hoogte van 40 tot 20 cm onder GHW. Naast de hoogteligging bepalen de golfenergie en de stevigheid van het sediment de mogelijkheden voor pionierplanten om zich te vestigen (König 1948; Van Eerd 1985; Groenendijk 1986). Indien de hoogte verder toeneemt, wat in deze pionierzone meestal een moeizaam proces is, dan wordt de bedekking met deze pioniersoorten groter en verschijnen er andere plantensoorten zoals schorrekruid, zeeaster en uiteindelijk kweldergras. De pionierzone wordt nog vrijwel dagelijks overvloed (fig. 3.5). Aan zeekraal wordt geen grote rol in de opslibbing toegedacht. Wel is uit het werk van Kamps (1962) bekend dat zeekraal de vegetatieve vestiging van kweldergras bevordert. Engels slijkgras kan wel voor extra sedimentatie zorgen (Van Eerde 1942, Christiansen & Miller 1983); de rol bij het tegengaan van erosie is echter beperkt en als volgt door König (1948) samengevat: "*Das Reisgras kann keine Küste schützen, es gedeiht nur dort, wo es selbst durch die Küste geschützt wird.*"

Kweldergras markeert de ondergrens van de kwelder die in de bezinkvelden vanaf een hoogte van GHW tot 15 cm daarboven begint. De belangrijkste milieuvoorwaarde is bodemdoorluchting (vandaar de toepassing van greppeltjes). Het belangrijkste gevolg is een enorme toename van de opslibbing naar één tot enkele centimeters per jaar. Die opslibbing en de vastlegging van dat slib is echt aan de kweldervegetatie te danken want eigenlijk zou er door het afnemend aantal overstromingen op deze hoogte minder slib moeten komen. Andere belangrijke plantensoorten in deze zone zijn zeeaster, gewone zoutmelde, zeeveegbree, spiesmelde, grande schijnspurrie en Engels lepelblad. Lamsoor komt nauwelijks voor omdat die meer van zand en niet van ontwatering houdt. De lage kwelderzone vinden we in de eerste bezinkvelden van de kwelderwerken en op de laagste delen van de boerenkwelders. De lage kwelder wordt nog enkele honderden malen per jaar overvloed (fig. 3.5).



Figuur 3.5 Zonering van kwelders in relatie tot overvloedsduur en -frequentie; naar Erchinger (1985). In de kwelderwerken liggen de kwelderzones meestal in de eerste bezinkvelden, de pionierzone in (een gedeelte van) de tweede bezinkvelden en de wadzone in de (tweede en de) derde bezinkvelden.



Figuur 3.6 Vegetatietypen van vastelandskwelders in de Nederlandse, Duitse en Deense Waddenzee. Verklaring van de codes van de vegetatietypen in de tekst; naar Dijkema (1983) en Dijkema & Bossinade (1990).

Wordt de kwelder nog hoger dan neemt de opslibbingssnelheid weer sterk af door het geringe aantal overvloedingen. Vanaf een hoogte van ongeveer 35 cm boven GHW nemen rood zwenkgras, fioringras, strandkweek (en vooral op de eilanden zilte rus) de plaats in van kweldergras. Veel van de kruiden blijven en daaraan worden nog zeealsem, melkkruid (en vooral op de eilanden Engels gras) toegevoegd. Op de Friese vastelandskwelders ligt deze hoge kwelderzone vaak als een kwelderwal van west naar oost door de boerenkwelder. Dat komt omdat de boerenkwelders aan de zeezijde sneller ophoogden doordat daar zandiger materiaal werd afgezet; het fijne slijk dat bovendien meer inklinkt werd daarachter in de richting van de zomerkaden afgezet. Aan de Groninger noordkust ligt voor dergelijke kwelders vaak een klif. In de hoogste regionen komen plantensoorten van binnendijkse graslanden voor zoals Engels raaigras, kweek, herfstleeuwentand en zilverschoon.

3.4 Vegetatietypen en beheer

3.4.1 *Inleiding*

In figuur 3.6 zijn de vegetatietypen van de Friese en Groninger noordkust gerangschikt volgens de zones uit hoofdstuk 3.3 en verder volgens de ontwatering, de bodemsamenstelling en de beweidingsintensiteit. Dit schema is gebaseerd op waarnemingen in de Nederlandse, Duitse en Deense Waddenzee.

3.4.2 *Pionierzone*

De belangrijkste vegetatietypen zijn die met zeekraal (Q) en met Engels slijkgras (S). Vaak komen ze gemengd voor waarbij Engels slijkgras tussen de akkerrug en de greppel groeit. Engels slijkgras is in Zuidoost-Engeland ontstaan uit een kruising van een inheemse en een Amerikaanse slijkgras-soort. Deze kruising was zo succesvol dat grote delen van de pionierzone en de aangrenzende wadden en lage kwelders ermee begroeid raakten. Om de aanwas van kwelders te stimuleren werd de kruising in de jaren twintig in Zeeland en de Waddenzee uitgeplant. In Zeeland breidde de plant zich zo sterk uit dat men er de naam slijkpest aan gaf. In de Waddenzee zijn dergelijke problemen niet opgetreden omdat de winters strenger zijn, de golfenergie groter, op de eilanden de bodem te zandig is en aan de vastelandskust begreppeld wordt; allemaal factoren die minder optimaal zijn voor Engels slijkgras. Toch kan de plant in de kwelderwerken een rol spelen. Dat was vooral tot de strenge winter van 1963 het geval. Daarna heeft Engels slijkgras zich niet volledig hersteld, misschien omdat de hoogteligging en de ontwatering al in een te vergevorderd stadium waren gekomen voor een nieuwe vestiging van de plant. Beweiding speelt ook een rol. Omdat de beweiding op de kwelders geleidelijk minder wordt, is de vegetatie van Engels slijkgras de laatste jaren weer toegenomen, vooral op de lage kwelders in Groningen. Op de overgang van de kwelder naar de pionierzone langs Het Bildt, waar de opslibbing zeer groot is en de bodem zeer voedselrijk, vormt Engels slijkgras een dichte vegetatiezone (Ps).

3.4.3 Lage kwelder

Op de lage kwelders bepalen de ontwateringstoestand van de bodem, de beweiding en de bodemsamenstelling welk vegetatietype voorkomt (fig. 3.6). Traditioneel waren aan de vastelandskust vrijwel alle lage kwelders zeer intensief beweid met jongvee en schapen waardoor in deze zone vrijwel alleen het vegetatietype met kweldergras voorkwam (Pp). Dit vegetatietype kan zeer weinig structuur vertonen en soortenarm zijn. Als gevolg van de betreding door het vee komt nog veel zeekraal voor. Door de voortgaande opslibbing heeft dit beweidde type nog een variant waarin soorten als rood zwenkgras en zeemelkkruid uit de middenhoge kwelder toenemen (Pj). De laatste jaren neemt door ontwikkelingen in de landbouw de intensieve beweidingsdruk op de Friese kwelders enigszins af. Daardoor treden soorten als zeeaster, zoutmelde, zeealsem, rood zwenkgras en zelfs sporadisch lamsoor meer op de voorgrond. Als die ontwikkeling zou doorgaan, zouden vegetatietypen met zeeaster (Pas) en zoutmelde (H, Ph, Hf) kunnen ontstaan zoals die in de minder beweidde Groninger vastelandskwelders al vanaf de jaren zeventig veel voorkomen. Daarbij gaat de ontwikkeling naar een zeeastervegetatie zeer snel, maar die gaat vaak na enkele jaren al in een zoutmeldevegetatie over. Tijdens een strenge winter vriest zoutmelde dood waarna vervolgens zeeaster weer terugkomt.

Langs de westkant van Het Bildt en ter weerszijde van de Holwerder veerdam zien we een aantal kwelders die al jaren geheel onbeweid zijn. Hier gaat de ontwikkeling naar vegetaties die door één forse plantensoort gedomineerd worden zoals spiesmelde (Fex), strandmelde (Ux), strandkweek (Fey) of soms zeeaster (Pas). Waarschijnlijk is de vegetatie met strandkweek (Fey) het eindstadium.

In het algemeen is de variatie aan vegetatietypen in de lage kwelderzone van vastelandskwelders het meest volledig bij een lage beweidingsdruk (fig. 3.6); grote percelen (minimaal 50-100 ha) zorgen er in dat geval voor dat er plekken met meer of minder beweiding voorkomen zodat alle vegetatietypen ergens een plek vinden en het vegetatiepatroon meer gestructureerd wordt. Een dergelijke situatie ontwikkelt zich momenteel voor de West-Holwerderpolder. Zijn dergelijk grote percelen niet mogelijk dan geeft een ruimtelijk afwisselende beweiding in kleinere percelen (waaronder ook niet-beweide) zoals aan de Groninger noordkust al jaren bestaat een vergelijkbaar resultaat. Zoals we hierboven zagen, leiden zowel een te intensieve beweiding als géén beweiding tot soortenarme monocultures en een verlies aan verschillende typische zoutplantenvegetaties. Dit verschijnsel wordt versterkt door de vrij zware en voedselrijke bodem van de vastelandskwelders, vooral in Friesland.

Al deze genoemde vegetatietypen van de lage kwelder verdragen begreppeling goed. In een natuurlijke kwelder komen echter geen greppels voor. Daar vindt men tussen de kreken slechter ontwaterde kommen. Op de zandige eilanden komen daarin veel vegetaties met lamsoor voor (Pl, Jl). Langs het vasteland zou in niet ontwaterde delen binnen de kwelder eerder aan vegetaties met Engels slijkgras (Ps), strandzoutgras (Btr) en eenjarige planten (zeekraal, Q en schorrekruid, U) gedacht moeten worden. De laatste verliezen 's winters hun vegetatiedek. Op de oeverwallen van een natuurlijke kwelder vindt men de hiervoor genoemde vegetatietypen van de begreppelde kwelders.

3.4.4 Middenhoge kwelder en hoge kwelder

De hogere zones van de kwelder komen langs het vasteland door de vele inpolderingen niet meer zoveel voor waardoor er minder ervaring met de effecten van beweiding op de verschillende vegetatietypen is. Onderzoek hiernaar wordt gedaan in de Dollardkwelders van Het Groninger Landschap (gefinancierd door NMF en het Prins Bernard Fonds). De middenhoge kwelders in Friesland en Groningen zijn nog tamelijk intensief beweid hoewel een afnemende beweidingsdruk zich hier het snelst doet gelden. Schapen hebben namelijk een voorkeur voor de vegetatietypen van de lage kwelder. Op de middenhoge kwelders is een vegetatietype met rood zwenkgras en fioringras (Jg) algemeen, evenals op de overige middenhoge kwelders in de internationale Waddenzee. Door de afnemende beweiding treden vegetaties met zeealsem (Ft), strandkweek (Fey), spiesmelde (Fex) en strandmelde (Ux) meer op de voorgrond (fig. 3.6). In kommen op een niet-begreppelde middenhoge vastelandskwelder komen vegetatietypen met zilte rus (Jj), strandzoutgras (Btr), vegetatietypen van de lage kwelder, eenjarige planten en veel kale plekken voor.

In de zomerpolders in Friesland en de oudste boerenkwelders in Groningen wordt de vegetatie bepaald door het agrarisch gebruik (beweiding, maaien, bemesting en herbiciden) en de hoogte van de eventuele zomerkaden. Afhankelijk daarvan kunnen vegetatietypen van de middenhoge kwelder (Jg) en meestal van de hoge kwelder voorkomen (met Engels raaigras, Ru of met kweek, Re). In zomerpolders betreft het meestal soortenarme cultuurgraslanden van zware en bemeste bodem; op enige percelen vindt akkerbouw plaats. Bij een minder intensief agrarisch gebruik zijn in deze hoge kwelderzone nog zeer gevarieerde graslanden mogelijk. Bij te extensieve of geen beweiding of te laat inscharen van het vee ontstaan echter soortenarme ruigtes met kweek (Re). Zonder beweiding of hooien zouden boven GHW +70 cm op de lange duur rietvelden (B) kunnen ontstaan en zelfs elzebosjes moeten dan niet uitgesloten worden (Raabe 1981). Zonder de zomerkaden kunnen zich vrij snel de vegetatietypen van de kwelderzones herstellen die in dat geval afhankelijk zijn van de hoogteligging t.o.v. GHW, de ontwateringstoestand en de beweidingsdruk.

3.5 Areaal van de verschillende vegetatietypen

3.5.1 Inleiding

Ten behoeve van de beheersmetingen van de Dienstkring en de vegetatiekarteringen van de Meetkundige Dienst is door het RIN en de RWS directie Groningen een vegetatieclassificatie van kwelders in de kwelderwerken en op de waddeneilanden volgens een vast typenstelsel ontwikkeld (Dijkema & Bossinade 1990). Deze classificatie draait met het computerprogramma KWELVEG. Op deze wijze is het areaal van de vegetatietypen van de verschillende kaarten met elkaar te vergelijken.

3.5.2 Methode

Vegetatiekaarten van de gehele Friese en Groninger kwelderwerken zijn beschikbaar van 1960 tot 1988. Tot en met 1980 zijn deze geheel in het veld opgenomen door de Dienstkring (Bouwsema 1987). Vanaf 1981-1983 is de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat ingeschakeld die werkt op basis van een systematische stereoskopische interpretatie van false-colour luchtfoto's en representatieve bemonstering van de vegetatie (Kloosterman e.a. z.j.). Het veldwerk voor de vegetatiekaart van 1981-1983 is echter door de Dienstkring gedaan. Eventuele veranderingen als gevolg van verschillen in methode zouden dus pas in de vegetatiekaart 1987/1988 tot uiting moeten komen (H. Koppejan, RWS-MD, pers. med.).

De oppervlakten van de vegetatietypen zijn door de Dienstkring vanaf de vegetatiekaarten gedigitaliseerd. Om te testen of de methode betrouwbaar is, zijn in het volgende hoofdstuk de resultaten vergeleken met die van de meetvakken, die steeds volgens dezelfde methode zijn opgenomen. In hoofdstuk 3.5.4 zullen het areaal van de verschillende vegetatietypen en de veranderingen daarin worden besproken.

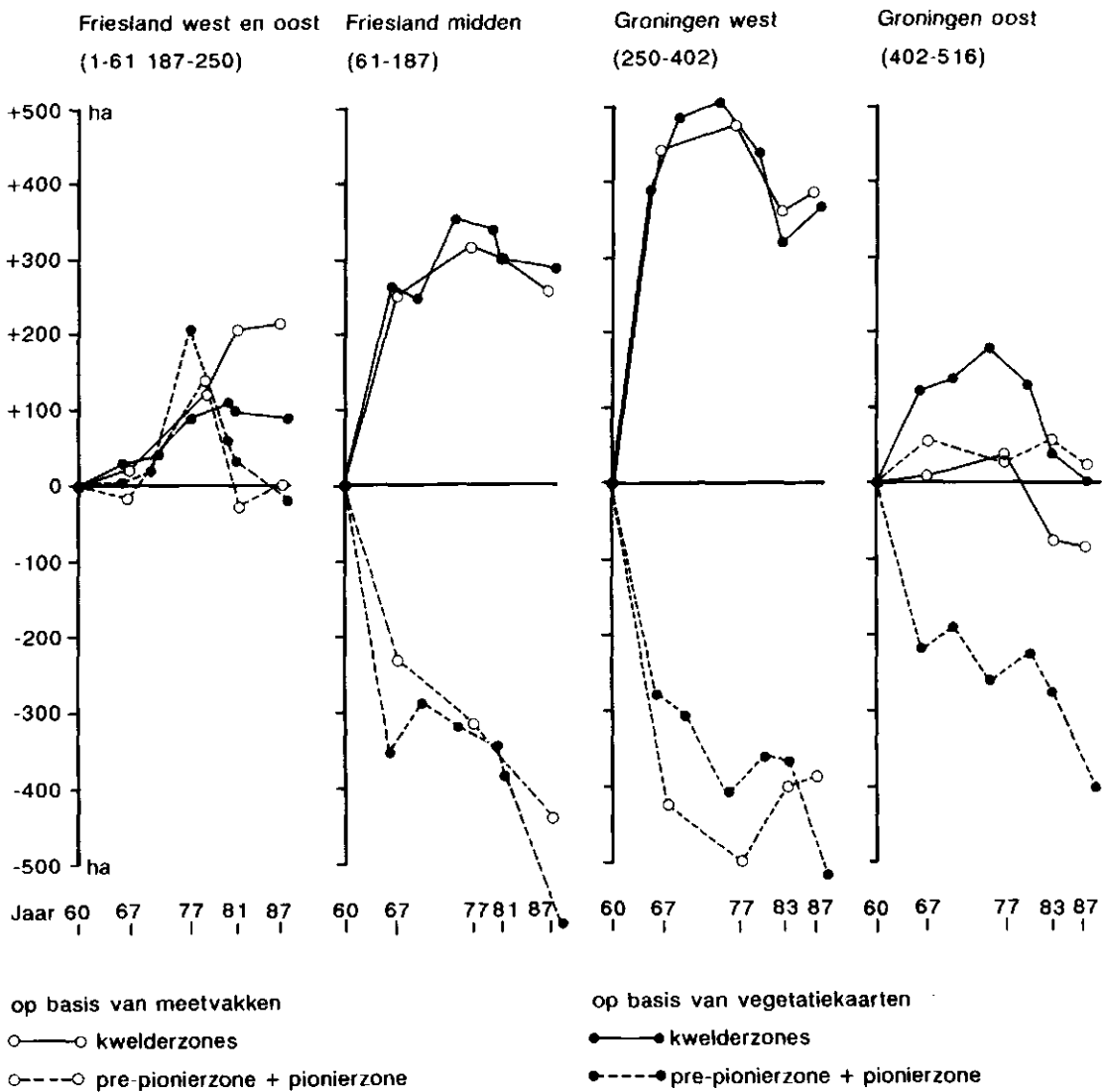
3.5.3 Omvang van de vegetatiezones op de vegetatiekaarten en in de meetvakken

Voor zowel de pionierzones als de kwelderzones blijken de gegevens van de meetvakken en de vegetatiekaarten meestal goed overeen te komen (fig. 3.7). Afwijkingen van betekenis zijn er alleen voor een beperkt kwelderareaal in Friesland west en oost na 1980 en voor de pionierzones en de kwelderzones in Groningen oost tussen 1960 en 1967. Ook de gegevens van de vegetatiekartering 1987/1988 die voor het eerst als een volledige foto-interpretatiekaart is uitgevoerd, passen in het algemene beeld van de veranderingen. Voor de oppervlakten pioniervegetatie zijn de verschillen tussen de meetvakken en de vegetatiekaarten groter dan voor de kwelderzone hetgeen door het onstabiele karakter van pioniervegetaties geen verwondering wekt. De conclusie is gerechtvaardigd dat de gegevens over de omvang van de vegetatiezones een betrouwbaar beeld van de werkelijkheid zijn. Bovendien blijkt dat de meetvakken indertijd door Kamps goed zijn gekozen.

In de twee gevallen met opmerkelijke verschillen tussen de meetvakken en de vegetatiekaarten kan het beste voor de vegetatiekaarten worden gekozen omdat die het gehele terrein beslaan. Uit de vegetatiekaarten blijkt voor Friesland midden en de gehele Groninger kwelderwerken dat de aanwas van de kwelders zich grotendeels in de periode 1960-1968 heeft voorgedaan (tabel 3.7). Deze aanwas

Tabel 3.7 Maximale kwelderaanwas in ha (periode 1960-1975) vergeleken met de aanwas volgens de recentste vegetatiekaart (1988).

	1960-1975	1960-1988	verschil %
Friesland midden	353	289	- 18
Groningen west	503	363	- 28
Groningen oost	173	- 1	-100



Figuur 3.7 Aanwas en erosie van de pionierzones en de kwelderzones in de kwelderwerken in Friesland en Groningen. De resultaten van de vegetatiekaarten zijn vergeleken met die van de meetvakken (uit Dijkema e.a. 1988). De omvang van de zones in 1960 is op 0 ha gesteld.

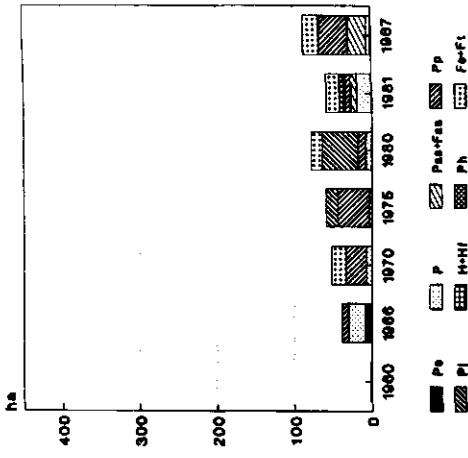
verloopt complementair met een achteruitgang van de pionierzones (fig. 3.7). De maximale omvang van de kwelders is in deze gebieden overal bereikt in 1975 (de meetvakken zijn jaarlijks opgenomen; op grond daarvan ligt het maximum in 1978; Dijkema e.a. 1988). Daarna neemt de omvang weer af, in Groningen voor de Noordpolder, de Lauwerpolder en de Emmapolder zelfs zodanig dat alle kwelderaanwas vanaf 1960 weer verloren is gegaan. In Friesland voor Het Bildt en ten oosten van de veerdam van Holwerd heeft er echter een regelmatige groei van de kwelderzone plaatsgevonden die pas na 1980 is gestabiliseerd (fig. 3.7). De pionierzones laten hier een maximale ontwikkeling in 1975 zien. Hoofdstuk 4.4 gaat op de oorzaken van deze veranderingen in.

3.5.4 Veranderingen in het areaal per vegetatietype

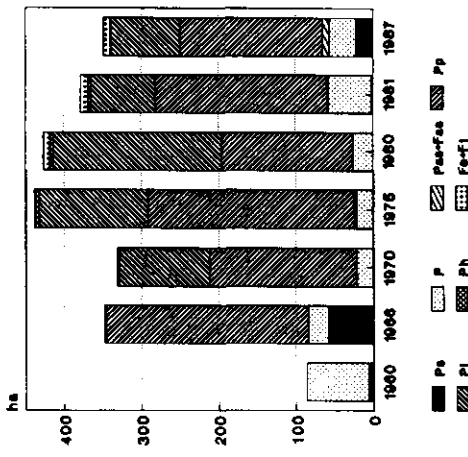
Uit het successieschema (fig. 3.6) blijkt dat elke vegetatiezone uit meerdere vegetatietypen bestaat. In de hoofdstukken 3.4 en 4.3 is en wordt uitgelegd dat het voorkomen van een bepaald vegetatietype afhangt van het ontwikkelingsstadium van de kwelder (hoogte, bodemaeratie, bodemsaliniteit), het kleigehalte van de bodem en het beheer (greppels, beweiding). In figuur 3.8 en 3.9 zijn voor de pionierzone en de lage kwelderzone de veranderingen in het areaal van de verschillende vegetatietypen uit het successieschema weergegeven. (De middenkwelder en de hoge kwelder spelen in de kwelderwerken nog geen rol van betekenis.) In de figuren komt uiteraard dezelfde afname van de kwelders na 1975 naar voren die in het voorgaande hoofdstuk is besproken. Nogmaals blijkt dat deze afname het grootst is voor het oostelijk deel van de Groninger kust: het kwelderareaal is daar terug op het niveau van 1960. Verder blijkt de achteruitgang van de pionierzones van 1960 naar 1966 op rekening van de pioniertypen met hogere bedekking te komen (S, Q). Dat is het gevolg van de successie van deze typen naar lage kwelder (zie vegetatiekaarten). Daarna blijven deze pioniertypen tamelijk stabiel, maar nemen de typen met lage bedekking af (S/Q, Si, Qi). Voor een verklaring daarvan wordt verwezen naar hoofdstuk 4.4 over verschuivingen in de ondergrenzen van de vegetatiezones.

De verdeling van de vegetatietypen binnen de zones laat in het grootste deel van de Friese kwelderwerken voor alle jaren en voor Groningen tot en met 1980 een dominantie van de beweidde vegetatietypen met kweldergras zien (Pp en Pj). De variatie aan vegetatietypen is in deze gevallen dus niet erg groot. Mogelijk is deze variatie tot en met 1980 ondergewaardeerd omdat tot dat jaar de nadruk bij de vegetatieopnamen op kweldergras lag (Bouwsema 1988). De vegetatiekaart van Dijkema (1975) van de Groninger noordkust wijst in die richting. Overigens is de toegenomen variatie aan vegetatietypen voor Groningen goed verklaarbaar door de afgenomen beweiding die is ingezet tijdens de dijkverhoging rond 1980. Er is daardoor een nog grotere ruimtelijke variatie in de beweidingsintensiteit ontstaan met als gevolg een gelijkmatige verdeling van de vegetatie over alle typen van het successieschema. Alleen de vegetatietypen met lamsoor (Pl, Jl) ontbreken; deze zijn kenmerkend voor de eilanden en er zijn nauwelijks voorbeelden van lamsoor vegetaties aan de vastelandskusten in de Waddenzee (Dijkema 1983).

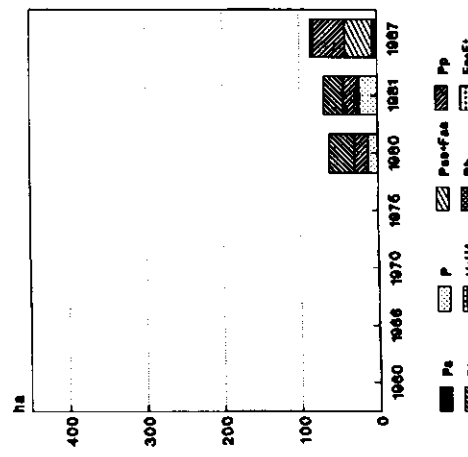
Vegetatie lage kwelder
Friesland oost 188-250



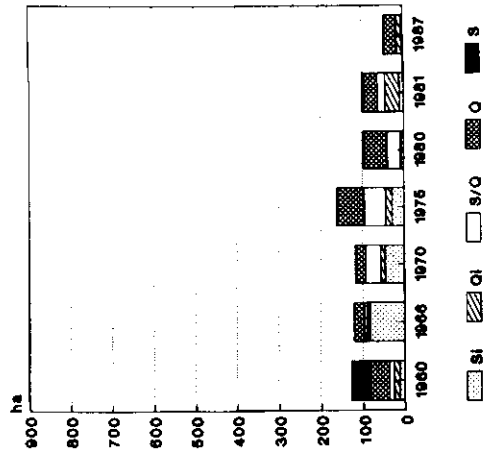
Vegetatie lage kwelder
Friesland midden 62-187



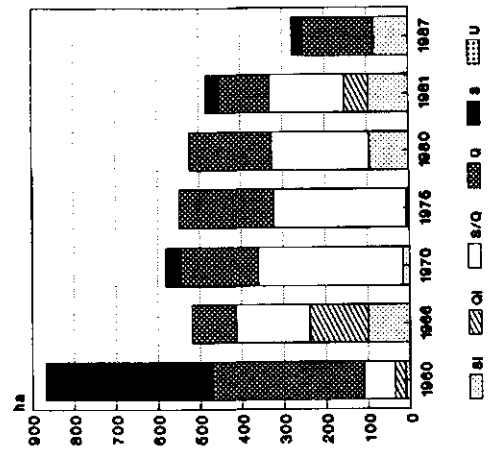
Vegetatie lage kwelder
Friesland west 1-61



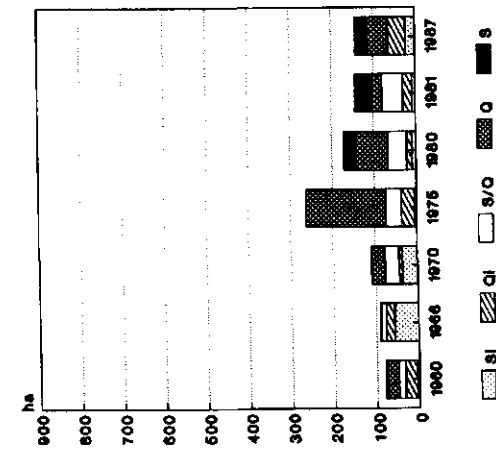
Vegetatie pionierzone
Friesland oost 188-250



Vegetatie pionierzone
Friesland midden 62-187

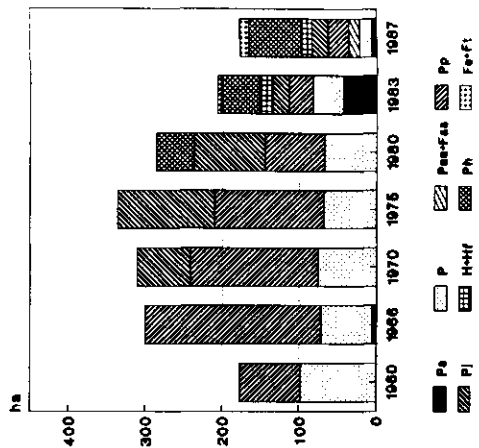


Vegetatie pionierzone
Friesland west 1-61

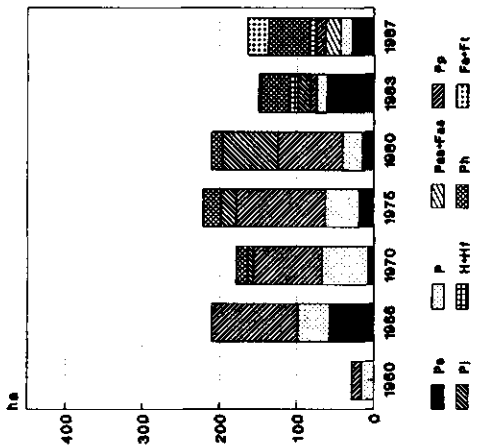


Figuur 3.7 Omvang van het areaal van de verschillende vegetatietypen voor Friesland.

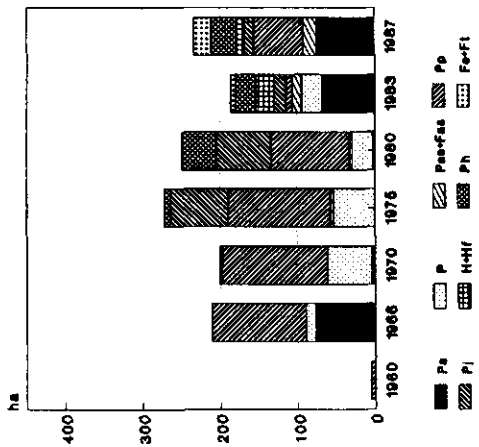
Vegetatie lage kwelder
Groningen oost 403-516



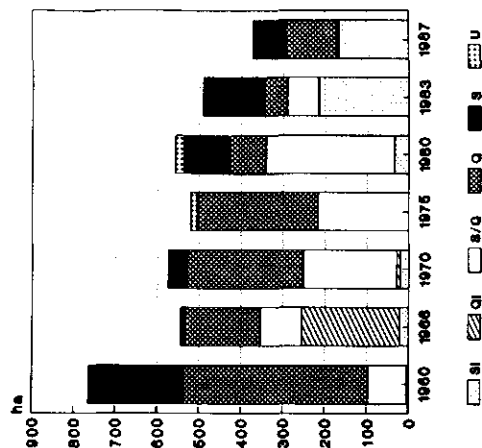
Vegetatie lage kwelder
Groningen midden 333-402



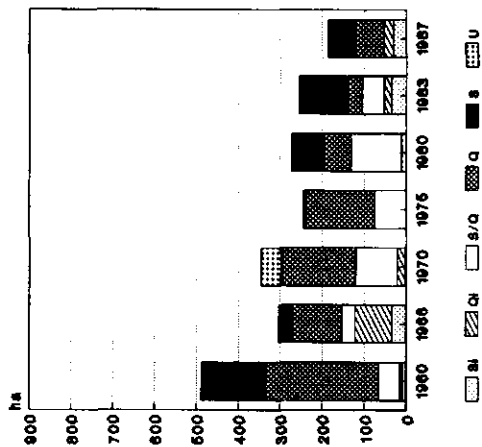
Vegetatie lage kwelder
Groningen west 250-332



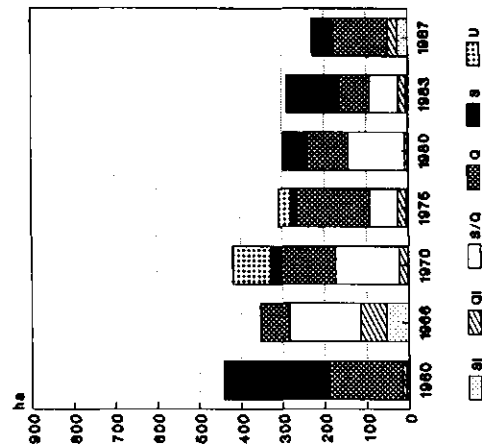
Vegetatie pionierzone
Groningen oost 403-516



Vegetatie pionierzone
Groningen midden 333-402



Vegetatie pionierzone
Groningen west 250-332



Figuur 3.8 Omvang van het areaal van de verschillende vegetatietypen voor Groningen.

Op de Groninger vastelandskwelders wordt een groot deel van de voor zoutplantenvegetaties beschreven vegetatie-eenheden aangetroffen (vgl. Beeftink 1965; Westhoff & Den Held 1969; Dijkema 1983; Dijkema & Bossinade 1990). Op de Friese vastelandskwelders is deze variatie potentieel ook aanwezig; door een ruimtelijk gevarieerde beweiding of door extensieve beweiding over grote oppervlakten kan deze variatie worden ontwikkeld. De nadruk van de zoutplantenvegetaties in de kwelderwerken ligt op typen van een kleiige bodem die gebonden zijn aan de vastelandskwelders van de Waddenzee en Zuidwest-Nederland (Dijkema & Heydemann 1984). Door de begreppeling komen vegetatietypen met Engels slijkgras (S, Ps), strandzoutgras (Btr) en misschien lamsoor (Pl, Jl) minder voor dan in een natuurlijke vastelandskwelder het geval zou zijn.

De verschillen van de vastelandskwelders met de eilandkwelders zijn aanzienlijk en worden naast de begreppeling voornamelijk door het specifieke kleiige karakter bepaald. Uit tabel 3.8 blijkt het grote belang van de kwelderwerken voor het kwelderareaal in Nederland. Met name het kleiige kweldertype zou zonder de kwelderwerken nagenoeg niet meer in de Waddenzee voorkomen. Dit kweldertype is ook in Zeeland erg afgenomen door de Deltawerken.

Tabel 3.8 Kwelderareaal in Nederland in ha verdeeld over de verschillende kweldertypen.

	Kweldertype		
	zandig	kleiig	brak
Waddeneilanden	3100	60	-
Kwelderwerken	-	1800	-
Dollard	-	80	800
ZW-Nederland	310	590	2400

Wolff (1988) heeft erop gewezen dat de Nederlandse kwelders als één van de weinige Nederlandse landschappen van zeer grote internationale betekenis zijn. Het criterium is dat in Nederland meer dan 10% van het bepaalde landschap van geheel Europa aanwezig is (Nederland maakt 0,3% uit van de oppervlakte van heel Europa). Die norm wordt naast de kwelders en schorren alleen gehaald door oermoerassen in polders, laagvenen en moerasvenen, zoute en brakke getijdegebieden, duinen en stuifzanden. Voor deze gebieden wordt natuurbescherming een eerste vereiste genoemd maar er zijn ook mogelijkheden voor natuurontwikkeling binnen een kort tijdsbestek (behalve voor de venen; Wolff 1988). Uit de verdeling van de vegetatietypen (hoofdstuk 3) blijkt voldoende dat kwelderwerken als natuurontwikkeling van kwelders mogen worden beschouwd.

3.5.5 Conclusies voor het beheer

De maximale omvang van de kwelderaanwas na 1960 wordt op basis van vegetatiekaarten bereikt in 1975 (op basis van de jaarlijks opgenomen meetvakken in 1978). Voor Het Bildt gaat de aanwas momenteel nog verder. Voor het middengedeelte van de Friese kust is na 1975 ca. 64 ha kwelder

(18%) verloren gegaan, voor het westelijke deel van de Groninger kust ca. 140 ha (28%) en voor het oostelijk deel (Noordpolder, Lauwerpolder en Emmapolder) ca. 174 ha (100%).

Het Beheersplan Buitendijkse Gronden gaat uit van het behoud dan wel enige uitbreiding van het kwelderareaal langs de vastelandskust van de Waddenzee. Het verloop van de omvang van de kwelderzone van de kwelderwerken laat daarentegen een duidelijke teruggang zien. Deze ontwikkeling kan zelfs tot klifvorming leiden. Klifvorming is een natuurlijk proces langs kwelders. Indien de opslibbingsbalans in de overgangszone voor de kwelders positief is, kan daar weer nieuwe kwelderaanwas optreden. Gezien de zeer sterke vermindering van de opslibbing in de overgangszone langs het centrale deel van de Friese (63-187) kust en het oostelijke deel van de Groninger kust (402-516) mag in die gebieden echter een nog verdergaande horizontale erosie van de kwelderzone worden verwacht (hoofdstuk 3.2). Klifvorming langs grote delen van de kust was in 1935 een van de redenen om met grootschalige kwelderwerken te beginnen. Aan het gestelde in de PKB, de Algemene Beheersvisie en het Beheersplan Buitendijkse Gronden - behoud van de kwelders - wordt dus niet voldaan zodat herstelmaatregelen noodzakelijk zijn.

Het Beheersplan Buitendijkse Gronden geeft geen toetsingscriteria voor de pionierzones. Er wordt alleen algemeen gesproken over het in stand houden van de natuurwaarden in de kwelderwerken zelf waaronder de slikzone en de pionierzones vallen. De pre-pionierzone en de pionierzone zijn nu kleiner in omvang dan in 1960. Dat kan voor de pionierzone duidelijk worden toegeschreven aan de uitbreiding van de kwelderzone. Voor de pre-pionierzone gaat het om een complex van factoren dat in hoofdstuk 4.4 wordt besproken (o.a. toegenomen golfenergie en minder begreppeling). Herstelmaatregelen gericht op de uitbreiding van pionierzones anders dan nodig om de kwelder te beschermen zullen hier niet worden aanbevolen.

De jaarlijkse beheersmetingen in de meetvakken en de vegetatiekartering van het gehele terrein met een lagere opnamefrequentie vullen elkaar uitstekend aan. De beheersmetingen van de Dienstkring geven een gedetailleerd inzicht in de jaarlijkse veranderingen in de vegetatie terwijl de vegetatiekarteringen van de Meetkundige Dienst zeer nuttig zijn gebleken voor een inzicht in het verloop van de omvang van de kwelderzone en pionierzone en voor kennis van de effecten van beweiding op de vegetatie.

Kwelders zijn als een van de weinige Nederlandse landschappen van zeer grote internationale betekenis. Als de oppervlakte aan kwelders in de kwelderwerken wordt vergeleken met het totale kwelderareaal in Nederland dan blijkt dat ongeveer een derde van alle zoutplantenvegetaties in Nederland binnen de kwelderwerken ligt. De vegetatietypen die kenmerkend zijn voor kleiige vastelandskwelders zouden zonder kwelderwerken in de Waddenzee ontbreken. Uit de verdeling van de vegetatietypen over de kwelderwerken blijkt dat kwelderwerken als natuurontwikkeling van kwelders mogen worden beschouwd. De variatie aan vegetatietypen van de kwelder is het meest volledig bij een lage beweidingsdruk op grote percelen (minimaal 50-100 ha) of bij een ruimtelijke afwisseling in beweiding op kleinere percelen. Zowel een te intensieve beweiding (vooral op de lage

kwelders) als geen beweiding (vooral op de middenhoge en hoge kwelders) leiden tot soortenarme monocultures en verlies aan verschillende typische zoutplantenvegetaties.

4 EFFECTEN VAN GRONDWERK

4.1 Verband tussen greppelonderhoud en opslibbingssnelheid

4.1.1 Inleiding

Tot nu toe hebben drie studies geen direct positief effect van greppelonderhoud op de opslibbing aan kunnen tonen. Daarentegen is er wel een direct positief effect van de aanleg van bezinkvelden op de opslibbing aangetoond (Bouwsema e.a. 1986; Dijkema e.a. 1988). Voornoemde studies behandelen de effecten van greppelonderhoud en het overige grondwerk echter globaal zodat er ruimte overblijft voor twijfel. In deze studie zal meer specifiek met behulp van een statistische analyse worden gekeken naar mogelijke correlaties tussen greppelonderhoud en opslibbing binnen nauw omschreven selecties in het gegevensbestand.

4.1.2 Methode

De grondwerkhoeveelheid wordt vanaf 1960 voor elk jaar dat daadwerkelijk greppelonderhoud verricht is per subvak opgegeven in m³ per strekkende meter greppel waarbij de smaksloten en dwarsloten niet meegerekend worden. Na 1981 is er voor de meet-, proef- en aanvullende proefvakken de mogelijkheid het greppelwerk te onderscheiden van het onderhoud aan de sloten. De invloed van het greppelonderhoud op de opslibbing zal in het algemeen eerst in de jaren volgend op het jaar waarin het verricht is tot uitdrukking komen in de opslibbingcijfers. Bij de berekeningen met het programma STA2GR wordt daarom de gemiddelde opslibbing van de twee jaar volgend op het jaar waarin greppelonderhoud is verricht als maatgevend beschouwd voor een eventuele invloed op de opslibbing. Het begrip 'geen grondwerk' wordt gehanteerd in die gevallen waarin in het voorafgaande jaar en het volgende jaar ook geen greppelonderhoud verricht is. Het greppelonderhoud is uit rekentechnische overwegingen verdeeld in zes klassen met elk een klassebreedte van 0,2 m³/m, waarbij klasse 1 'geen grondwerk' en klasse 6 grondwerk van meer dan 0,8 m³/m representeert (tabel 4.1). Ook de variabelen vaknummer en opslibbing zijn in klassen verdeeld, waarbij voor de variabele 'vaknummer' de gebruikelijke groepsindeling gevolgd is terwijl voor de variabele 'opslibbing' een klassebreedte van 10 mm geldt met het klassemidden op veelvoud van 10. Met behulp van kruistabellen zijn de gegevens onderzocht op hun verdeling over de diverse klassen. Op grond van dit onderzoek zijn intervallen in ruimte, tijd en hoogte vastgesteld waarbinnen gerekend wordt. Bij de vaststelling van de hoogtezones is gebruik gemaakt van eerder onderzoek (Bouwsema e.a. 1986; Dijkema e.a. 1988; hoofdstuk 3.2 en 4.4 van dit rapport) waaruit blijkt dat opslibbing en hoogte een niet lineaire relatie hebben. Naar hoogte wordt een indeling in vijf zones gehanteerd voor zowel Friesland als Groningen (tabel 4.2).

In Friesland zijn vóór 1973 geen grondwerkgegevens in het bestand opgenomen terwijl in Groningen vóór 1973 de waarnemingen, vooral het greppelonderhoud in klasse 2, te veel

Tabel 4.1 Klasseverdeling greppelonderhoud.

Klasse	Greppelonderhoud in m ³ /m
1	0,0
2	> 0,0 t/m 0,2
3	> 0,2 t/m 0,4
4	> 0,4 t/m 0,6
5	> 0,6 t/m 0,8
6	> 0,8

Tabel 4.2 Zoneverdeling naar hoogtes t.o.v. GHWT.

Zone	Hoogtebereik in cm t.o.v. GHWT					
	Friesland			Groningen		
Wad	- 200	t/m	- 60	-200	t/m	- 60
Kale overgangszone	- 60	t/m	- 16	- 60	t/m	- 32
Begroeide overgangszone	- 16	t/m	6	- 32	t/m	- 8
Initiale kwelderzone	6	t/m	16	- 8	t/m	0
Kwelderzone	16	t/m	100	0	t/m	100

geconcentreerd zijn in enkele opeenvolgende jaren (tabel 4.3). De berekeningen zijn daarom uitgevoerd in het tijdvak van 1973-1989 voor Friesland en Groningen gescheiden. Voor de jaren met veel greppelonderhoud in klasse 2 in Groningen is een aparte berekening uitgevoerd. Uit de kruistabellen (tabel 4.4) blijkt dat de waarnemingen redelijk verspreid over de vakken voorkomen. Er wordt daarom geen indeling naar vakken gemaakt.

Om het verband tussen greppelonderhoud en opslibbing te bepalen, zijn twee methoden gebruikt. Bij de eerste methode is nagegaan of in gebieden waar greppelonderhoud verricht is de opslibbing significant hoger is dan in vergelijkbare gebieden waar geen greppelonderhoud is verricht. De tweede methode berust op het uitvoeren van een lineaire multiple regressie analyse. Bij deze analyse wordt van verschillende onafhankelijke variabelen nagegaan in welke mate deze variabelen de vastgestelde opslibbing kunnen verklaren. Klassegemiddelden zijn beschouwd als steekproefgemiddelden van een normale verdeling. Bij de berekening van het 95% bti van het steekproefgemiddelde wordt gebruik gemaakt van de Student-verdeling waardoor in de gevallen waarin weinig steekproefwaarnemingen beschikbaar zijn toch een 95% bti voor het steekproefgemiddelde berekend kan worden.

4.1.3 Resultaten van de grafische methode

De gedachtengang bij deze methode is als volgt. Indien greppelonderhoud invloed heeft op de opslibbing moet er een significant verschil in opslibbingssnelheid zijn tussen gebieden waar wel en

Tabel 4.3 Kruistabel jaar opname - grondwerk.

GRONINGEN GHW --->	Count Exp Val	1.000	2.000	3.000	4.000	ROW Total
JRO	61	160	63	311	0	534
	62	155	49	252	0	456
	63	55	236	141	0	432
	64	51	208	212	0	471
	65	68	0	259	16	343
	66	107	0	244	53	404
	67	167	0	42	16	225
	68	238	0	157	0	395
	69	220	0	139	0	359
	70	244	1	180	4	429
	71	392	0	12	0	404
	72	548	0	0	0	548
	73	521	0	21	12	554
	74	527	0	23	0	550
	75	539	0	20	0	559
	76	534	0	24	0	558
	77	415	0	28	0	443
	78	347	14	138	0	499
	79	314	7	32	0	353
	80	358	6	71	5	440
	81	322	18	84	0	424
	82	354	28	135	0	517
	83	371	22	114	0	507
	84	430	14	119	2	565
	85	329	9	57	7	402
	86	274	16	53	0	343
	87	133	2	0	0	135
	Column Total	8173 69.0%	693 5.8%	2868 24.2%	115 1.0%	11849 100.0%

Tabel 4.4 Kruistabel vaknummer - grondwerk.

GHW --->	Count	Groningen				ROW
		1.000	2.000	3.000	4.000	Total
vakken	260-293	1092	55	307	12	1466
	308-339	1631	214	666		2511
	356-381	1470	86	481	7	2044
	392-415	1196	95	479	21	1791
	424-451	1042	191	538	33	1804
	468-511	1742	52	397	42	2233
	Column Total	8173 69.0%	693 5.8%	2868 24.2%	115 1.0%	11849 100.0%

Tabel 4.3 vervolg

FRIESLAND GHW --->	Count Exp Val	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	ROW Total
JRO	62	185	0	0	0	0	0	185
	63	281	0	0	0	0	0	281
	64	351	0	0	0	0	0	351
	65	362	0	0	0	0	0	362
	66	361	0	0	0	0	0	361
	67	378	0	0	0	0	0	378
	68	403	0	0	0	0	0	403
	69	405	0	0	0	0	0	405
	70	404	0	0	0	0	0	404
	71	406	0	0	0	0	0	406
	72	367	0	0	0	0	0	367
	73	334	0	16	2	0	0	352
	74	223	10	30	2	0	0	265
	75	180	24	69	30	0	0	303
	76	172	23	37	21	0	0	253
	77	266	8	10	6	0	0	290
	78	146	26	41	13	0	0	226
	79	108	12	107	14	1	0	242
	80	132	10	45	34	0	0	221
	81	168	5	67	17	0	0	257
	82	192	16	30	20	27	2	287
	83	235	16	70	30	0	0	351
	84	245	21	28	44	0	0	338
	85	203	24	34	23	0	0	284
	86	179	6	18	13	0	0	216
	87	98	0	0	4	0	0	102
Column Total		6784 86.0%	201 2.5%	602 7.6%	273 3.5%	28 0.4%	2 0.0%	7890 100.0%

Tabel 4.4 vervolg

GHW --->	Count	Friesland						ROW
		1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	Total
vakken	005-024	1188	57	167	43			1455
	041-069	1689	5	125	30			1849
	085-124	1230	27	89	43	1		1390
	145-178	1390	105	169	92	25	2	1783
	205-237	1287	7	52	65	2		1413
Column Total		6784 86.0%	201 2.5%	602 7.6%	273 3.5%	28 0.4%	2 0.0%	7890 100.0%

waar geen grondwerk verricht is. Indien voldoende waarnemingen beschikbaar zijn kan per grondwerkklasse (zie tabel 4.1) de gemiddelde opslibbingssnelheid berekend worden. Er is gesteld dat een verschil in opslibbingssnelheid tussen twee klassegemiddelden bestaat als het gemiddelde met een betrouwbaarheid van 95% afwijkt van het andere gemiddelde.

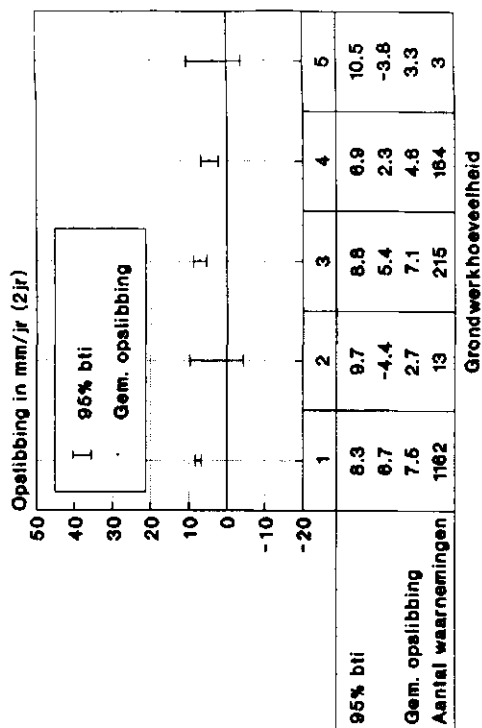
Het 95% betrouwbaarheidsinterval (bti) van het gemiddelde is groter naarmate de spreiding van de beschouwde afzonderlijke waarden groter - en het aantal waarnemingen kleiner is. Vooral het laatste is belangrijk bij de interpretatie van de grafieken. In de figuren waarin de resultaten van de berekeningen weergegeven zijn is dit vaak herkenbaar aan het systematisch smallere balkje voor klasse 1 (geen grondwerk) ten opzichte van de overige klassen. Ten onrechte zou geconcludeerd kunnen worden dat grondwerk gepaard gaat met een grotere spreiding in de opslibbing, terwijl de oorzaak eerder gezocht moet worden in het relatief grote aantal waarnemingen in klasse 1. Het komt er op neer dat figuur 4.1 en 4.2 met een betrouwbaarheid van 95% het interval aangeven waarbinnen het berekende gemiddelde af kan wijken van het populatie gemiddelde. Dit betekent dat indien de balkjes van twee klassen elkaar niet overlappen er een significant verschil in opslibbingssnelheid is. Met andere woorden, het grondwerk vertegenwoordigd door beide klassen heeft een verschillend opslibbinggedrag.

Met de tot nu toe besproken methode kan visueel vastgesteld worden of er al dan niet een relatie bestaat tussen de mate van opslibbing en de hoeveelheid greppelonderhoud. Conclusies hieruit worden verder onderbouwd door het uitvoeren van een in de volgende paragraaf te bespreken multiple regressie-analyse op dezelfde datasets. Daarbij wordt de gezamenlijke invloed van meer dan één variabele onderzocht.

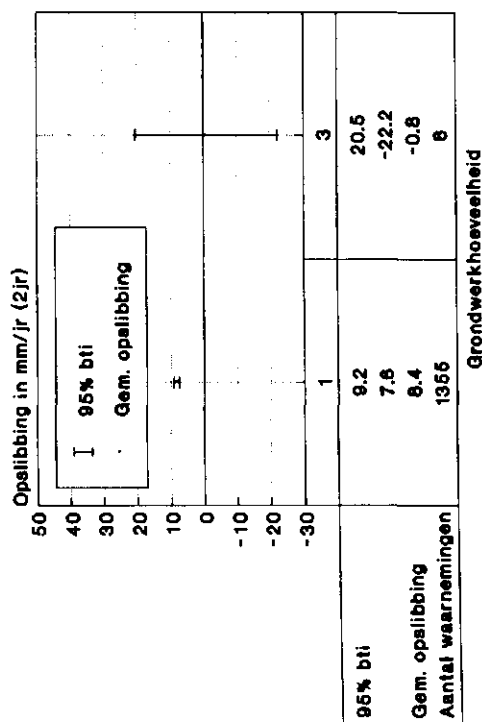
In de figuren 4.1 A t/m E zijn de resultaten van de berekening voor de vakken in Friesland in de onderscheiden hoogte - en tijdzones weergegeven. Er is in geen van de vijf zones een significant verschil in de opslibbingssnelheid van klasse 1 (geen greppelonderhoud) ten opzichte van de overige klassen (wel greppelonderhoud) te constateren. Het achterblijven van de opslibbingssnelheid in de kale overgangszone ten opzichte van de overige zones zoals reeds in eerder onderzoek aangetoond (Bouwsema e.a. 1986; Dijkema e.a. 1988; hoofdstuk 3.2 van dit rapport) wordt hier bevestigd. Zeer duidelijk komt het achterblijven van de opslibbing in de kale overgangszone naar voren. In de aanpalende meer begroeide zone is de opslibbing bijna een factor twee groter.

In de figuren 4.2 A t/m F zijn de resultaten voor Groningen weergegeven. In enkele gevallen zijn er significante verschillen in opslibbingssnelheid tussen wel en geen greppelonderhoud, te weten in de wadzone en de onbegroeide overgangszone een significant lager gemiddelde voor grondwerk van 0,2 t/m 0,4 m³/m en in de begroeide overgangszone een significant lager gemiddelde voor grondwerk van 0,2 t/m 0,6 m³/m. Ook hier is de opslibbing in de kale overgangszone ongeveer een factor twee lager dan in de begroeide overgangszone.

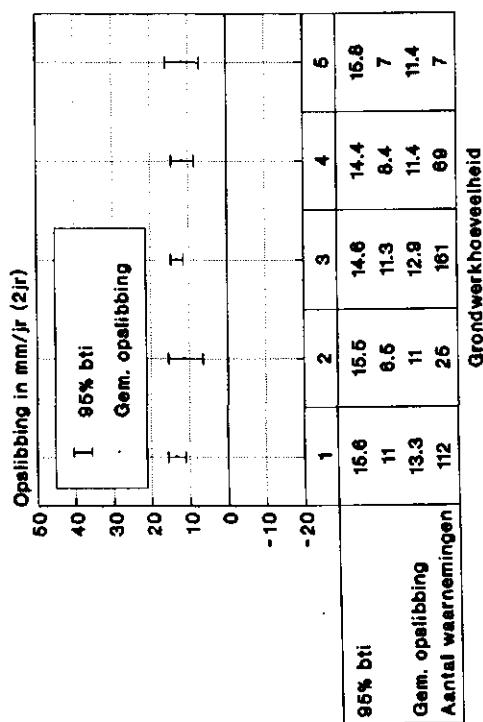
Relatie Grondwerk - Opslibbing.
 Vak 5 t/m 240 van: 1973 t/m 1989
 In de zone: -60 t/m -16 tov GHWL



Relatie Grondwerk - Opslibbing.
 Vak 5 t/m 240 van: 1973 t/m 1989
 In de zone: -200 t/m -60 tov GHWL



Relatie Grondwerk - Opslibbing.
 Vak 5 t/m 240 van: 1973 t/m 1989
 In de zone: -16 t/m 6 tov GHWL



Toelichting:

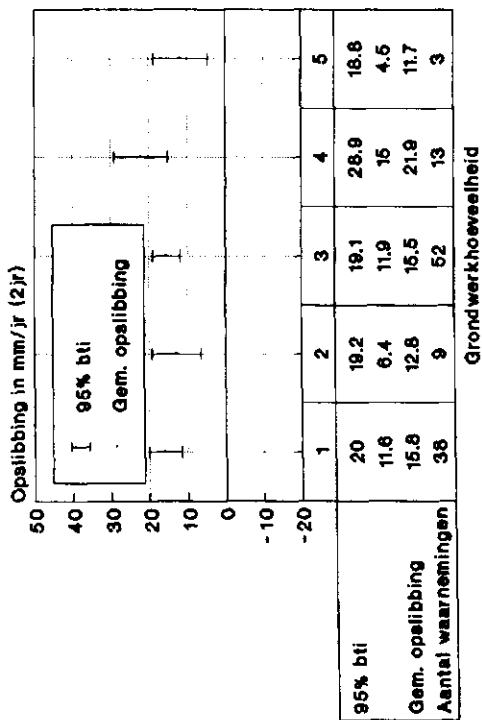
De grondwerkhoeveelheid is in zes klassen verdeeld, de verdeling over de klassen is als volgt:

- 1 ————— 0.0 m³/m
- 2 ————— >0.0 t/m 0.2 m³/m
- 3 ————— >0.2 t/m 0.4 m³/m
- 4 ————— >0.4 t/m 0.6 m³/m
- 5 ————— >0.6 t/m 0.8 m³/m
- 6 ————— >0.8 m³/m

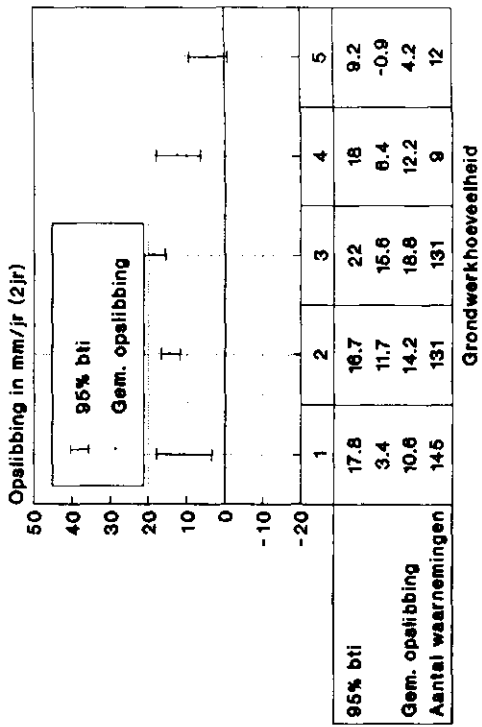
In iedere berekening is het grondwerk gekoppeld met het gemiddelde opslibbingscijfer van twee opeenvolgende jaren.

Figuur 4.1 A-E Relatie tussen greppelonderhoud en opslibbing in Friesland voor de onderscheiden hoogtezones.

Relatie Grondwerk - Opslibbing.
 Vak 5 t/m 240 van: 1973 t/m 1989
 In de zone: 6 t/m 18 tov GHWL



Relatie Grondwerk - Opslibbing.
 Vak 5 t/m 240 van: 1973 t/m 1989
 In de zone: 16 t/m 100 tov GHWL



Toelichting:

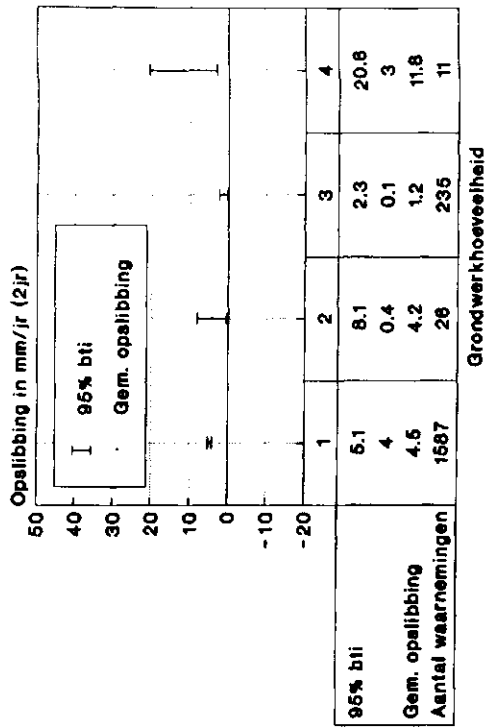
De grondwerkhoeveelheid is in zes klassen verdeeld, de verdeling over de klassen is als volgt:

- 1 ————— 0.0 m3/m
- 2 ————— >0.0 t/m 0.2 m3/m
- 3 ————— >0.2 t/m 0.4 m3/m
- 4 ————— >0.4 t/m 0.6 m3/m
- 5 ————— >0.6 t/m 0.8 m3/m
- 6 ————— >0.8 m3/m

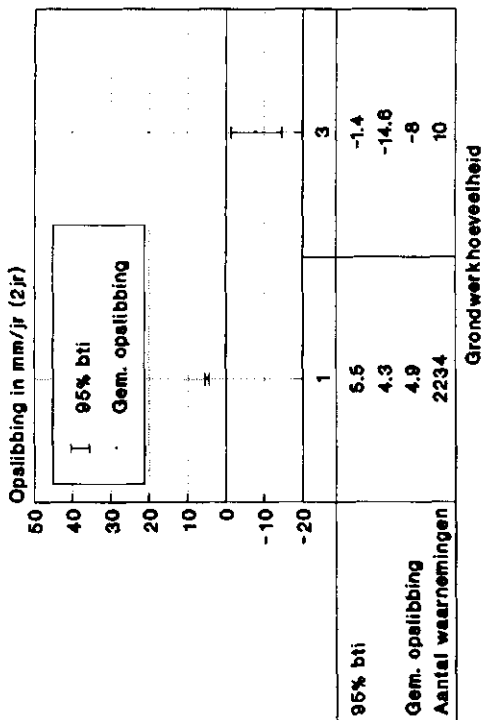
In iedere berekening is het grondwerk gekoppeld met het gemiddelde opslibbingcijfer van twee opvolgende jaren.

vervolg figuur 4.1 A-E

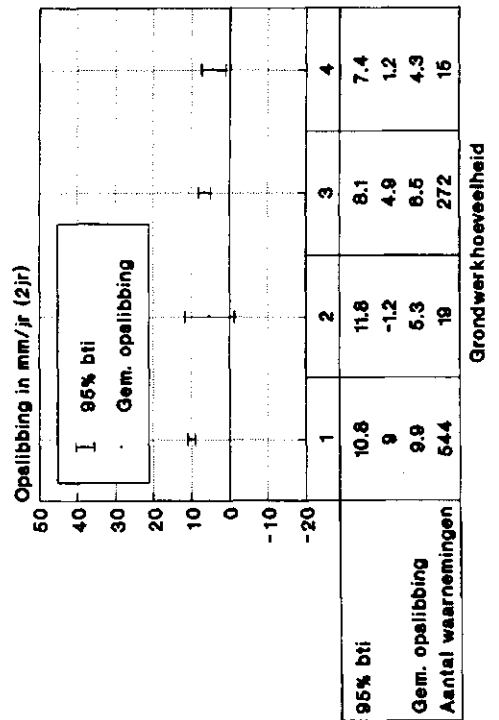
Relatie Grondwerk - Opslibbing.
 Vak 260 t/m 511 van: 1873 t/m 1989
 In de zone: -60 t/m -32 tov GHWL



Relatie Grondwerk - Opslibbing.
 Vak 260 t/m 511 van: 1973 t/m 1989
 In de zone: -200 t/m -60 tov GHWL



Relatie Grondwerk - Opslibbing.
 Vak 260 t/m 511 van: 1973 t/m 1989
 In de zone: -32 t/m -8 tov GHWL



Toelichting:

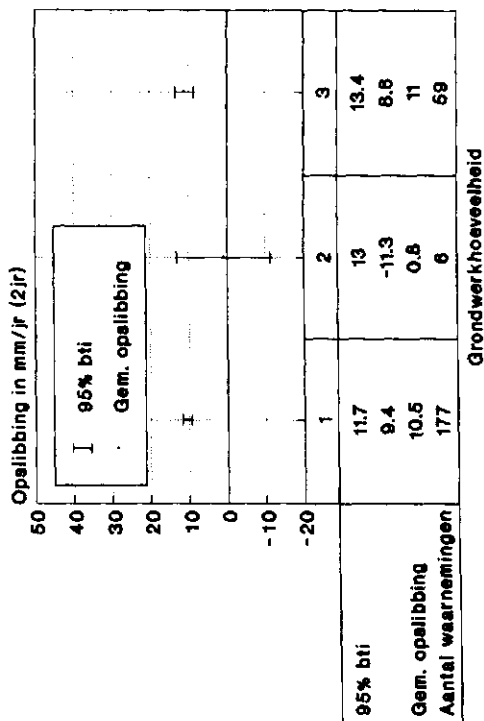
De grondwerkhoeveelheid is in zes klassen verdeeld, de verdeling over de klassen is als volgt:

- 1 ← 0.0 m3/m
- 2 ← >0.0 t/m 0.2 m3/m
- 3 ← >0.2 t/m 0.4 m3/m
- 4 ← >0.4 t/m 0.6 m3/m
- 5 ← >0.6 t/m 0.8 m3/m
- 6 ← >0.8 m3/m

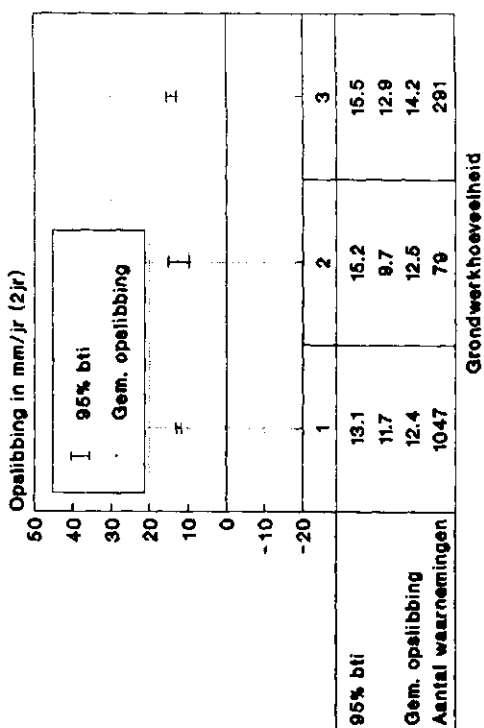
In iedere berekening is het grondwerk gekoppeld met het gemiddelde op-slibbingscijfer van twee opeenvolgende jaren.

Figuur 4.2 A-F Relatie tussen greppelonderhoud en op-slibbing in Groningen voor de onderscheiden hoogtezones (A-E) en in de vakken 308-451 voor een eerder tijdvak.

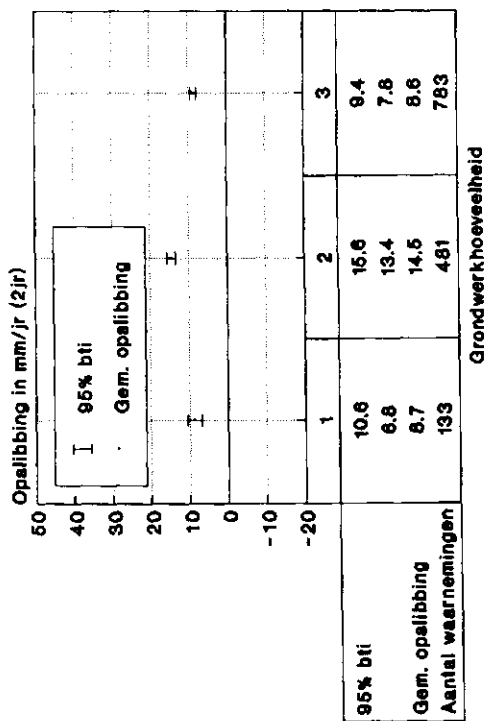
Relatie Grondwerk - Opslibbing.
 Vak 260 t/m 511 van: 1973 t/m 1989
 In de zone: -8 t/m 0 tov GHWL



Relatie Grondwerk - Opslibbing.
 Vak 260 t/m 511 van: 1973 t/m 1989
 In de zone: 0 t/m 100 tov GHWL



Relatie Grondwerk - Opslibbing.
 Vak 308 t/m 451 van: 1961 t/m 1966
 In de zone: -100 t/m 100 tov GHWL



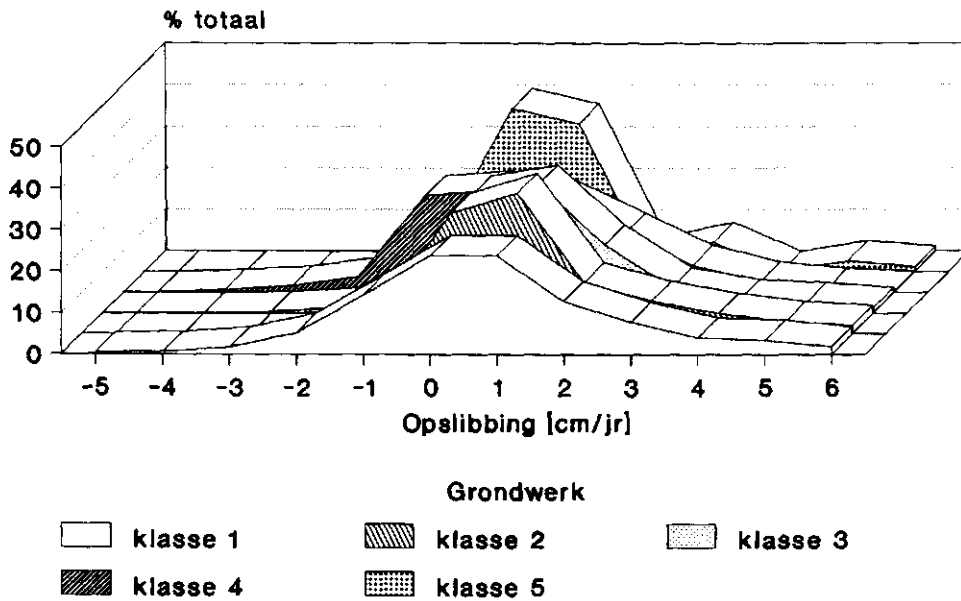
Toelichting:

De grondwerkhoeveelheid is in zes klassen verdeeld, de verdeling over de klassen is als volgt:

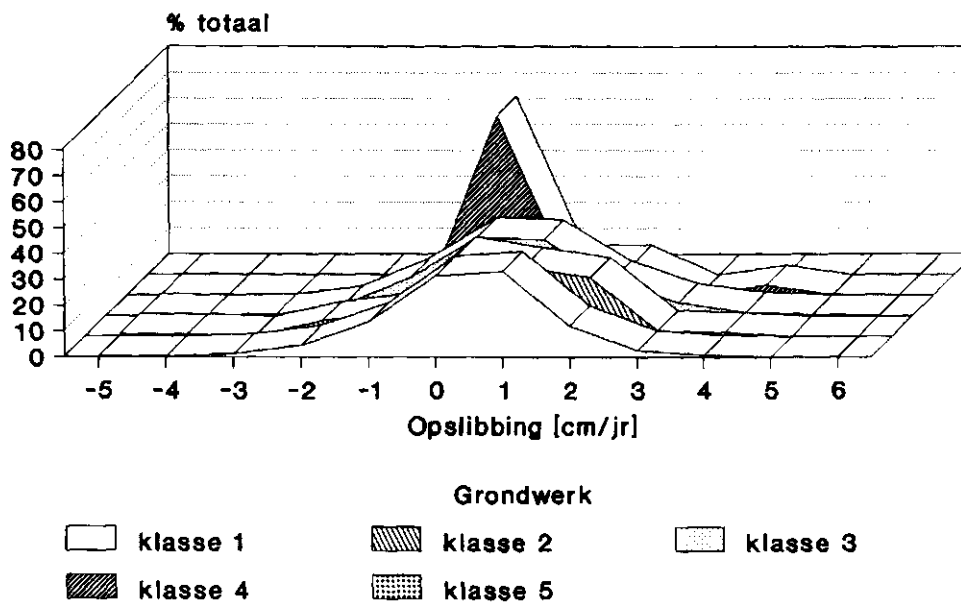
- 1 0.0 m3/m
- 2 >0.0 t/m 0.2 m3/m
- 3 >0.2 t/m 0.4 m3/m
- 4 >0.4 t/m 0.6 m3/m
- 5 >0.6 t/m 0.8 m3/m
- 6 >0.8 m3/m

In ledere berekening is het grondwerk gekoppeld met het gemiddelde opslibbingscijfer van twee opeenvolgende jaren.

Relatie Opslibbing - Grondwerk
 Alle vakken in Friesland
 Van 1973 t/m 1989



Relatie Opslibbing - Grondwerk
 Alle vakken in Groningen
 Van 1973 t/m 1989



Figuur 4.3 Totaaloverzicht van de relatie tussen opslibbing en greppelonderhoud voor het gehele bestand in Friesland en Groningen.

Zoals eerder is opgemerkt zijn veel waarnemingen in klasse 2 grondwerk (> 0 t/m $0,2$ m³/m) geconcentreerd in een tijdvak van enkele jaren, nl. 556 van de 693 waarnemingen in de jaren 1961 t/m 1964. Verder blijkt uit een kruistabel hoogte - grondwerk (hier niet gepresenteerd) dat 87% van het klasse 2 grondwerk in de kale overgangszone verricht is. Het resultaat van de berekening weergegeven in figuur 4.2 F laat zien dat er in dit geval een positief significant verschil is tussen klasse 2 grondwerk en 'geen grondwerk'; deze uitkomst wordt niet bevestigd door de in bijlage 1 te bespreken analyse volgens de multiple regressiemethode.

Figuur 4.3 geeft een totaal overzicht van respectievelijk Friesland en Groningen van 1973 t/m 1989. Er is geen onderscheid gemaakt in hoogtezones. De figuur geeft per grondwerkklasse de verdeling van de waarnemingen in procenten over de in klassen verdeelde opslibbing. Daardoor zijn de verschillende grondwerkclassen (Z-as) vergelijkbaar. Een verschillende opslibbingssnelheid van de ene t.o.v. de andere grondwerkklasse zal een verschuiving naar links of rechts van het corresponderende oppervlak in de grafiek te zien geven. In Friesland is een dergelijke verschuiving in geringe mate voor klasse 4 grondwerk ($0,4$ t/m $0,6$ m³/m) aanwezig. Deze verschuiving wordt voornamelijk bepaald door het relatief grote aantal waarnemingen in de onbegroeide overgangszone (fig. 4.1 B) welke inderdaad tenderen naar een significant verschillend gemiddelde ten opzichte van geen grondwerk (klasse 1). Uit het grotere aandeel van het oppervlak dat een positieve opslibbing vertegenwoordigt kan zowel voor Friesland als voor Groningen een positieve opslibbingsbalans vastgesteld worden.

4.1.4 Resultaten van de lineaire multiple regressie-analyse

Bij de lineaire multiple regressieanalyse wordt verondersteld dat er een lineair verband is tussen de afhankelijke variabele, in dit geval de opslibbing en één of meer onafhankelijke variabelen zoals greppelonderhoud, grondwerktype, hoogte en geografische ligging. Bij deze methode mogen de aantallen waarnemingen per klasse van dezelfde variabele niet al te veel verschillen. Voor niet in klassen verdeelde variabelen moeten de waarnemingen redelijk gelijkmatig over het bereik van die variabele verdeeld zijn. Er zijn diverse methoden gebruikt om dit te toetsen, onder andere de reeds eerder ter sprake gekomen kruistabellen.

Uit het geheel van de toetsingsexercitie is bepaald dat multiple regressie, op grond van de verdeling van de variabelen in de volgende gevallen toegepast kan worden:

- in Friesland over alle vakken van 1973 t/m 1989;
- in Groningen over alle vakken van 1961 t/m 1972 waarbij klasse 2 grondwerk niet wordt meegenomen;
- in Groningen over alle vakken van 1973 t/m 1989;
- in Groningen een detailberekening van 1961 t/m 1964 over de vakken 308 t/m 451.

Ook bij deze berekeningen wordt een verdeling in hoogtezones gemaakt omdat, zoals eerder vermeld, er een kromlijng verband tussen opslibbing en hoogte is.

In bijlage 2 wordt een uiteenzetting gegeven over de gang van zaken bij de multiple regressie methode waarbij tevens de berekeningsresultaten in de hierboven beschreven gevallen gepresenteerd worden. De

belangrijkste uitkomsten van deze analyse volgen hierna. De variantie van de afhankelijke variabele opslibbing wordt voor tien tot twintig procent verklaard door de onafhankelijke variabelen greppelonderhoud, grondwerktipe, hoogte, plaats en tijd. Dit percentage is niet voldoende om een relatie tussen opslibbing en de overige variabelen te kunnen vaststellen. In de meeste gevallen blijkt uit toetsing dat de bijdrage van de variabele greppelonderhoud aan de regressie niet significant is. De onafhankelijke variabelen zijn niet consistent in hun bijdrage aan de regressievergelijking in de onderscheiden gevallen.

4.1.5 Conclusies voor het beheer

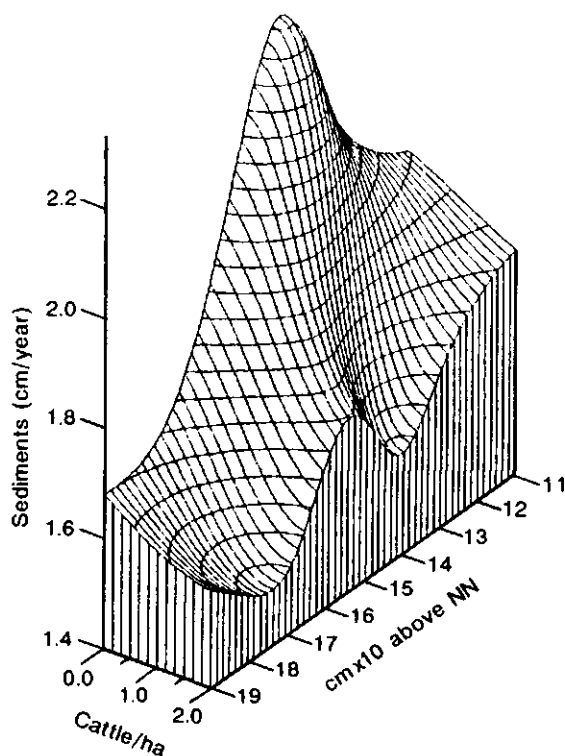
In Friesland (meetvakken 5 t/m 240) is in de vier onderscheiden zones (de kale overgangszone, de begroeide overgangszone de initiële kwelderzone en de kwelderzone) geen significant verband gevonden tussen greppelonderhoud en opslibbing. Ook in Groningen (meetvakken 260 t/m 511) is in deze zones geen verband tussen greppelonderhoud en opslibbing gevonden. In de enkele gevallen waarin de grafische methode de mogelijkheid van een verband aangeeft wordt dit niet bevestigd door de multiple regressie-analyse. Zowel in Groningen als in Friesland is de opslibbing in de kale overgangszone significant lager dan in de overige zones.

Uit deze resultaten wordt geconcludeerd dat greppelonderhoud geen directe invloed heeft op de opslibbingssnelheid. Greppelonderhoud kan dus niet ten doel hebben het ophogen van het maaiveld want dat werkt niet. Dit betekent niet dat grondwerk nu ineens overbodig is voor het beheer van de kwelderwerken. In de eerste plaats is alleen naar het effect van greppelonderhoud gekeken terwijl een ander deel van het grondwerk uit het onderhoud van gronddammen, dwarsloten en hoofdleidingen bestaat. In de tweede plaats zal in de volgende hoofdstukken aangetoond worden dat greppelonderhoud een positieve invloed op de vegetatieontwikkeling heeft. Daardoor levert greppelonderhoud indirect een positieve bijdrage aan de opslibbing in de begroeide zone.

4.2 Verband tussen vegetatietype en opslibbingssnelheid

4.2.1 Inleiding

In het voorgaande hoofdstuk moest een direct verband tussen greppelonderhoud en opslibbingssnelheid worden verworpen. Er zijn echter wel sterke aanwijzingen voor een invloed van begroeiing op de opslibbingssnelheid gevonden. De rol van vegetatie op de opslibbing van kwelders staat in de meeste handboeken over kwelders beschreven en is in de kwelderwerken eerder aangetoond in Bouwsema e.a. (1986) en Dijkema e.a. (1988). Andresen e.a. (1990) hebben voor de Leybucht in Ostfriesland aangetoond dat er daarnaast een invloed van beweiding is (fig. 4.4). De hoogste opslibbingssnelheid wordt aangetroffen in de kweldergraszone (GHWT +0,1 m) van de onbeweide kwelder. In de pionierzone (GHWT -0,2 m) en de rood-zwenkgraszone (GHWT +0,4 tot +0,6 m) is de opslibbingssnelheid lager en verschillen als gevolg van beweiding zijn er bijna niet.



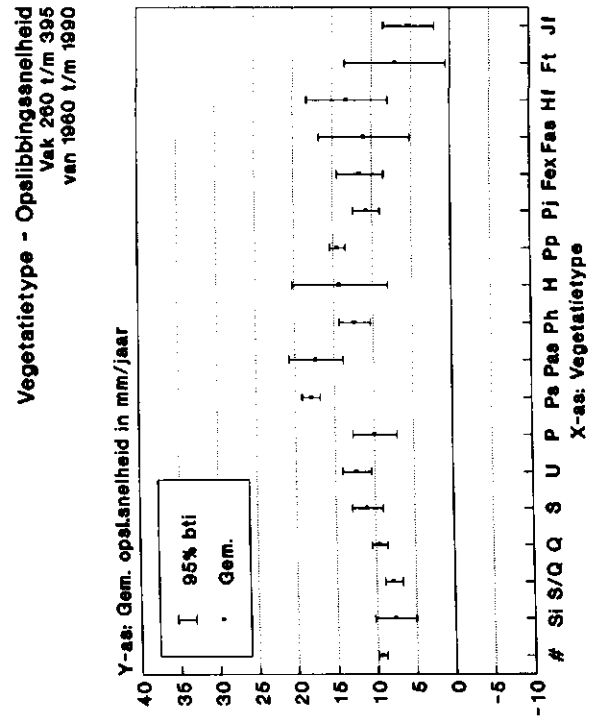
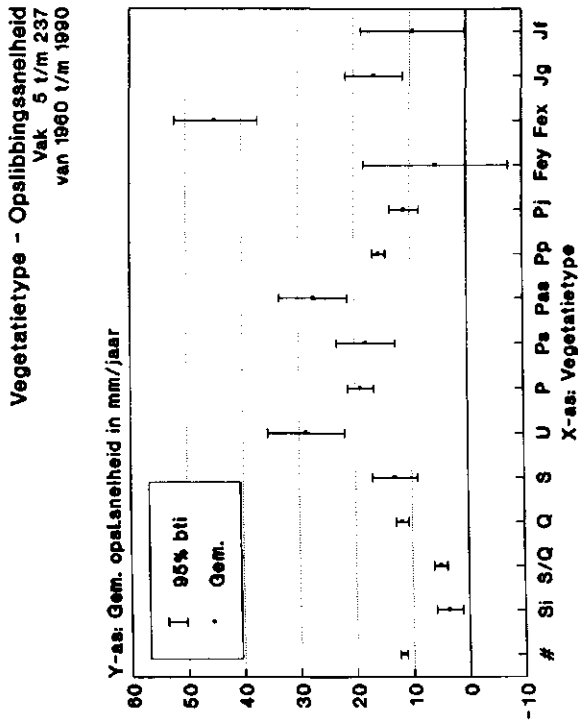
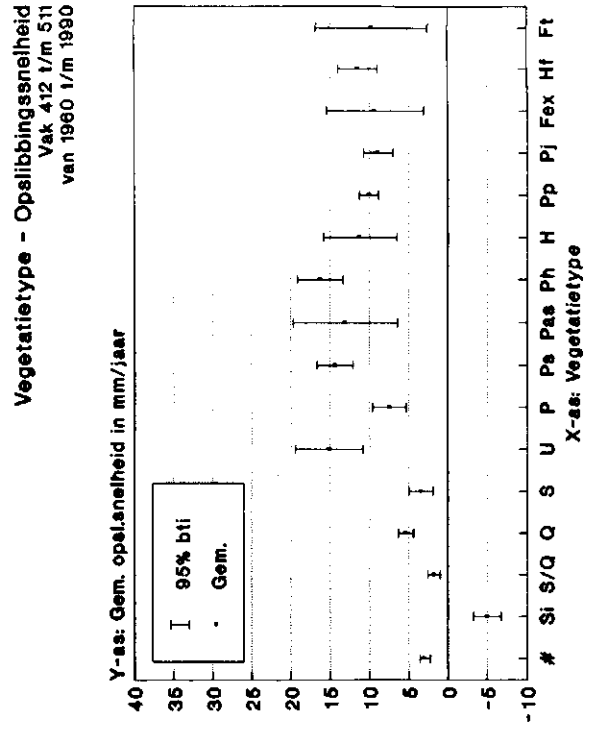
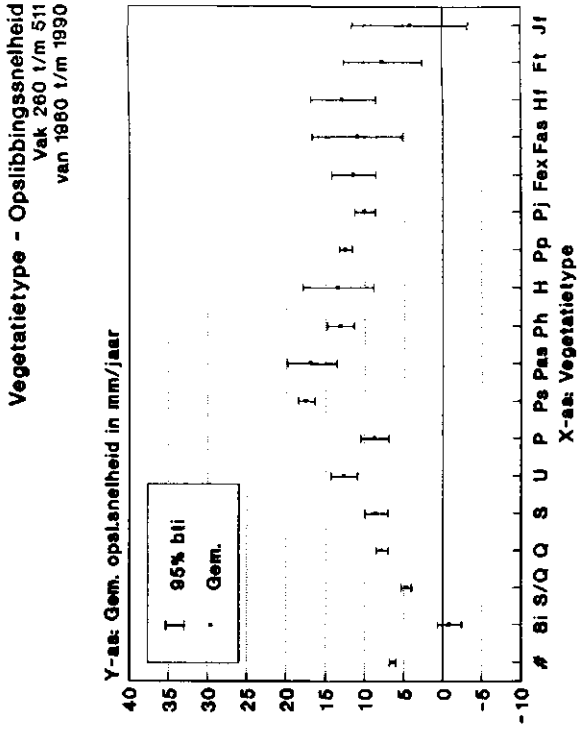
Figuur 4.4 Gemiddelde jaarlijkse opslibbing in de kwelder van de Leybucht in relatie tot de beweidingsintensiteit; uit Andresen e.a. 1990.

4.2.2 Methode

Met het programma VEGOPS is de opslibbingssnelheid per vegetatietype vastgesteld. Dat is gedaan voor de periode 1960-1990 voor Friesland en Groningen als geheel. Voor Friesland zijn geen nadere selecties gemaakt omdat slechts enkele vegetatietypen veel voorkomen en dus de spreidingen in de opslibbingssnelheid van de weinig voorkomende vegetatietypen veel te groot worden bij selecties van deelbestanden. Voor Groningen is eerst een ruimtelijke scheiding aangebracht in goede en slechte opslibbingsgebieden (260-395 resp. 412-511) en vervolgens in enkele tijdgroepen.

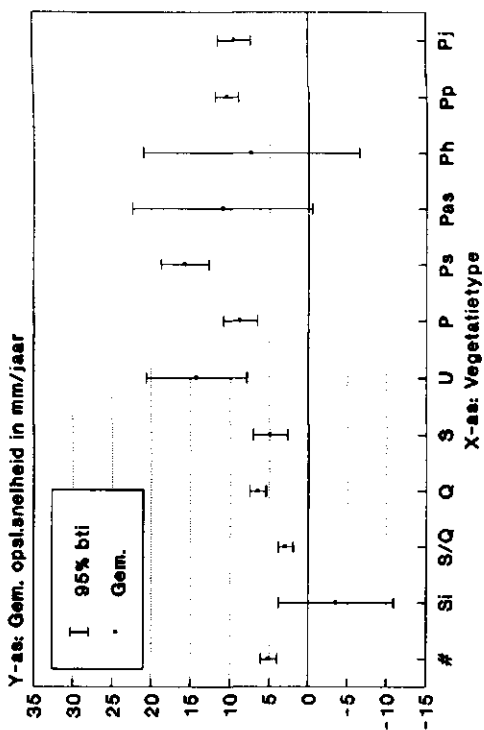
4.2.3 Resultaten

De vegetatietypen op de x-as zijn van laag naar hoog in de pionierzone en op de kwelder gerangschikt (fig. 4.5 en 4.6). Allereerst valt op dat met toenemende hoogte de opslibbingssnelheid meestal toeneemt, met een maximum in de lage kwelder (U, P-typen, F-typen). De opslibbing in de lage kwelder is vaak significant hoger dan in de pionierzone. Verder is te zien dat de vegetatietypen met weinig of geen beweiding (Ps, Pas, Bas, maar meestal niet voor Ph en H) de hoogste opslibbingssnelheid hebben, maar dit is meestal niet significant als gevolg van de grote spreiding. De selecties in de tijd hebben weinig invloed op dit algemene beeld. Bij de geografische selecties is opvallend dat de opslibbing van de pionierzone in de slechte opslibbingsgebieden (412-511) in alle

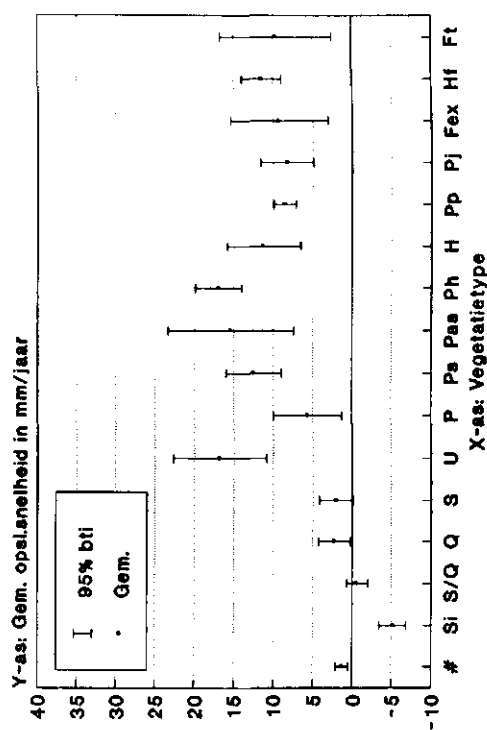


Figuur 4.5 Het verband tussen vegetatietype en opslibbingsnelheid in de Friese (5-237) en Groninger (260-511) kwelderwerken als gemiddelde over de periode 1960-1989.

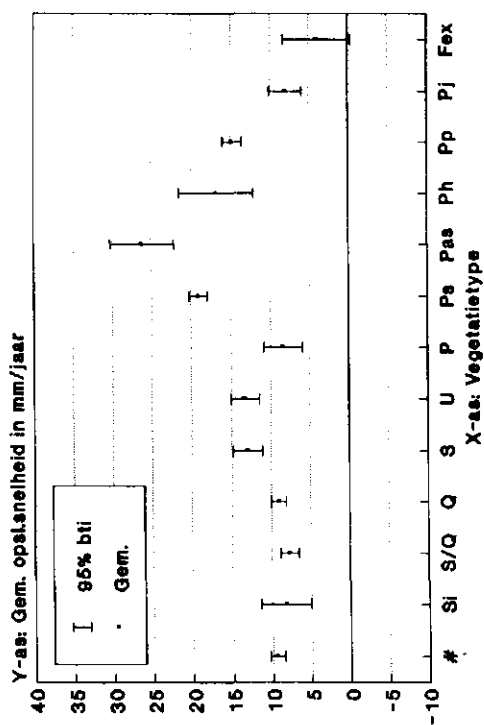
Vegetatietype - Opslibbingsnelheid
 Vak 412 t/m 511
 van 1960 t/m 1977



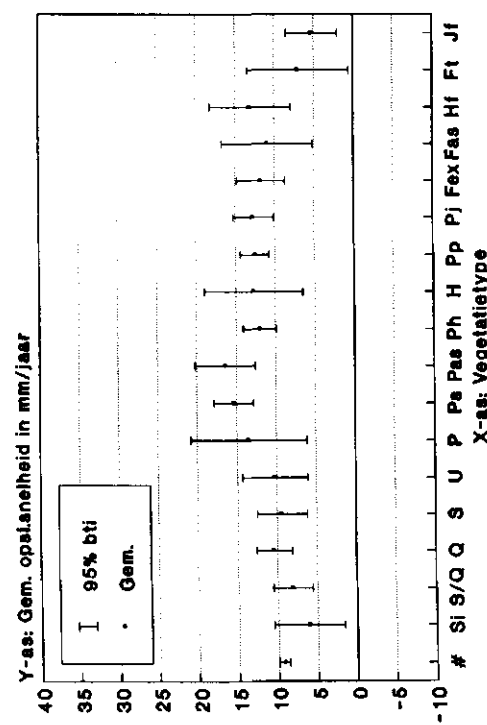
Vegetatietype - Opslibbingsnelheid
 Vak 412 t/m 511
 van 1978 t/m 1990



Vegetatietype - Opslibbingsnelheid
 Vak 260 t/m 395
 van 1960 t/m 1977



Vegetatietype - Opslibbingsnelheid
 Vak 260 t/m 395
 van 1978 t/m 1990



Figuur 4.6 Het verband tussen vegetatietype en opslibbingsnelheid in de Groninger kwelderwerken (goed opslibbingsgebied: 260-395 en slecht opslibbingsgebied: 412-511) over de perioden 1960-1977 en 1978-1989.

tijdperioden significant lager is dan in de goede opslibbingsgebieden (260-395). Voor de kwelderzone is dit verschil ook aanwezig, maar in veel mindere mate en meestal niet significant.

Over het verband tussen de opslibbing en de vegetatie wordt geconcludeerd:

1. De aanwezigheid van een dichte kweldervegetatie heeft een positief effecten op de opslibbingssnelheid. Dat moet worden toegeschreven aan een bescherming van de bodem tegen de eroderende werking van de golven, het verminderen van het watergehalte van de bodem door verdamping en het creëren van een rustige waterlaag waarin sediment beter kan bezinken.
2. Binnen de kwelderzone is de opslibbingssnelheid het grootst bij de weinig of niet-beweide vegetatietypen met zeeaster (Pas) of Engels slijkgras (Ps).
3. In de pionierzone is de opslibbingssnelheid veel lager en soms zelfs negatief (de pionierzone is een deel van de voor golfenergie gevoelige overgangszone). Michaelis (1974) die de effecten van aanplant van Engels slijkgras bij Manslagt aan de Eems bestudeerde, concludeerde dat de effecten op de aanwas in het niet vallen bij de effecten van het dammensysteem.
4. De verschillen in opslibbingssnelheid tussen de goede en de slechte opslibbingsgebieden doen zich in de kwelderzone in veel mindere mate gelden dan in de pionierzone. Daaruit valt af te leiden dat de invloeden van buiten het systeem van de kwelderwerken in de kwelderzone beter afgeschermd worden dan in de pionierzone.

4.2.4 Conclusies voor het beheer

Aangezien de kweldervegetatie voor een blijvende verhoging van de opslibbingssnelheid zorgt die in slechte opslibbingsgebieden zelfs buitengewoon groot te noemen is, hebben beheersmaatregelen die de kweldervegetatie bevorderen een indirect positief effect op de opslibbing.

Voor de pionierzone geldt deze conclusie niet. Dat betekent dat van beheersmaatregelen die de pioniervegetatie bevorderen niet veel indirecte effecten op de opslibbing mogen worden verwacht (directe effecten, zoals van rijzendammen buiten beschouwing gelaten).

Een blijvende beschadiging van de kweldervegetatie door te veel grondwerk of door een te intensieve beweiding (of een beweiding met paarden; Bouwsema e.a. 1987, 1988) zullen dus een negatief effect op de opslibbing kunnen hebben. Het blijkt dat de opslibbingssnelheid het grootst is bij de weinig of niet-beweide vegetatietypen. Dit dient consequenties te hebben voor de beweiding van de kwelderwerken, met name indien de opslibbingscondities ongunstig zijn zoals langs de Noordpolder.

4.3 Effecten van begreppeling op de ondergrens van de kwelder

4.3.1 Beginstadia van kweldervorming

In het hoofdstuk over de zonering van kwelders (3.3) is al aangegeven dat kwelderplanten een uitermate belangrijke rol spelen in de beginstadia van kweldervorming. Rond het niveau van GHW (fig. 3.5) bereikt het meerjarige kweldergras voldoende bedekking om (1) de opslibbing op te voeren

tot de hoogste waarden in de gehele kwelderontwikkeling (Wohlenberg 1933; Jakobsen 1954; Bouwsema e.a. 1986; Dijkema e.a. 1988; Andresen e.a. 1990), om (2) de ontwikkeling van een natuurlijk krekensysteem in gang te zetten en om (3) erosie van de gevormde jonge kwelder tegen te gaan (Wohlenberg 1953; Kamps 1962; von Weihe 1979). Het ontstaan van het krekensysteem (betere ontwatering) is een belangrijke stimulans voor de groei van de meeste kwelderplanten en bevordert de successie naar de opvolgende vegetatietypen in de kwelderontwikkeling. Kwelderplanten spelen dus een essentiële rol in de kweldervorming. Tijdens de beginstadia zijn bodemaeratie en bodemstabiliteit de sleutelfactoren voor de kwelderplanten terwijl met het toenemen van de hoogte de bodemsaliniteit en concurrentie tussen de planten belangrijker worden (Brereton 1971; Vince & Snow 1984; Snow & Vince 1984; Van Diggelen 1988).

Uit het werk van Armstrong e.a. (1985) kunnen drie zones in de bodemdoorluchting afgeleid worden (fig. 3.5):

1. Overwegend gereduceerde bodem, geoxideerde omstandigheden komen alleen gedurende doortijd aan de oppervlakte voor (≤ 5 cm diep); karakteristieke omstandigheden voor de pionierzone.
2. Overwegend geoxideerde bodem, de geaereerde omstandigheden zijn maandelijks enkele dagen verlaagd gedurende springtij; karakteristieke omstandigheden voor de lage kwelderzone.
3. Bodem met de langste periode van volledige aeratie zonder fluctuaties, behalve voor de allerhoogste tijden; karakteristieke omstandigheden voor de midden kwelderzone.

De beschrijving van deze zones stemt overeen met de ervaring uit de praktijk van de kwelderwerken in Nederland, Duitsland en Denemarken dat een begreppeling de groeiomstandigheden van kwelderplanten verbetert (Wohlenberg 1953, Jakobsen 1954, Kamps 1962). Door een begreppeling in de pionierzone beneden de kweldergrasgrens kan de bodemdoorluchting kunstmatig van zone 1 naar zone 2 worden verbeterd. Op die wijze gaat kweldergras op een lager niveau groeien dan van nature het geval zou zijn zodat de kwelder zich uitbreidt. Bovendien is in de praktijk gebleken dat de bedekking met een overjarige kweldervegetatie toeneemt door de begreppeling. Tenslotte is er nog het effect dat een beter ontwaterde bodem stabiel is, waardoor zowel de vegetatieve als de generatieve vestiging van pionierplanten beter kan plaatsvinden (zie b.v. Wohlenberg 1938, Van Eerd 1985; Groenendijk 1986).

4.3.2 *Zijn de ervaringen met de effecten van begreppeling op de vegetatie te bewijzen?*

Vastelandskwelders zonder begreppeling zijn er vrijwel niet, zodat er weinig vergelijkingsmateriaal is. Een proef waarbij de begreppeling wordt stopgezet zal naar alle waarschijnlijkheid tientallen jaren moeten duren omdat de bestaande greppels zeer lang een effect blijven houden (Bouwsema e.a. 1989). De onbewerkte delen van de meetvakken 356 en 372 geven wel enige aanwijzingen in de vorm van het lang achterblijven van de kwelderontwikkeling en een hogere bedekking met Engels slijkgras. Maar door de beschermende werking van de zeewaarts liggende kwelderwerken is hier eerder sprake

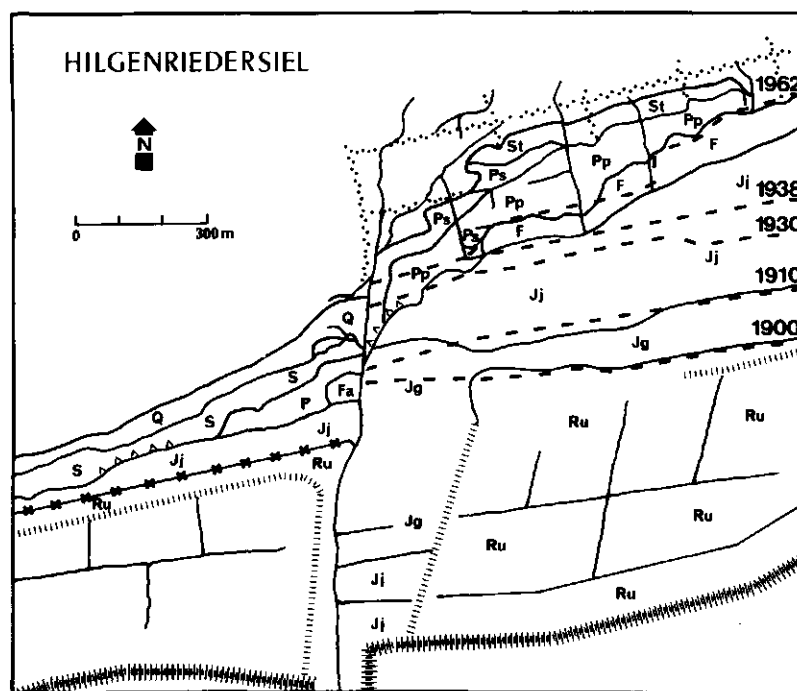
van dijkputten die opgevuld raken met sediment dan van een natuurlijke kwelder. Verder zijn er enige voorbeelden van oudere boerenkwelders waar de begreppeling al langere tijd niet meer onderhouden wordt. Dat leidt langs de Noordpolder en in de Dollard tot het verdwijnen van de overjarige vegetatie op soms aanzienlijke oppervlakten. In de Dollard is dat gedocumenteerd met luchtfoto's en vegetatiekaarten van de RWS-Meetskundige Dienst, waaruit blijkt dat de onbegroeide plekken afmetingen tot ca. 100 x 200 m hebben aangenomen.

Ook zijn er voorbeelden waarbij een begreppeling leidt tot een betere vegetatieontwikkeling. Van het gebied met snelle opslibbing langs Het Bildt is bekend dat de begroeiing zich pas is gaan uitbreiden nadat de eerste begreppeling had plaatsgevonden (vgl. figuur 3.1 en 4.1 in Dijkema e.a. 1988). Van de Oostpolder ter plaatse van de huidige Eemshaven zijn twee voorbeelden bekend (Bouwsema, pers. med.). Er lag daar een Engels slijkgrasbegroeiing met vrijwel 100% bedekking op een niveau van iets boven GHW. Na een lichte begreppeling met de schop door de oevereigenaar verscheen spoedig een kweldergrasbegroeiing. Verder lag daar een gebied met drie meter brede dichtgeslibde greppels die weinig in hoogte verschilden met de akkers. De akkers hadden een kweldergrasbegroeiing, de oude greppels waren nat en onbegroeid. In de oude brede greppels werd vroeg in het seizoen met het allereerste freeswerk geëxperimenteerd. De oude greppel buiten de veel kleinere freesgreppel raakte zo snel met kweldergras begroeid dat men van een 'kweldergrasmachine' sprak. Verder is er nog het voorbeeld van de Rottumerplaat (Bouwsema, pers. med.). De natuurlijke kwelder bezuiden de stuifdijk kwam daar pas tot ontwikkeling nadat er kreekvorming begon op te treden in oude tractorensporen. Van Skallingen is beschreven dat de kweldervegetatie gelijke tred hield met de ontwikkeling van krekken (Jakobsen 1953) nadat er al zeekraal aanwezig was. In niet begreppelde bezinkvelden ten zuiden van Cuxhaven gebeurde hetzelfde, eerst de vestiging van een zeekraalbegroeiing en daarna kweldergras langs natuurlijk gevormde krekken (Grotjahn e.a. 1983).

De meest overtuigende voorbeelden worden besproken in een gedetailleerde beschrijving van de effecten van landaanwinningsmethoden in het zuiden van de Deense Waddenzee over de periode 1954-1972 (Jespersen & Rasmussen 1989). Er werden daar bezinkvelden toegepast waarin een begreppeling volgens de boerenmethode, d.w.z. een begreppeling net onder GHW in een zone met zeekraal en/of *Spartina*. Op verschillende plaatsen bleek dat kweldergras het terrein zeer snel begroeide nadat voor de eerste maal was begreppeld. Vervolgens nam de opslibbing in alle gevallen sterk toe. De vele voorbeelden zijn gedocumenteerd met hoogtekaarten, hoogteprofielen en vegetatiekaarten. Opvallend in dit artikel was verder dat de Denen de bezinkveldgrootte aanpasten aan de opslibbingsomstandigheden: hoe slechter, hoe kleiner het bezinkveld.

4.3.3 *Schatting van de uitbreiding van het kwelderareaal na begreppeling*

Er is één voorbeeld, waar een begreppelde en een natuurlijke vastelandskwelder naast elkaar liggen, terwijl van het natuurlijke deel gegevens over de ondergrenzen van de vegetatie beschikbaar zijn. Dat is de vastelandskwelder bij Hilgenriedersiel (Ostfriesland), in beheer bij het Bauamt für Küstenschutz



Figuur 4.7 Vastelandskwelders bij Hilgenriedersiel, Duitsland. Oostelijk deel: kunstmatige kwelder met een terras ter hoogte van de zomerkade; er wordt geen onderhoud meer gepleegd aan de greppels en de rijzendammen waardoor horizontale erosie plaatsvindt van 6 m per jaar. Westelijk deel: natuurlijke kwelderontwikkeling. -- = buitengrens van de kwelder in de aangegeven jaren (volgens het Bauamt für Küstenschutz, Norden). Uit Dijkema 1983.

te Norden. Figuur 4.7 geeft een overzicht van de vegetatie in 1977. Duidelijk is te zien dat de kunstmatige kwelder ca. 400 m meer vooruitgeschoven ligt dan de natuurlijke kwelder. Dat is het gevolg van de rijzendammen en de begreppeling gezamenlijk. In de natuurlijke kwelder is door Heykena (1970) in 1968 en 1969 een vegetatiekundig onderzoek uitgevoerd waarbij ook de ondergrenzen van de vegetatiezones zijn ingemeten. Helaas is geen vergelijking gemaakt met de kunstmatige kwelders. Vergelijking van de kaart van Dijkema uit 1977 met gemeten profielen van het Bauamt für Küstenschutz en hoogtekaarten van de Forschungsstelle Norderney kan ook geen oplossing bieden aangezien op dat moment de rijzendammen niet meer werden onderhouden en de ondergrens van de kwelder uit een klif bestond.

Tabel 4.5 geeft de ondergrenzen van de vegetatiezones van de natuurlijke kwelder. Heykena (1970) geeft de hoogtes in NN, dat is vrijwel NAP. Voor een vergelijking met Nederlandse ondergrenzen in landaanwinningskwelders is de trendwaarde van GHW gebruikt. Die is berekend door een plaatselijk gemeten GHW (periode 1965-1968) te corrigeren voor de afwijking t.o.v. de trendwaarde ($122 - 4 = 118$ cm) en tevens door tabel 2.4 in Dijkema e.a. (1988) uit te breiden naar Hilgenriedersiel (GHW 1975 - 1979 volgens Siefert en Larssen, 1985 is ruim +122 cm, dat is +118 cm in 1969). Ter vergelijking zijn in tabel 4.5 toegevoegd de ondergrenzen van de vegetatiezones van twee nabijgelegen kunstmatige kwelders: de Leybucht in Ostfriesland en de Noordpolder-Lauwerpolder aan de

Tabel 4.5 Ondergrenzen van de vegetatiezones t.o.v. GHWT in een natuurlijke kwelder (Hilgenriedersiel 1968 + 1969, gegevens Heykena 1970, getijamplitude 252 cm), vergeleken met die van twee kunstmatige kwelders (Leybucht 1975, gegevens Scherfose 1989, getijamplitude 263 cm; Noordpolder en Lauerpolder 412-511, 1960-1977, gegevens hoofdstuk 4.4 van dit rapport, getijamplitude 248 cm).

	Natuurlijk	Landaanwinning	
	Hilgenriedersiel	Leybucht	Noordpolder/ Lauerpolder
Pioniervegetatie bedekking > 5%	-18	-55	-38
Initiale kwelder kweldergras > 5%	-12	-15	-16
Lage kwelder	+12	-15	- 7

Nederlandse kant van de Eems.

Uit de vergelijking blijkt dat zowel de ondergrenzen van de pionierzone als van de kwelderzone in de kwelderwerken ca. 20 cm lager zijn gelegen dan in de natuurlijke kwelder te Hilgenriedersiel. Voor het beginstadium van de kweldergrasbegroeiing is het verschil tussen de drie vastelandskwelders gering, waarvoor geen verklaring kan worden gegeven. Op grond van deze vergelijking, die voor de natuurlijke vastelandskwelders dus op slechts één gegevensset is gebaseerd, zou begreppeling de ondergrens van de kwelder met 20 cm hebben verlaagd. Bij een gemiddelde terreinhelling van 10 cm op 100 m betekent dat een uitbreiding van het kwelderareaal met 200 m zeewaarts. Dat houdt in dat de begreppeling globaal een even groot aandeel aan de uitbreiding van de kwelder heeft gehad als de aanleg van bezinkvelden (10-20 cm extra opslibbing; Dijkema e.a. 1988). Samen verklaren ze met 300-400 m de tot 1975 gevormde kunstmatige kwelders waarvan recent echter weer een deel verloren is gegaan (vgl. tabel 3.1 en 3.2 in Dijkema e.a. 1988). Uit praktijkervaring (hoofdstuk 4.3.2.) is gebleken dat stopzetting van de begreppeling in de kwelderzone aanleiding kan zijn voor een achteruitgang van de meerjarige kweldervegetatie en voor erosieverschijnselen. Of daarmee alle kwelderaanwas weer verloren gaat is onbekend; de strijklengtes binnen het dammensysteem zullen daarbij ook een grote rol spelen.

Omdat de milieuomstandigheden voor de huidige vastelandskwelders in de Waddenzee m.b.v. rijzendammen en begreppeling zijn gecreëerd en deze kwelders een natuurlijk gevestigde vegetatie hebben, kunnen we spreken van een half-natuurlijk landschap. Het is onjuist om de vastelandskwelders in de Waddenzee te beschouwen als natuurlijke kwelders waar een bestaand krekensysteem is vervangen door greppels. Uit de praktijk van het natuurtechnisch beheer is gebleken dat half-natuurlijke gebieden het beste in stand worden gehouden door een beheer dat aansluit bij de traditionele beheersmethoden waardoor deze zijn ontstaan (Van Leeuwen 1966). Dat wil niet zeggen dat de huidige begreppelingsmethoden altijd het meest effectief zijn; doel van de voorliggende studie

is het ontwikkelen van methoden die beter aansluiten bij de natuurlijke processen. Terugkeer naar een volledig natuurlijke ontwikkeling, onder voorwaarde dat het huidige kwelderareaal behouden moet blijven, is alleen mogelijk in het denkbeeldige geval dat de huidige deltadijken verder landinwaarts worden gelegd (Dijkema 1987, 1991; Dankers e.a. 1990).

4.3.4 Conclusies voor het beheer

Ontwatering d.m.v. begreppeling zorgt voor een stabiele en beter doorluchte bodem waardoor zowel de generatieve als de vegetatieve vestiging van planten eerder en met een grotere bedekking kan plaatsvinden. Aangezien de vegetatie in de kwelderzone voor een blijvende en buitengewoon grote verhoging van de opslibbingssnelheid zorgt, heeft greppelonderhoud in deze zone een indirect positief effect op de opslibbing via het directe positieve effect op de vegetatie. Deze conclusie leidt tot de beheersaanbeveling het greppelonderhoud in de kwelderzone voort te zetten met als uitsluitend doel het instandhouden van de ontwatering bij een minimale beschadiging van de vegetatie. Dit is in overeenstemming met de aanbeveling van de tweede trilaterale conferentie over kwelderbeheer (Ovesen 1990) om de begreppeling zoveel mogelijk op een ondersteuning van de natuurlijke processen te baseren en minder op een vervanging van deze processen door de techniek.

Begreppeling zorgt ook voor een uitbreiding van de pioniervegetatie (tabel 4.5). Aangezien een pioniervegetatie geen duidelijk positief effect heeft op de opslibbing is het weinig zinvol de pionierzone door begreppeling kunstmatig uit te breiden. De begreppeling in de pionierzone kan daarom beperkt worden tot het gedeelte dat aansluit aan de kwelder. Dit is het gebied waar door begreppeling kweldergras de kans krijgt zich verder uit te breiden.

De meest gewenste plaats van de bewerkingsgrens, de inhoud van de greppels en de methode en frequentie van het greppelonderhoud zal empirisch bepaald worden aan de hand van een analyse van de ondergrenzen van de vegetatiezones (hoofdstuk 4.4), de resultaten van de proefvakken (hoofdstuk 4.6) en praktijkervaring van de Dienstkring Delfzijl.

4.4 Veranderingen in de ondergrenzen van de vegetatiezones

4.4.1 Inleiding

In het voorgaande hoofdstuk is aangetoond dat een greppelsysteem via ontwatering van invloed is op de ligging van de ondergrenzen van de pionierzone en de lage kwelderzone. Indien een systeem van rijzendammen goed functioneert mag daarvan ook een effect op deze ondergrenzen worden verwacht, in dit geval via een vermindering van de golfenergie. De ligging van de ondergrenzen van de vegetatiezones bepalen op hun beurt het ruimtelijk beeld van een kwelder (hoofdstuk 3.3. en fig. 3.5).

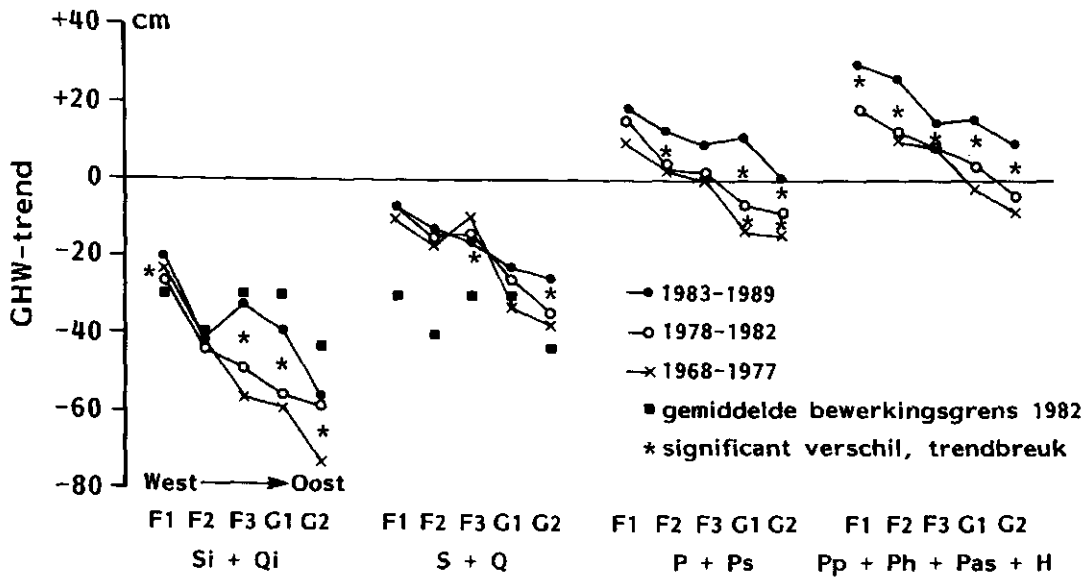
4.4.2 Methode

De hypothese is dat de ondergrenzen van de vegetatiezones een maat voor de effecten van de beheersmethoden zijn. Hoe lager de ondergrenzen zijn gelegen hoe meer begroeiide oppervlakte er is. Met het computerprogramma GRENS is per vegetatiezone en per tijdvak de ondergrens van de vegetatiezones berekend en grafisch weergegeven. Het programma selecteert de hoogtecijfers t.o.v. de GHW-trendlijn van alle laagstgelegen subvakjes binnen de gekozen selectiecriteria. Daarvan berekent het programma het gemiddelde en het 95% betrouwbaarheidsinterval. Een ondergrens a is significant verschillend van ondergrens b wanneer deze buiten het 95% bti van b valt. Met dit programma zijn de ondergrenzen voor vier vegetatiezones, vier tijdvakken en vijf deelgebieden berekend. De vegetatiezones zijn de pre-pionierzone ($\leq 5\%$ totale bedekking), de pionierzone ($> 5\%$ totale bedekking), de initiale kwelder (kweldergras $> 5\%$ bedekking) en de kwelder (vegetatieclassificatie volgens Dijkema & Bossinade 1990). Geografisch zijn de kwelderwerken in de goede en slechte opslibbingsgebieden van hooiustuk 3.2 ingedeeld. De tijdperioden zijn dezelfde als in de studie naar de effecten van rijzendammen.

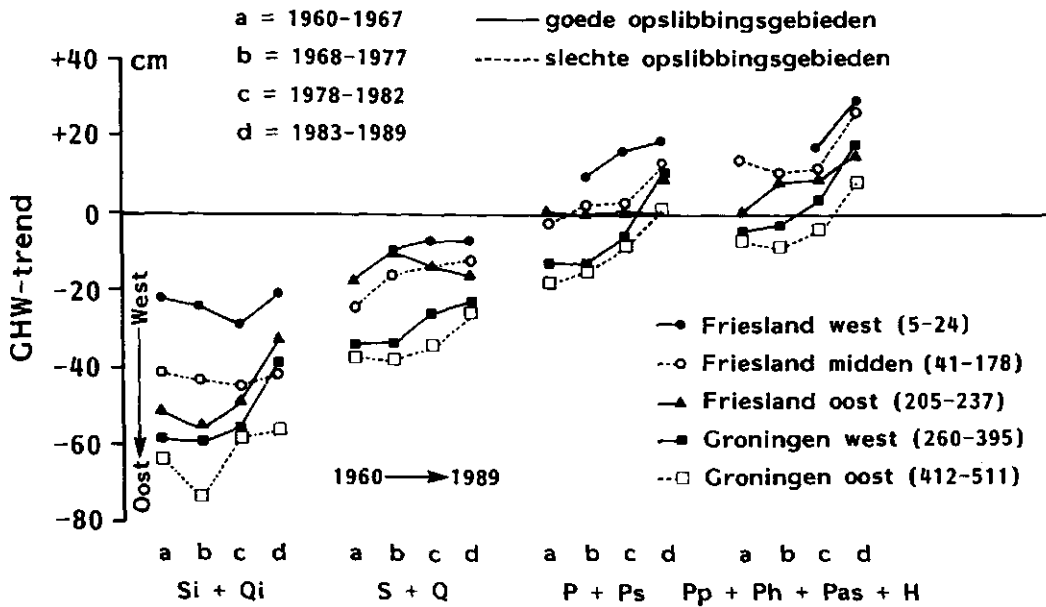
4.4.3 Resultaten

De resultaten worden gegeven in bijlage 3. Voor een beter overzicht zijn alle afzonderlijke resultaten in twee figuren (4.8 en 4.9) samengevat. Resultaten en mogelijke verklaring:

1. De ondergrenzen van alle vegetatiezones gaan van west naar oost langs de kust aanzienlijk naar beneden. Bouwsema (1986, 1988) wees hier al eerder op. Een duidelijke verklaring is hier niet voor gevonden. Het feit dat in het 'beste' opslibbingsgebied (Het Bildt) de ondergrenzen van de vegetatiezones het hoogst en in het 'slechtste' opslibbingsgebied (Groningen oost) het laagst zijn gelegen, maakt een relatie met de effecten van beheersmaatregelen onwaarschijnlijk. Er moet eerder aan geografische verschillen van west naar oost worden gedacht, zoals: een afnemende opslibbingssnelheid, afnemend slib- en watergehalte, een toenemende getijamplitude en als gevolg van al deze verschillen misschien een toenemende aeratie.
2. In de loop van de eerste drie tijdvakken gaan veel ondergrenzen geleidelijk maar niet significant omhoog (fig. 4.9). Dit zou te wijten kunnen zijn aan een toenemende golfenergie in de bezinkvelden door een verdubbeling van de overstromingsfrequentie over de rijzendammen (Dijkema e.a. 1988, fig. 2.6), het verdwijnen van de eerste dwarsdam, de verslechterde onderhoudstoestand van de dammen en het instellen van de bewerkingsgrens. Aangezien al deze factoren met het beheer hebben te maken, zou dit als een bevestiging van de hypothese opgevat kunnen worden.
3. Tussen de perioden 1978-1982 en 1983-1989 is er een trendbreuk en gaan de meeste ondergrenzen significant omhoog. Deze trendbreuk treedt niet op in de de pre-pionierzone langs het grootste gedeelte van de Friese kust (west van de veerdam). De verklaring hiervoor is dat de huidige bewerkingsgrens hier beneden de pre-pionierzone is gelegen, maar in Friesland oost van de veerdam en in Groningen meestal midden door de pre-pionierzone ligt. In de pionierzone zijn er in Friesland



Figuur 4.8 Gemiddelde ondergrens van de vegetatiezones voor alle laagstgelegen subvakken per tijdgroep, gerangschikt van west naar oost. F1 = 5-24, F2 = 41-178, F3 = 205-237, G1 = 260-395, G2 = 412-511. Si + Qi = pre-pionierzone, S+Q = pionierzone, P+Ps = initiale kwelder, Pp + Ph + Pas + H = kwelder.



Figuur 4.9 Gemiddelde ondergrens van de vegetatiezones, gerangschikt per tijdgroep.

helemaal geen significante verschillen in de tijd; in Groningen west is deze ondergrens al in de periode 1978-1982 omhoog gegaan.

4. De significante verschillen van de ondergrenzen van de beide kwelderzones zijn overal zeer groot, ca. 10-15 cm hoger t.o.v. GHWT gelegen na 1982. Samen met de 12 cm stijging van GHW en bij een geschatte helling van 10 cm op 100 m betekent dat ca. 250 m verlies aan kwelder. Dit probleem is al in de eerdere rapporten van de werkgroep gesignaleerd (Bouwsema e.a. 1986; Dijkema e.a. 1988). Kwantitatief blijkt er overeenstemming in de verschillende wijzen van benadering. Voor de initiale kwelderzone zijn de verschillen tussen de laatste beide tijdvakken niet significant in Friesland oost van de veerdam en in Het Bildt (5-24).

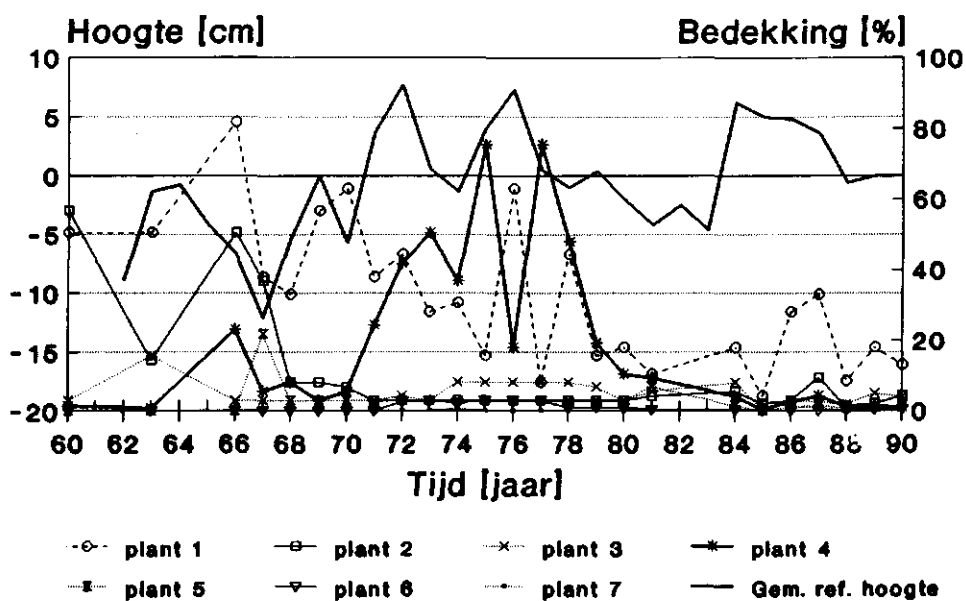
Omdat er zo'n duidelijke trendbreuk is, moet er dus een relatie zijn met een verandering in de periode 1978-1982, waarin soms al de eerste aanzet van de trendbreuk waarneembaar is. De meest aannemelijke verklaring lijkt het meer dan trendmatig stijgende GHW tussen 1976 en 1983 die met enige jaren vertraging op de vegetatie inwerken. Die stijging was 18 cm in acht jaar (fig. 3.2), terwijl in de trendberekeningen met 3 cm rekening is gehouden. Het verschil van 15 cm extra stijging komt weer overeen met de verhoging van de ondergrens van de kwelderzones zoals die in deze rapportage en die van 1986 en 1988 is gesignaleerd. Daarnaast kan de toegenomen windsnelheid (fig. 3.3) in die periode via de golfenergie een rechtstreekse negatieve invloed op de vegetatievestiging hebben gehad. Het precieze verband tussen de ondergrenzen van de vegetatiezones en de effecten van beheersmethoden is dus moeilijk aan te tonen omdat natuurlijke factoren eveneens een rol spelen.

In figuur 4.10 wordt in twee voorbeelden het effect van deze GHW-stijging op de afzonderlijke plantensoorten geïllustreerd. Met het programma SVVEGR is de bedekking van de afzonderlijke plantensoorten vastgesteld. Dat is gedaan per rijtje subvakken van west naar oost in een meetvak, voor de periode 1960-1990. In de figuren is tevens de gemiddelde hoogte van de betreffende subvakken t.o.v. het jaarlijks GHW uitgezet. D.w.z. dat de lijn 'gem. ref. hoogte' zowel de opslibbing als de jaarlijkse schommelingen van GHW weergeeft. Voor elk jaar geeft deze lijn dus aan hoe de plant werkelijk t.o.v. GHW ligt. Bij de interpretatie zijn de volgende punten van belang:

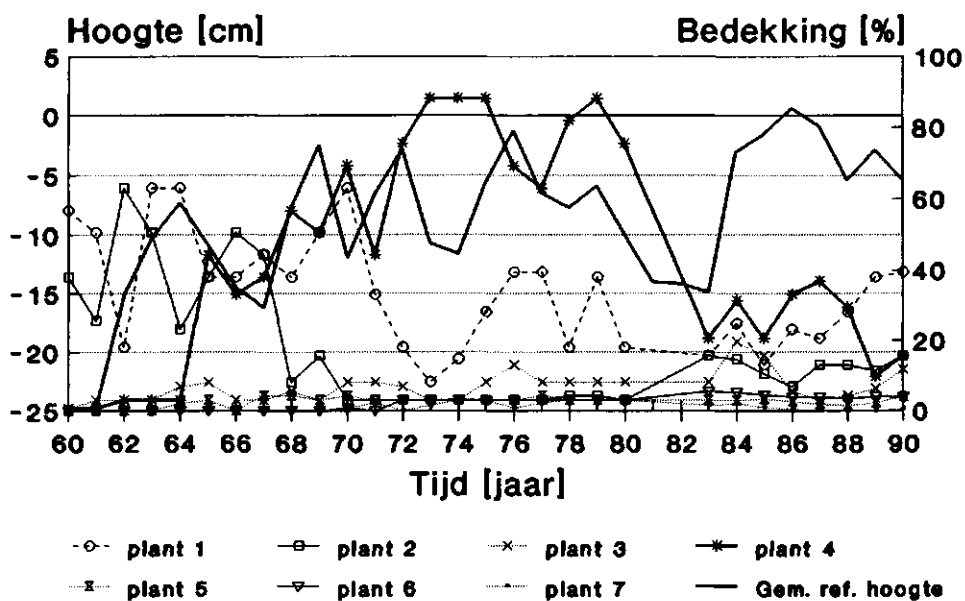
1. De algehele trend over de jaren 1960-1990 waarbij de referentiehoogte als gevolg van de opslibbing, evt. in combinatie met gunstige GHW-jaren, op een bepaald tijdstip uitkomt boven een bepaald kritisch niveau (= ondergens vegetatie!)
2. De perioden 1963-1967 en 1976-1983 waarin het GHW resp. 15 en 18 cm stijgt.
3. De perioden 1967-1977 en 1983-1990 waarin het GHW tamelijk stabiel is.

In de gepresenteerde voorbeelden blijkt dat dat de genoemde trends in de referentiehoogte met enige jaren vertraging door de bedekking met kweldergras wordt gevolgd. Aanbevolen wordt dit gegeven in een nadere studie voor alle meetvakken uit te werken en statistisch te verklaren.

Gemiddelde bedekking plantensoorten
Vak 101 t/m 104 subvak H



Gemiddelde bedekking plantensoorten
Vak 260 t/m 263 subvak F



Figuur 4.10 Hoogte van het maaiveld t.o.v. het jaarlijks gemiddeld hoogwater en de bedekking met zeekraal (1), Engels slijkgras (2), schorrekruid (3), kweldergras (4), zeeaster (5), zoutmelde (6) en spiesmelde (7).

4.4.4 Conclusies voor het beheer

De ondergrenzen van de vegetatiezones worden maar ten dele door de effecten van beheersmethoden bepaald: ten eerste is er het effect van begreppeling (hoofdstuk 4.3 en resultaat 3: ook in de pre-pionierzone is nu een positief effect aangetoond) en ten tweede het effect van het dammensysteem op de golfenergie (resultaat 2). Voor een ander deel is er een geografisch bepaalde variatie (resultaat 1). Het grootste effect lijkt een verhoging van het GHW-niveau en de windsnelheid tussen 1976 en 1983 te hebben (resultaat 4).

Voor het vaststellen van een bewerkingsgrens is het van belang te weten op welk niveau de ondergrenzen van de vegetatiezones liggen. Dat kan per deelgebied zodat de geografische variatie (van west naar oost) tot uitdrukking komt. Om de andere genoemde factoren zoveel mogelijk uit te sluiten zijn in tabel 4.6 en 4.7 de gemiddelde ondergrenzen over de gehele onderzoeksperiode 1960-1989 gegeven. Omdat deze cijfers op veel waarnemingen zijn gebaseerd omvat het 95% bti meestal slechts enkele centimeters (bijlage 3). Verder is de bewerkingsgrens voor 1982 en 1989/1990 gegeven.

Tabel 4.6 Ligging van de ondergrenzen van de vegetatiezones (1960-1989) en de bewerkingsgrens in cm t.o.v. GHW-trendlijn.

Meetvak	Pre-pionier	5% Pionier	5% Kweldergras	Kwelder	Bewerkingsgrens	
					1982	1989/1990
5- 24	-23	- 8	+18	+26	-30	-25
41-178	-42	-16	+ 6	+16	-40	-40
205-237	-49	-13	+ 4	+12	-30	-60
260-395	-51	-30	- 6	+ 4	-30	-35
412-511	-59	-35	-11	- 4	-40	-45

Tabel 4.7 Ligging van de ondergrenzen van de vegetatiezones (1960-1989) en de bewerkingsgrens in cm boven NAP.

Meetvak	Pre-pionier	5% Pionier	5% Kweldergras	Kwelder	Bewerkingsgrens	
					1982	1989/1990
5- 24	82	97	123	131	75	85
41-178	64	90	112	122	65	70
2205-237	57	93	110	118	75	65
260-395	59	80	104	114	80	80
412-511	56	80	104	111	75	70

5 BEHEERSAANBEVELINGEN

5.1 Inleiding

In het Beheersplan Buitendijkse Gronden is aangegeven dat grondwerk zich dient te beperken tot de begroeide delen van de slikvelden en de jonge kwelder en dat het gewenst is het greppelonderhoud in de begroeide delen zoveel mogelijk met freesmachines uit te voeren. Op grond daarvan zijn voor het huidige onderzoek de volgende vragen geformuleerd:

1. In welke mate draagt grondwerk bij tot een positieve ontwikkeling van het kwelderareaal?
2. Tot welk gebied dient grondwerk zich te beperken?
3. Welke begreppelingsmethode is het meest effectief en sluit goed aan bij de natuurlijke processen?

Daarbij dient volgens de aanbevelingen van de tweede trilaterale conferentie over het kwelderbeheer (Ovesen 1990) de prioriteit te liggen bij het ontwikkelen van beheerstechnieken die beter zijn afgestemd op de natuurlijke processen van kweldervorming. Deze technieken worden bijvoorbeeld gevonden bij de vroegere boerenmethode van landaanwinning. Het bevorderen van meer natuurlijke patronen kan hier naar het oordeel van de werkgroep alleen maar een afgeleide van zijn voorzover dat in een bestaande kunstmatige kwelder al mogelijk is (zie bv. hoofdstuk 4.3 en 4.4). De proef met een dubbele greppelafstand heeft bovendien aangetoond dat een bestaand greppelpatroon in een kwelder zeer lang stand houdt (Bouwsema e.a. 1989).

Bij de aanvang van dit project is uitdrukkelijk gesteld dat de werkgroep zich moet richten op het vinden van de meest adequate beheerstechnieken en dat financiële overwegingen daar in eerste instantie niet bij betrokken worden. Dat houdt in dat in dit hoofdstuk die machines worden aanbevolen die het beste voor een bepaald terreintype geschikt zijn. Overigens betekent een afstemming van het onderhoud op de natuurlijke processen van kweldervorming dat getracht is de gewenste resultaten met zo min mogelijk ingrijpen te verwezenlijken, dus tevens zo goedkoop mogelijk.

De beantwoording van de vragen 1 en 2 is voor de begreppeling goed mogelijk gebleken op grond van de analyses van het gegevensbestand van de Dienstkring Delfzijl. Voor de beantwoording van vraag 3 zijn in 1982, 1987 en 1990 uitgebreide veldexperimenten opgezet. Het is gebleken dat veranderingen in de kwelderwerken langzaam gaan en behalve door het beheer ook door natuurlijke factoren van buitenaf worden bepaald. Het vinden van concrete beheersadviezen is daarom een zaak van uitproberen in de proefvakken en meetvakken en vele terreinbezoeken en discussies met de medewerkers van de Dienstkring Delfzijl geworden (vastgelegd in de jaarverslagen en de notulen van de werkgroep van 1983-1990), waar nodig en mogelijk onderbouwd door wetenschappelijk gefundeerde conclusies uit de voorliggende studie. Verdere wetenschappelijke onderbouwing zal in de komende vier jaar plaatsvinden door een processtudie naar de sediment-dynamische aspecten in de overgangszone (hoofdstuk 6.3). Met de resultaten van dit onderzoek kunnen naar verwachting de

beheersmaatregelen in de overgangszone nog beter worden afgestemd op een optimaal gebruikmaken van de natuurlijke processen van sedimentatie en plantenvestiging.

Overigens zijn ook alle veldexperimenten nog niet beëindigd. In de overgangszone zullen de aanvullende freesproef en de jongste proeven met 'niets doen' nog een aantal jaren doorlopen. In de kwelder zal het nog veel langer duren voordat de proeven met dubbele greppelafstand duidelijke resultaten opleveren. Tenslotte kunnen de bouw van tussendammen en het opgeven van de achterste dwarsdam als experimenten worden opgevat die zeker geëvalueerd dienen te worden.

5.2 Samenhang van de verschillende beheerstechnieken

Uit deze studie blijkt dat er geen direct verband tussen greppelonderhoud en opslibbing kan worden aangetoond. Er is echter wel een indirect effect gebleken dat bestaat uit het positieve effect van het greppelonderhoud op de vegetatie van de kwelderzone; van alle gemeten factoren die van invloed zouden kunnen zijn op de opslibbing blijkt de kweldervegetatie de belangrijkste te zijn. Op grond van deze bevindingen is al een aantal nieuwe ontwikkelingen in de praktijk gebracht: kleinere greppels in freeswerk in de kwelderzone en nog minder greppelonderhoud in de vrijwel onbegroeide overgangszone. Er is een duidelijke samenhang tussen de beweiding en de positieve werking van de kweldervegetatie voor de opslibbing: een te intensieve beweiding schaadt de functie van de vegetatie in het opslibbingsproces. Bovendien blijkt dan meer greppelonderhoud nodig te zijn.

De andere belangrijke factor voor de opslibbing is het dammensysteem. Een goed en regelmatig onderhoud van de rijzendammen is de ruggegraat van de kwelderwerken. In een eerdere studie van de werkgroep (Dijkema e.a. 1988; hoofdstuk 4.1) is gebleken dat er een nauwe samenhang bestaat tussen het onderhoud van de gronddammen en sloten en de effectiviteit van de bezinkvelden. Hoe kleiner de onderverdeling van de bezinkvelden hoe beter de bescherming van de achterliggende kwelders tegen erosie. De bezinkvelden zijn bij de aanleg te groot gekozen om de golfenergie in de overgangszone effectief te verminderen maar door de gronddammen en sloten ontstaat er een onderverdeling die beter functioneert. Ook in die zin bestaat er dus een samenhang tussen de verschillende beheerstechnieken in de kwelderwerken. Als één onderdeel van het beheer wordt verwaarloosd, kan een ander onderdeel niet meer aan zijn doel beantwoorden. Een verdere beperking van het onderhoud aan de gronddammen en de sloten in de overgangszone is daarom alleen mogelijk in samenhang met de geplande tussendammen. Om de effecten van de tussendammen nog te versterken zal voor de gebieden met de grootste erosieproblemen een aanvullende beheerstechniek worden voorgesteld: een bufferzone met zwaar greppelonderhoud op de buitengrens van het begreppelde terrein.

5.3 **Bewerkingsgrens en bufferzone**

5.3.1 *Uitgangspunt*

In de vrijwel onbegroeide overgangszone wordt in het huidige beheer met een rupskraan (of soms met een pontonkraan) gewerkt aan de bouw van akkers. Daarop kan zich een dichtere pioniervegetatie (Q) vestigen. In de proefvakken is gebleken dat een eventueel resultaat bij de gekozen greppelinhouden tussen 0,1 en 0,4 m³/m maar van korte duur is tenzij het greppelonderhoud elke twee jaar wordt herhaald (de grond uit twee greppels wordt bij die methode op één akker gegooid). Zelfs dan kunnen de grootschalige opslibbingsproblemen in deze zone niet worden voorkomen. Ook de proef met jaarlijks en tweejaarlijks gefreesde greppels levert in deze zone tot nu toe niet het gewenste resultaat op. Verder is met de trendanalyse aangetoond dat greppelonderhoud in de overgangszone geen direct positief effect op de opslibbing heeft (hoofdstuk 4.1) en ook geen indirect effect via de bevordering van de pioniervegetatie (hoofdstuk 4.2). Daarom wordt greppelonderhoud in de pionierzones, anders dan voor de bescherming van de kwelder, ten zeerste afgeraden.

5.3.2 *Wat moet er in de vrijwel onbegroeide zone van de middenste bezinkvelden gebeuren?*

Aanbevolen wordt om in de overgangsgebieden waar voldoende opslibbing is (ongeveer de helft van de kustlengte) te wachten met de eerste begreppeling tot vanzelf een hoogte van bijna GHW is bereikt. Er vestigt zich dan een pionierbegroeiing, waarna door frezen van greppels een kweldervegetatie kan worden bevorderd. Dit is geheel overeenkomstig de ervaringen met de boerenmethode van landaanwinning die in hoofdstuk 4.3 zijn beschreven. Daarin is aanbevolen de ondergrens van de begreppeling (=bewerkingsgrens) in de pionierzone te leggen om een overgang van de kwelder naar de pionierzone, inclusief uitbreidingsmogelijkheden van kweldergras, in stand te houden.

In slechte opslibbingsgebieden (globaal Friesland 63-187 en Groningen 402-516) kan ook een begreppeling geen extra opslibbing brengen. In hoofdstuk 4.1 is aangetoond dat dat niet werkt. De zaak op z'n beloop laten zal hier echter leiden tot klifvorming en een versterkte horizontale erosie van de bestaande kwelders. Een goed en regelmatig onderhoud van de bestaande rijzendammen en de bouw van tussendammen in de middenste bezinkvelden volgens de nieuw vastgestelde hoogtes (Dijkema e.a. 1988) moeten hier de oplossing brengen. De goede werking daarvan is bewezen. Het mag niet voorkomen dat rijzendammen door gebrek aan onderhoud langdurig leeg zijn of dat de rijzendammen niet aansluiten aan de kwelders. Dat heeft in de afgelopen jaren tot een versterkte erosie van de overgangszone geleid.

Uit een vergelijking van de proefvakken en de aanliggende meetvakken (167-179 in Friesland) blijkt dat fors greppelonderhoud met een kraan ook een 'dameffect' heeft: door de vergrootte bodemruwheid worden de dwarsstroming en de golfaanval verminderd, wat resulteert in een stabiele kwelder. Dat 'dameffect' werkt alleen bij fors grondverzet zoals het bouwen van gronddammen of een

'bufferzone' met greppels van 0,5 m³/m of groter (grond van één greppel op elke akker). Aanbevolen wordt een bufferzone van één rij subvakjes (100 m) in fors kraanwerk aan te leggen volgens zeer nauw omschreven criteria voor het toepassingsgebied en de hoogteligging. Deze keuze dient op opslibbingscijfers en hoogtecijfers te worden gebaseerd om te voorkomen dat overbodig grondverzet gaat plaatsvinden (zie volgende hoofdstukken). De bufferzone wordt bij voorkeur in een droge periode (mei/juni) aangelegd zodat het slik kan uitdrogen, en vroegtijdige schade bij slechte weersomstandigheden wordt vermeden.

Naast het 'dameffect' voor de bescherming van de kwelder tegen erosie kan de bufferzone een bijdrage leveren in de laatste fase van de kweldervorming door deze moeilijkste stap in de opslibbing kunstmatig te overbruggen. De methode sluit dus niet aan bij de natuurlijke processen van kweldervorming. Een dergelijke methode is eind jaren vijftig met succes toegepast in de eerste bezinkvelden langs het Noorderleeg (eenmalig ca. 1 m³/m). Voorbeelden van deze methode zijn ook in Schleswig-Holstein te zien. De methode wordt ondersteund door de praktijkervaring van de Dienstkring Delfzijl dat de omslag van pioniervegetatie naar kwelder, zo rond GHW, door forse begreppeling (0,5 m³/m of groter) tot stand kan komen. Naast de bescherming van een bestaande kwelder kan de bufferzone dus als neveneffect hebben dat er iets aan het verlies van het kwelderareaal sinds de instelling van de PKB in 1980 wordt gedaan.

De conclusie over het greppelonderhoud in de overgangszone is dat beter in een zeer beperkte zone fors gewerkt kan worden dan over een te grote oppervlakte net te weinig, zoals dat in de fase van de handhaving van de status quo na 1968 gebeurde. Dat komt overeen met de aanbeveling in het Beheersplan Buitendijkse Gronden dat zo weinig mogelijk in de bodem van de onbegroeide bezinkvelden moet worden 'geroerd'. De bewerkingsgrens in de overgangszone kan dus nog verder terug, maar daar staat in de slechte opslibbingsgebieden een forsere inspanning in een nauw omschreven 'bufferzone' tegenover. Deze maatregelen hebben meer kans van slagen indien in de slechte opslibbingsgebieden de geplande tussendammen worden aangelegd.

Uiteraard dienen in het bewerkte gebied ook de hoofdleidingen, dwarssloten en smaksloten te worden onderhouden (hoofdstuk 5.4). Buiten de bewerkingsgrens blijkt in de buitenste bezinkvelden momenteel alleen nog maar grondwerk aan de hoofdleiding noodzakelijk te zijn. In Schleswig-Holstein wordt direct buiten de kwelder vrijwel nergens meer gegraven, maar daar zijn de bezinkvelden veel kleiner (strijklengtes meestal minder dan 200 m). Aanbevolen wordt onder voorwaarde van uitvoering van de hiervoor genoemde beheerstechnieken (in de slechte opslibbingsgebieden tussendammen en een bufferzone) het grondwerk in de vrijwel onbegroeide overgangszone buiten de bewerkingsgrens te stoppen tenzij:

1. onderhoud aan de hoofdleiding noodzakelijk is;
2. nieuwe rijzendammen aangegooid moeten worden (met name de te bouwen tussendammen);
3. bestaande gronddammen onderhouden moeten worden (met name de lengtegronddammen in de

goede opslibbingsgebieden; vanuit de uitgangspunten van het Beheersplan Buitendijkse Gronden bestaat een voorkeur voor dammen in rijshout boven gronddammen).

5.3.3 Ligging bewerkingsgrens en toepassingsgebied bufferzone

Figuur 5.1 geeft het toekomstmodel voor het grondwerk in de kwelderwerken. Voor de meetvakken is nagegaan wat dit model voor de praktische uitvoering van het onderhoud betekent. Daarvoor zijn met het programma SVOPS de figuren 5.2 a-h getekend. De figuren geven voor de periode 1982-1990 de gemiddelde hoogteligging per subvak (gem. h. ghwt) en de opslibbingsnelheid (gem. opsl. snelh.).

Verder is de volgende informatie weergegeven:

- huidige bewerkingsgrens;
- nog aanwezige dwarsdammen (rijzendam) in de overgangszone;
- voor de periode 1980-1989 het buitenste subvak met kweldervegetatie (meer dan 5% kweldergras) en pioniervegetatie (meer dan 5% zeekraal of Spartina).

Vervolgens is de plaats van een mogelijke nieuwe bewerkingsgrens en een eventuele bufferzone volgens de ideeën van het voorgaande hoofdstuk voor de meetvakken bepaald. In het algemeen dient beneden de theoretische 5%-pioniergrens geen grondwerk te worden uitgevoerd en is een bufferzone noodzakelijk in delen van de slechte opslibbingsgebieden waar de N-Z strijklengte voor de kwelder breder is (geworden) dan 200 m door het verdwijnen van een dwarsdam en/of door kweldererosie.

Daarbij zijn de volgende criteria gehanteerd:

1. Bewerkingsgrens in uitsluitend freeswerk is voldoende (dus zonder bufferzone) indien:

- opslibbing in de overgangszone plaatsvindt, of
- het betreffende subvak aansluit aan de dwarsdam.

2. Plaats van de bewerkingsgrens in freeswerk:

- akkers en greppels moeten geschikt zijn voor freeswerk (terreinkennis, luchtfoto's); en
- beneden de theoretische 5% zeekraal- of Spartina-grens niet greppelen (de theoretische ondergrens van de periode 1960-1989 staat in tabel 4.6 en 4.7.

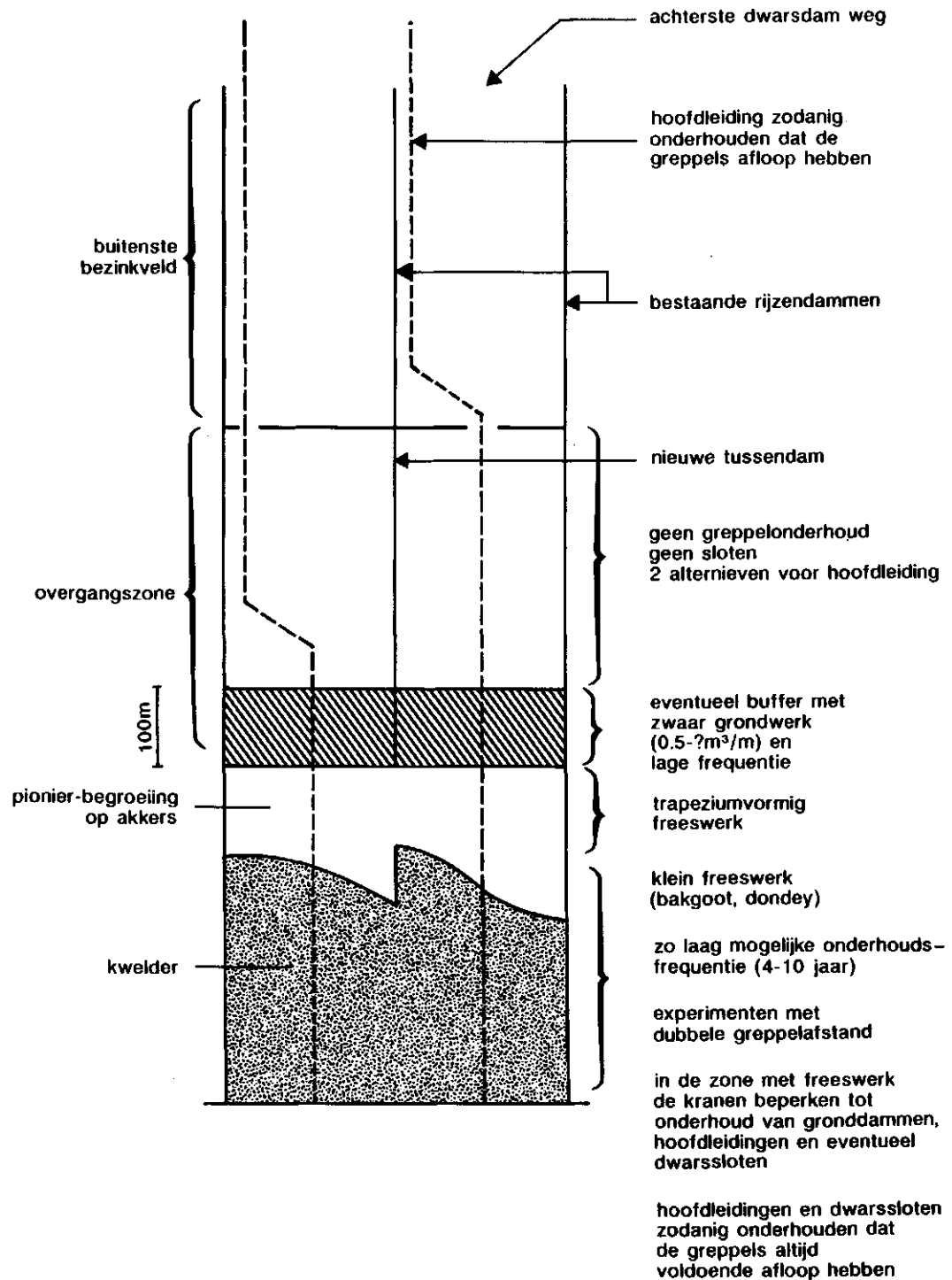
3. Noodzaak bufferzone van 100 m in zwaar kraanwerk indien:

- verticale erosie in de overgangszone plaatsvindt, of
- horizontale erosie van de begroeide akkers.

4. Plaats van de bufferzone:

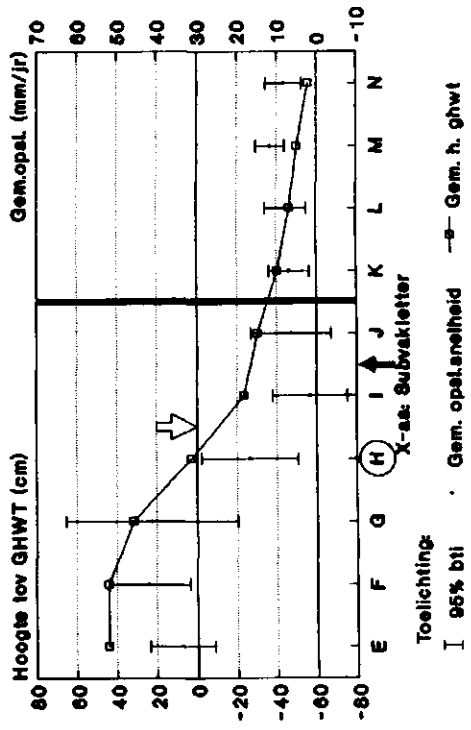
- in het algemeen niet lager in de overgangszone dan GHW -0,25 tot -0,35 m (= NAP +0,80 m), en
- direct aansluitend op de bewerkingsgrens in freeswerk.

In tabel 5.1 en 5.2 is een vergelijking gemaakt tussen de ligging van de bewerkingsgrens t.o.v. de GHW-trendlijn in 1982 en 1989-1990, volgens deze criteria en in de proefvakken met 'niets doen' in



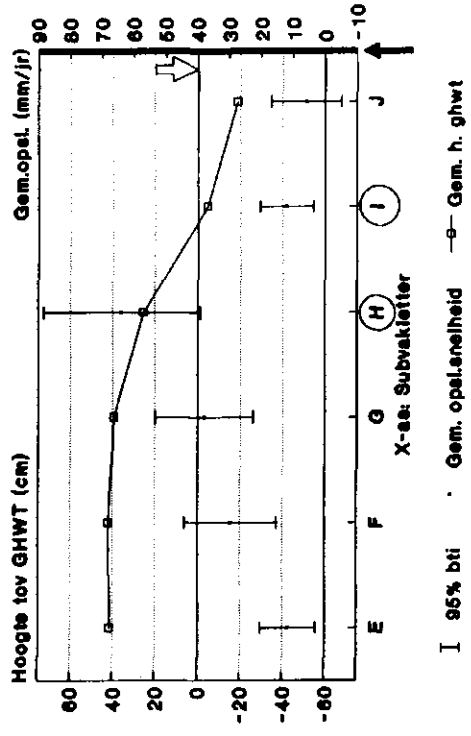
Figuur 5.1 Toekomstmodel voor het grondwerk in de kwelderwerken.

Hoogte tov GHWT - Opelbingsaneilheid
 Vak 5 t/m 8
 van 1982 t/m 1990



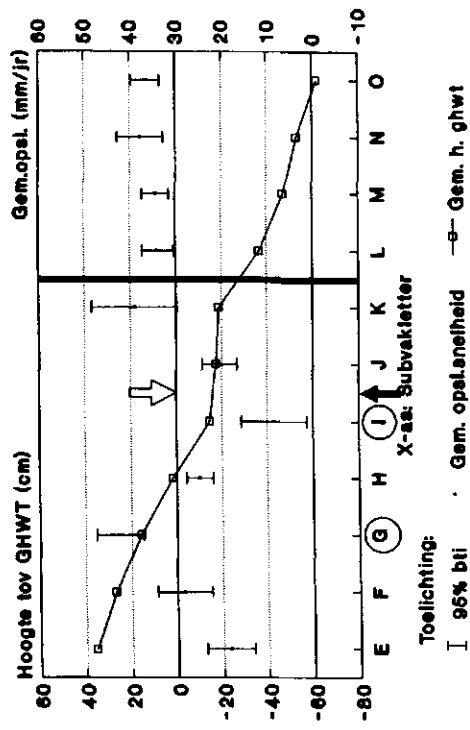
meetvak

Hoogte tov GHWT - Opelbingsaneilheid
 Vak 9 t/m 12
 van 1982 t/m 1990



proefvak 1982

Hoogte tov GHWT - Opelbingsaneilheid
 Vak 21 t/m 24
 van 1982 t/m 1990



meetvak

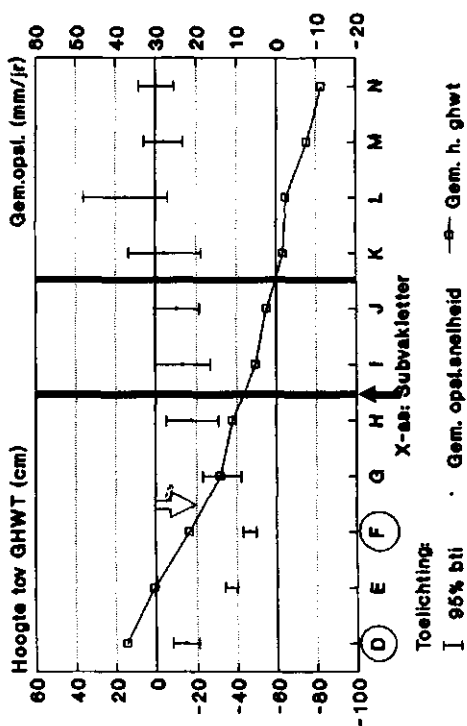
Figuur 5.2 a-h Uitwerking van de beheersaanbevelingen voor de meetvakken.

linker ○ buitengrens 5% kweidergrasvegetatie 1980-1989
 rechter ○ buitengrens 5% pioniervegetatie 1980-1989

↑ huidige bewerkingsgrens
 ▽ voorgestelde bewerkingsgrens

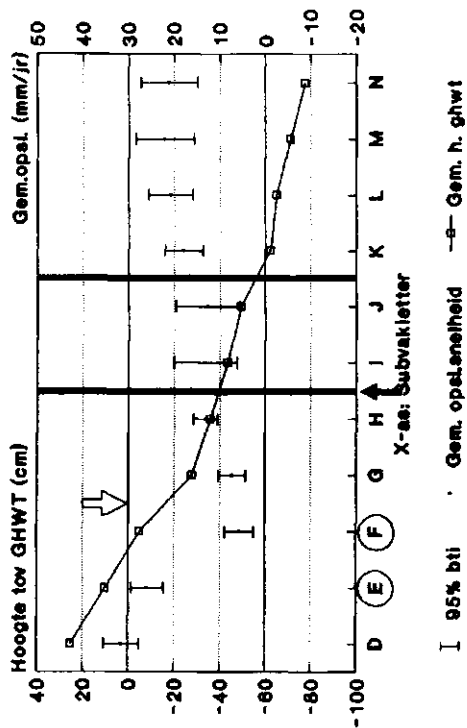
■ voorgestelde bufferzone
 | dwarsdam(men) in de overgangszone

Hoogte tov GHWT - Opelbingsnelheid
 Vak 41 t/m 44
 van 1982 t/m 1990



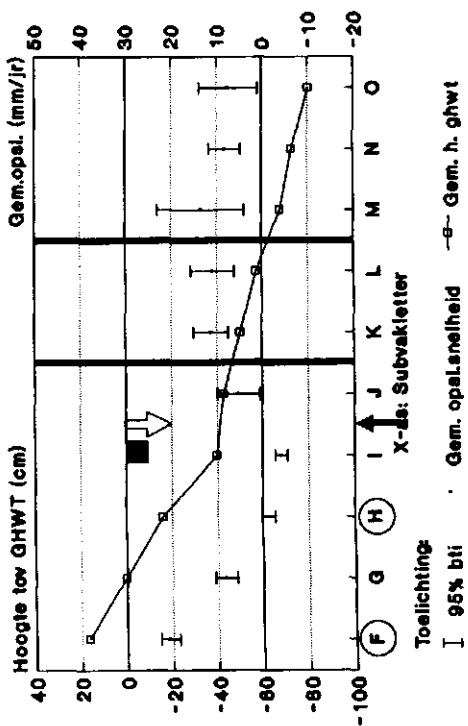
meetvak

Hoogte tov GHWT - Opelbingsnelheid
 Vak 53 t/m 58
 van 1982 t/m 1990



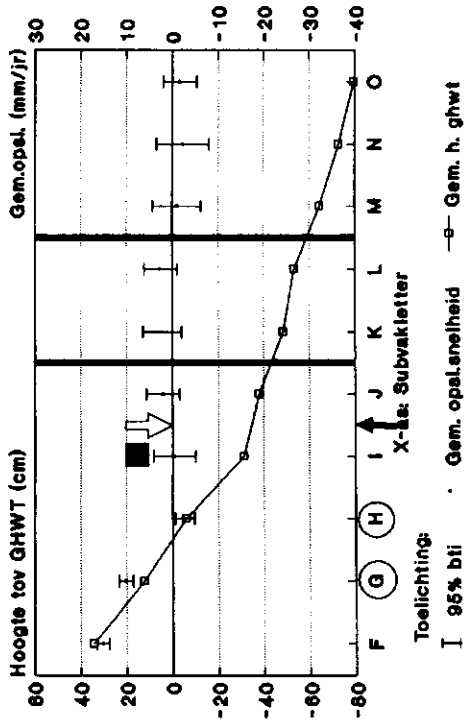
meetvak

Hoogte tov GHWT - Opelbingsnelheid
 Vak 69 t/m 72
 van 1982 t/m 1990



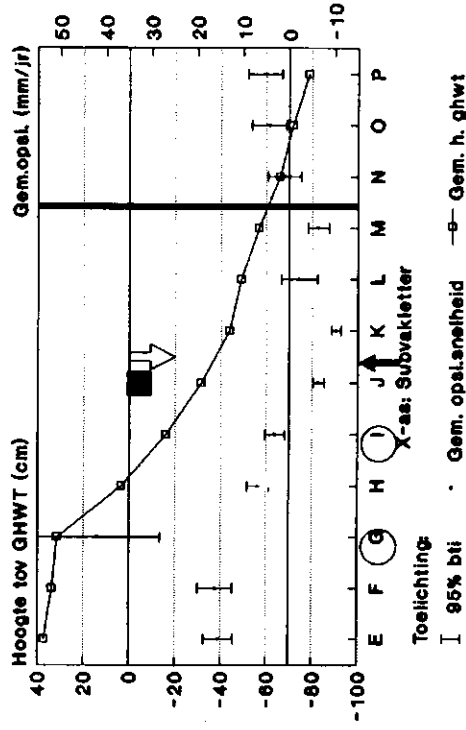
meetvak

Hoogte tov GHWT - Opelbingsnelheid
 Vak 85 t/m 88
 van 1982 t/m 1990



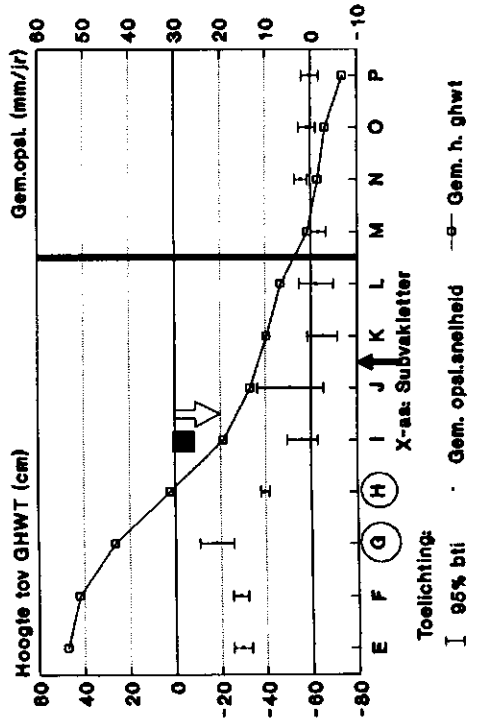
meestvak

Hoogte tov GHWT - Opelbingsnelheid
 Vak 101 t/m 104
 van 1982 t/m 1990



meestvak

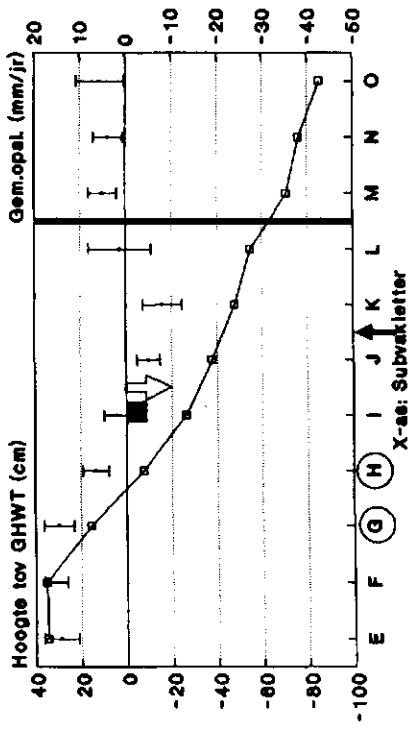
Hoogte tov GHWT - Opelbingsnelheid
 Vak 121 t/m 124
 van 1982 t/m 1990



meestvak

Hoogte tov GHWT - Opslibbingsnelheid

Vak 145 t/m 146
van 1982 t/m 1990

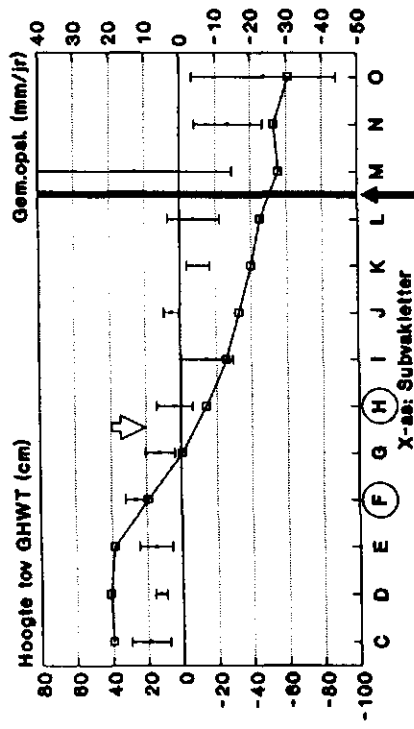


Toelichting:
I 95% bti · Gem. opal.snelheid —e— Gem. h. ghwt

meetvak

Hoogte tov GHWT - Opslibbingsnelheid

Vak 171 t/m 174
van 1982 t/m 1990

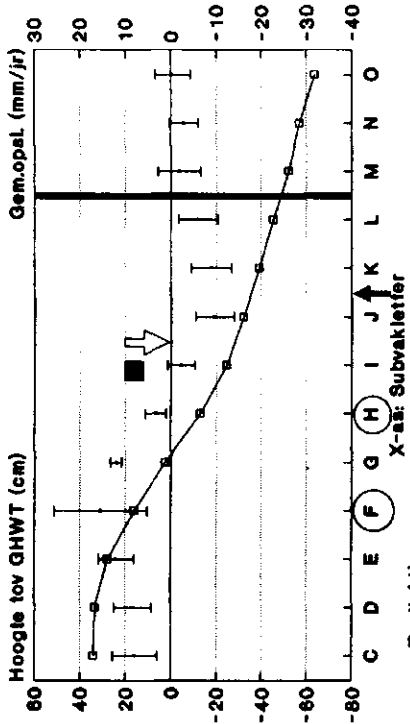


Toelichting:
I 95% bti · Gem. opal.snelheid —e— Gem. h. ghwt

proefvak 1982

Hoogte tov GHWT - Opslibbingsnelheid

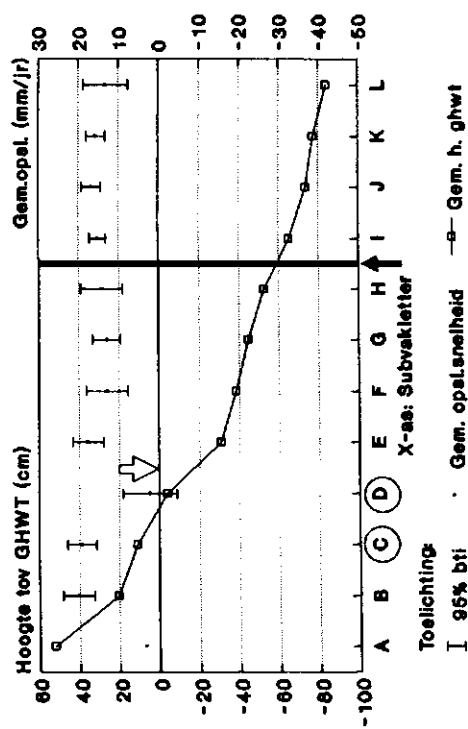
Vak 167 t/m 170
van 1982 t/m 1990



Toelichting:
I 95% bti · Gem. opal.snelheid —e— Gem. h. ghwt

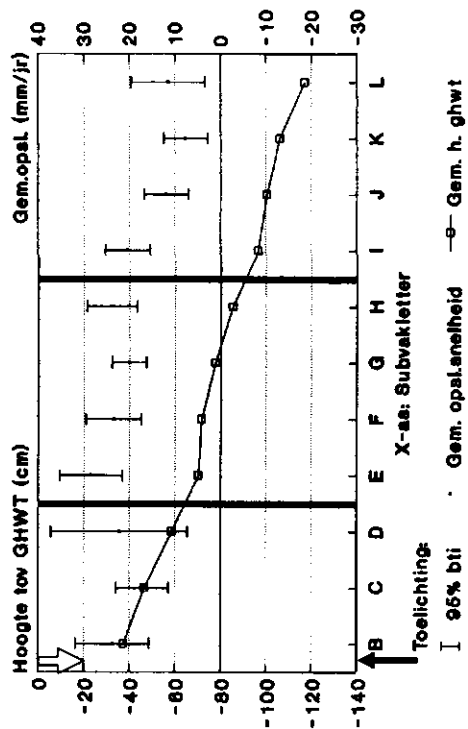
meetvak

Hoogte tov GHWT - Opelbingsnelheid
 Vak 205 t/m 208
 van 1982 t/m 1990



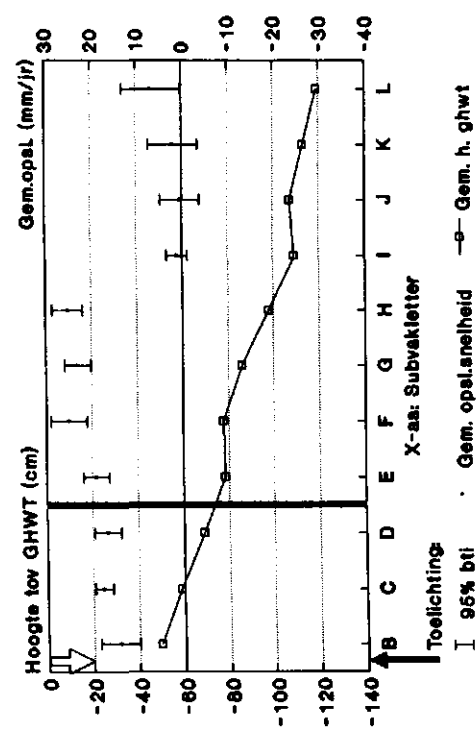
meestvak

Hoogte tov GHWT - Opelbingsnelheid
 Vak 221 t/m 224
 van 1982 t/m 1990



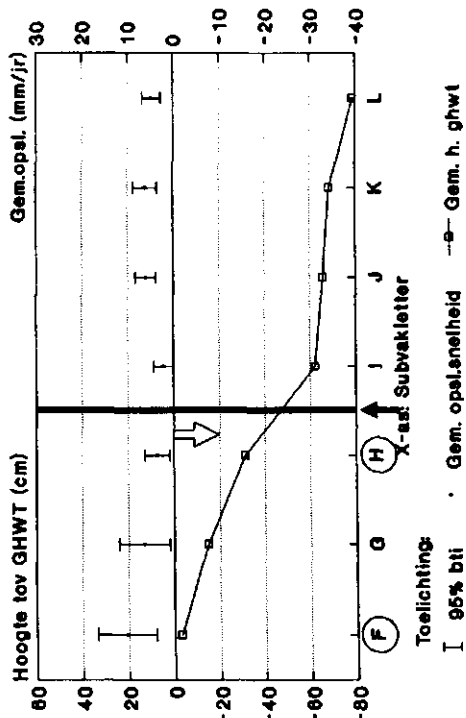
meestvak

Hoogte tov GHWT - Opelbingsnelheid
 Vak 237 t/m 240
 van 1982 t/m 1990



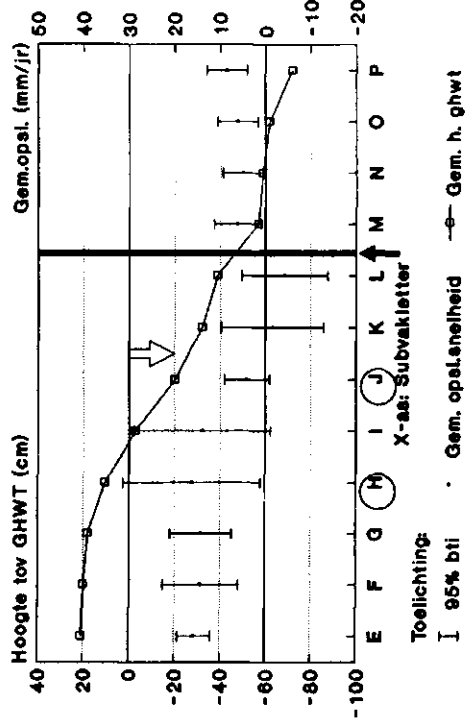
meestvak

Hoogte tov GHWT - Opslibbingsnelheid
 Vak 260 1/m 263
 van 1982 1/m 1990



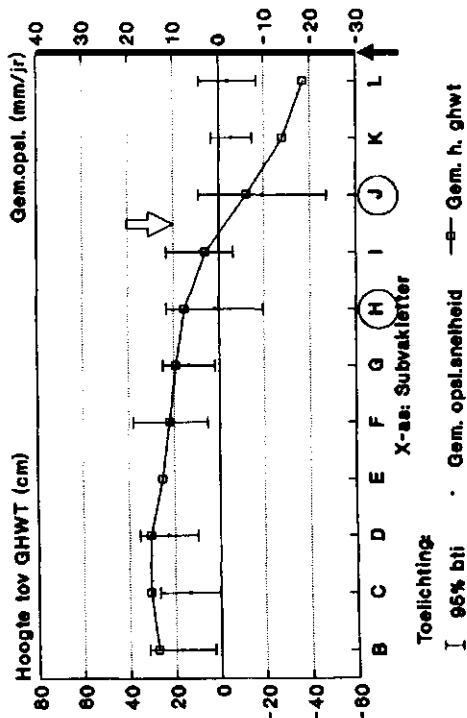
meetvak

Hoogte tov GHWT - Opslibbingsnelheid
 Vak 286 1/m 289
 van 1982 1/m 1990



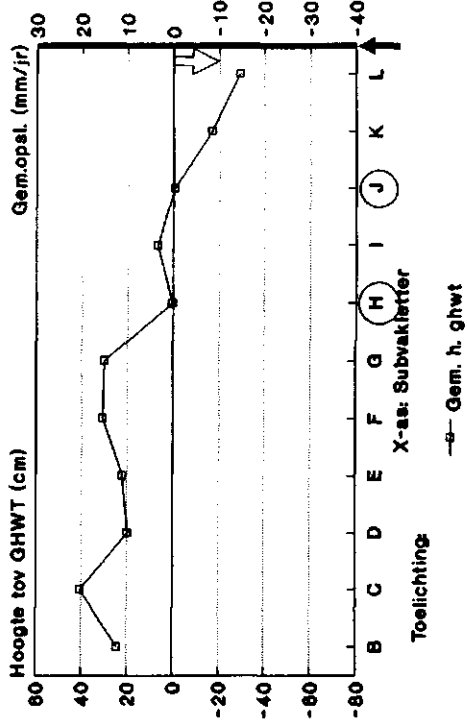
meetvak

Hoogte tov GHWT - Opslibbingsnelheid
 Vak 290 1/m 293
 van 1982 1/m 1990



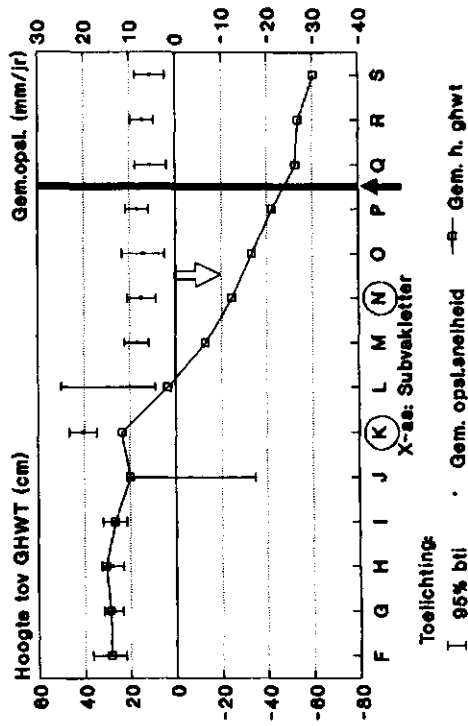
proefvak 1982

Hoogte tov GHWT - Opslibbingsnelheid
 Vak 294 1/m 297
 van 1982 1/m 1990



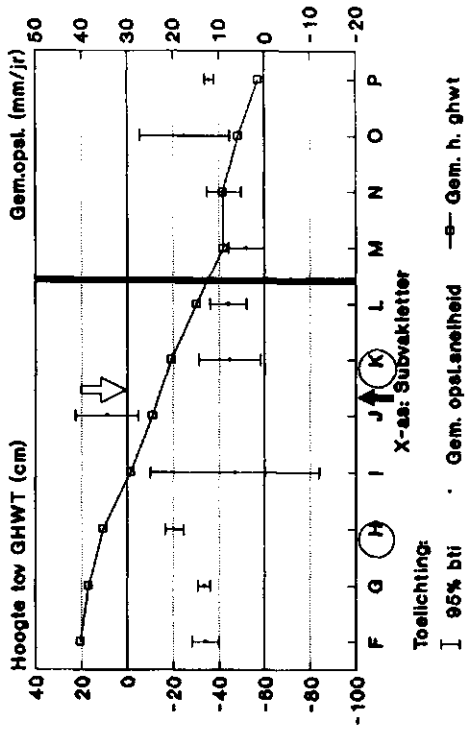
proefvak 1987

Hoogte tov GHWT - Opslibbingsnelheid
 Vak 308 1/m 311
 van 1982 1/m 1990



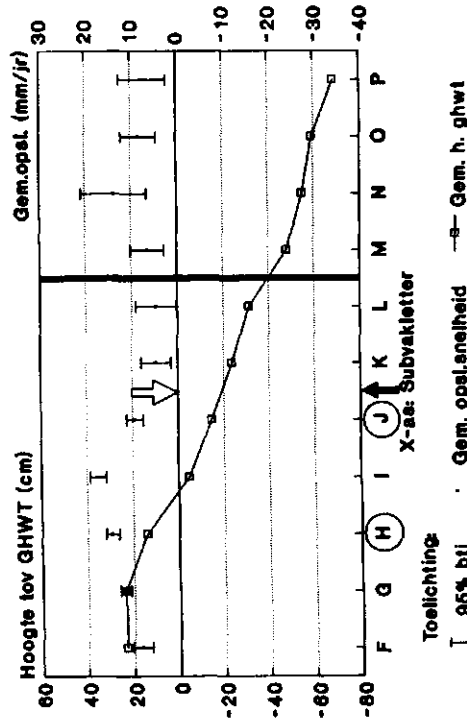
meetvak

Hoogte tov GHWT - Opslibbingsnelheid
 Vak 324 1/m 327
 van 1982 1/m 1990



meet/meevak

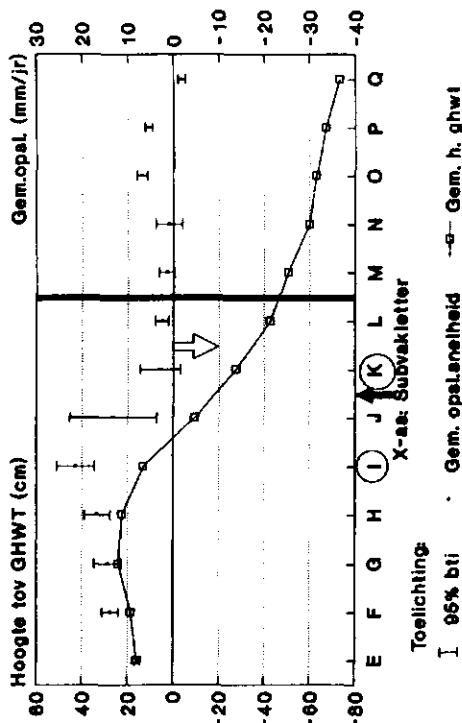
Hoogte tov GHWT - Opslibbingsnelheid
 Vak 336 1/m 339
 van 1982 1/m 1990



meetvak

Hoogte tov GHWT - Opelbingsnelheid

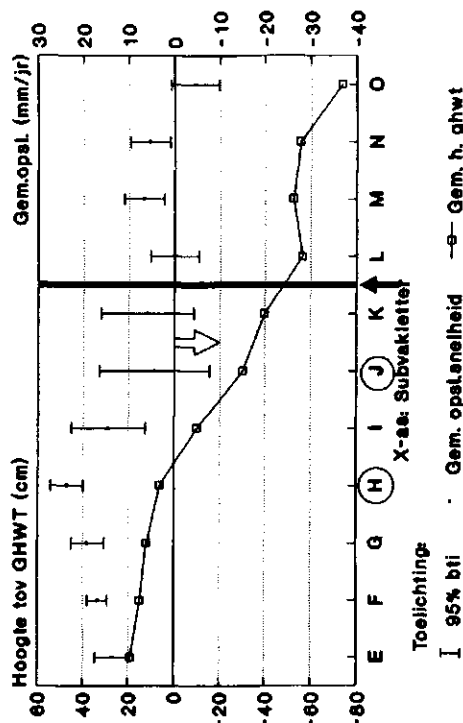
Vak 372 t/m 375
van 1982 t/m 1990



meetvak

Hoogte tov GHWT - Opelbingsnelheid

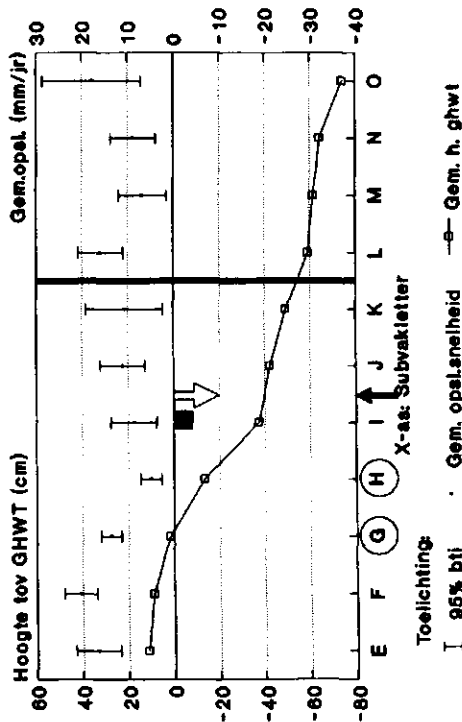
Vak 392 t/m 395
van 1982 t/m 1990



meetvak

Hoogte tov GHWT - Opelbingsnelheid

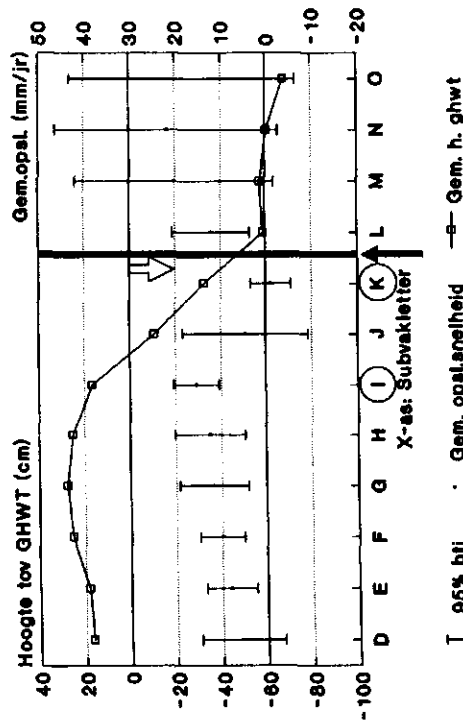
Vak 358 t/m 369
van 1982 t/m 1990



meetvak

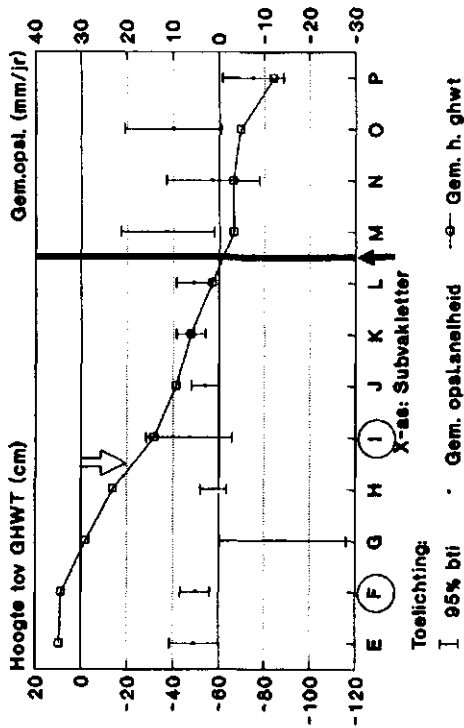
Hoogte tov GHWT - Opelbingsnelheid

Vak 376 t/m 381
van 1982 t/m 1990

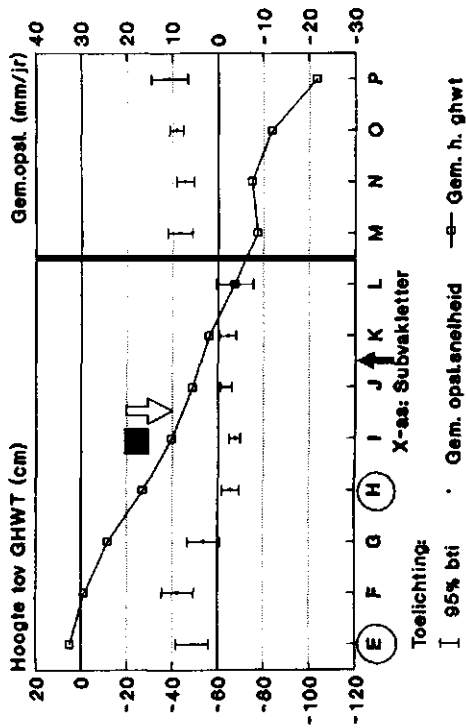


proefvak 1982-1990

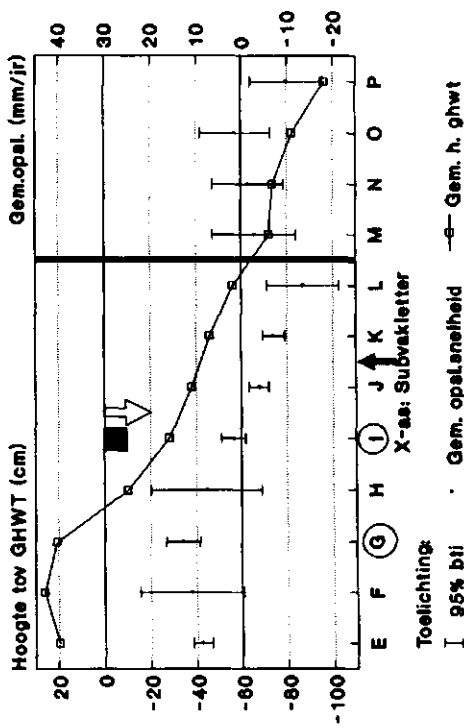
Hoogte tov GHWT - Opslibbingsnelheid
 Vak 424 t/m 427
 van 1982 t/m 1990



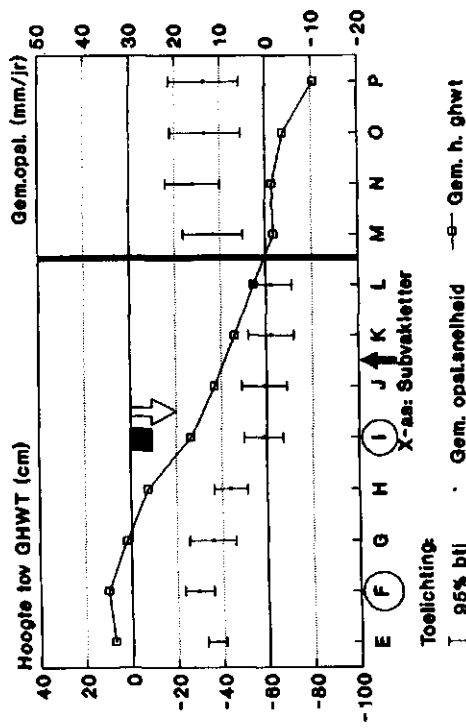
Hoogte tov GHWT - Opslibbingsnelheid
 Vak 448 t/m 451
 van 1982 t/m 1990



Hoogte tov GHWT - Opslibbingsnelheid
 Vak 412 t/m 415
 van 1982 t/m 1990



Hoogte tov GHWT - Opslibbingsnelheid
 Vak 428 t/m 431
 van 1982 t/m 1990



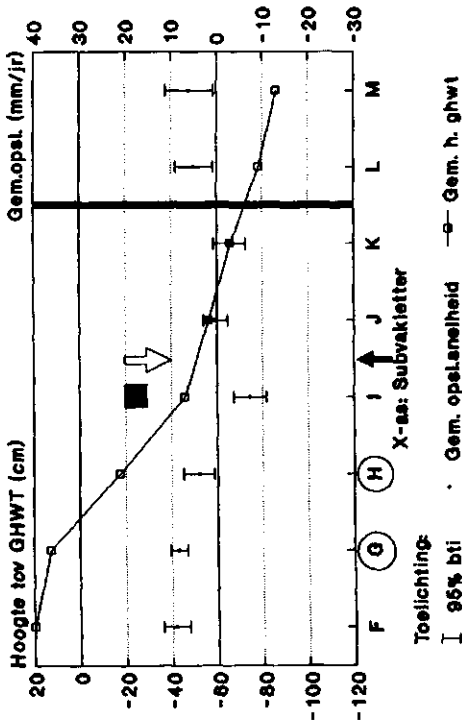
proefvak

meetvak

meetvak

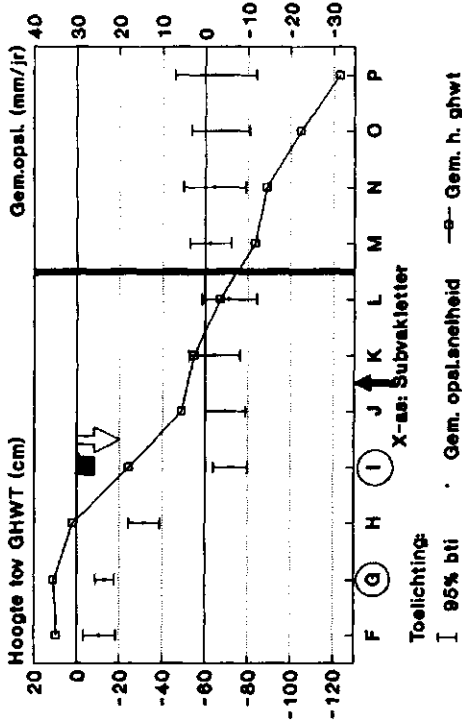
meetvak

Hoogte tov GHWT - Opslibbingsnelheid
 Vak 488 t/m 471
 van 1982 t/m 1990



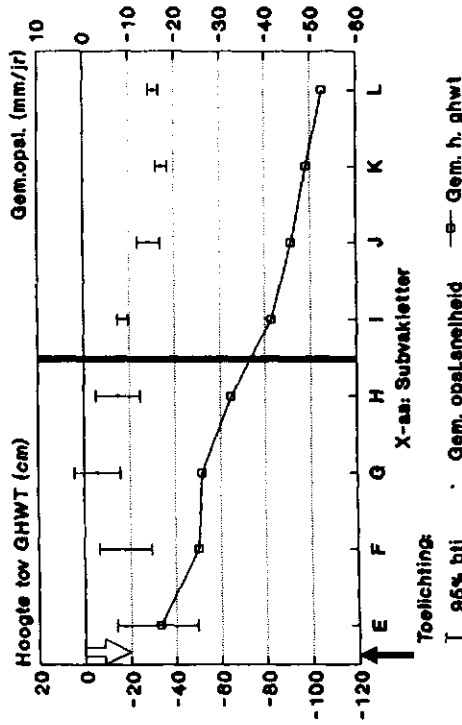
meestvak

Hoogte tov GHWT - Opslibbingsnelheid
 Vak 488 t/m 491
 van 1982 t/m 1990



meestvak

Hoogte tov GHWT - Opslibbingsnelheid
 Vak 508 t/m 511
 van 1982 t/m 1990



meestvak

Tabel 5.1 Vergelijking tussen de ligging van de bewerkingsgrens in 1982, 1989-1990, volgens dit voorstel en in de proefvakken. Gemeten in cm t.o.v. de GHW-trendlijn op de meetlijn van het buitenste bewerkte subvak.

Meetvak	Bewerkingsgrens				Ondergrens 5% pionier 1960-1989
	1982	1989-1990	voorstel	proefvakken	
5 - 24	-30	-20	0	+45	- 8
41 - 178	-40	-35	-25	0	-16
205 - 237	-30	-40	- 5		-13
260 - 395	-30	-30	-25	0	-30
412 - 511	-40	-45	-35	-15	-35

Tabel 5.2 Vergelijking tussen de ligging van de bewerkingsgrens in 1982, 1989-1990, volgens dit voorstel en in de proefvakken. Gemeten in cm boven NAP op de meetlijn van het buitenste bewerkte subvak.

Meetvak	Bewerkingsgrens				Ondergrens 5% pionier 1960-1989
	1982	1989-1990	voorstel	proefvakken	
5 - 24	75	85	105	145	97
41 - 178	65	70	80	105	90
205 - 237	75	65	100		93
260 - 395	80	80	85	110	80
412 - 511	75	70	80	100	80

de overgangszone. Het blijkt dat de bewerkingsgrens volgens dit voorstel over het algemeen 10 cm omhoog gaat. Dat is één rij subvakken (100 m) naar binnen. De bewerkingsgrens valt dan ongeveer samen met de theoretische begroeiingsgrens van 5% zeekraal of Spartina (als gemiddelde over de periode 1960-1989, de forse achteruitgang zit daar dus slechts gedeeltelijk in verwerkt). In de proefvakken van 1982 ligt de bewerkingsgrens vanaf 1990 nog ongeveer 20 cm hoger en er is geen bufferzone. In de proefvakken van 1987 (freesvakken) ligt de bewerkingsgrens bij de tweede dwarsdam, dus lager. Op die wijze komen nog aanvullende gegevens beschikbaar om te bepalen of de methode van grondwerk in de overgangszone juist gekozen is.

De bewerkingsgrens dient flexibel te zijn. Er wordt gewerkt in een dynamisch gebied. Aanpassingen aan hoogteveranderingen en de bodemsamenstelling (i.v.m. de berijdbaarheid, zie hoofdstuk 5.6) zijn direct mogelijk. Ook aanpassingen op grond van de resultaten van nieuw onderzoek moeten mogelijk zijn. De bewerkingsgrens hoeft niet per se een rechte lijn te zijn. Op grond van de toestand van het terrein is een 'zaagtand' soms wenselijk. Voor een bufferzone langs de Noordpolder bestaat het risico dat het terrein te zandig is waardoor de buffer snel erodeert. In dat geval kan alleen herstel van de eerste dwarsdam nog uitkomst bieden.

Voor de gewenste onderhoudsfrequentie van de bufferzone moet nog praktijkervaring worden opgedaan. In het ideale geval wordt eenmaal zwaar gegreppeld waarna het onderhoud verder met de

frees plaatsvindt. Indien de onderhoudsfrequentie op vijf jaar wordt gesteld dan zouden jaarlijks $250:5 = 50$ subvakjes = 50 ha dit onderhoud nodig hebben. In Friesland heeft de Dienstkring al een soort bufferzone van 100 tot 300 m breed in tamelijk zwaar grondwerk (gemiddeld $0,5 \text{ m}^3/\text{m}$). Belangrijk is om op iedere akkers grond te gooien. Deze bufferzone kan lang zonder onderhoud maar de sloten moeten dan wel in een goede conditie worden gehouden. Voor 1991 zijn de slechtste vakken opgezocht en alleen daar wordt de buffer opnieuw opgegooid: waar nog een goede rug ligt niet graven, indien herstel nodig is $0,4 \text{ m}^3/\text{m}$; waar de ruggen verdwenen zijn of een nieuwe bufferzone opgegooid moet worden ongeveer $0,5 \text{ m}^3/\text{m}$ of achter beginnen met $0,8 \text{ m}^3/\text{m}$ en afnemend naar $0,2 \text{ m}^3/\text{m}$. Wel worden alle dwarssloten en smaksloten in deze zone hergraven. Verder is het freeswerk in deze zone verder toegenomen ten koste van het kraanwerk. In Groningen heeft de Dienstkring de ervaring opgedaan dat grondruggen die met een pontonkraan zijn aangebracht meer erosiebestendig zijn dan die met een rupskraan. Bovendien hoeft een pontonkraan zich niet over de akker te verplaatsen. Op grond daarvan en om de kosten te beperken, is in Groningen in 1991 geëxperimenteerd met een rupskraan met pontonbak en brede rupsen die boven de greppel kan rijden. Dit experiment is negatief uitgevallen omdat de rupsen teveel rijshade aanbrengen.

5.4 Hoofdleidingen, sloten en gronddammen

5.4.1 Inleiding

Het functioneren van het greppelsysteem in de kwelder en een deel van de pionierzone is afhankelijk van een goede verbinding met de Waddenzee. Daarom dient de prioriteit van het grondwerk bij het onderhoud van de hoofdleidingen en dwarssloten te liggen. Deze dienen zo mogelijk eerder te worden gegraven dan de greppels en in ieder geval dieper te liggen dan de greppels. Bij voldoende afloop functioneert de ontwatering beter en is er minder onderhoud aan de greppels nodig.

De Dienstkring is al een aantal jaren bezig de hoofdleidingen en dwarssloten te versmallen teneinde het onderhoud te kunnen beperken. Waar mogelijk wordt voor de hoofdleidingen de pontonkraan vervangen door de goedkopere rupskraan. Indien de grond uit de dwarssloten en smaksloten niet noodzakelijk is voor het versterken van de gronddammen wordt hier de rupskraan momenteel vervangen door freeswerk.

5.4.2 Hoofdleidingen

Het onderhoud aan de hoofdleidingen blijft volgens de huidige praktijk van de Dienstkring gehandhaafd, ook buiten de bewerkingsgrens. Deze praktijk houdt een streven naar een meer natuurlijke afwatering en een geringer grondverzet in. Dat gebeurt door de hoofdleidingen te versmallen en op de laagste plek te handhaven (in de buitenste bezinkvelden direct oost van een lengtedam als die aanwezig is). Omdat langs de Noordpolder de bufferzone op de i-vakjes komt te

liggen valt te overwegen de hoofdleiding daar ook in de tweede bezinkvelden oost van de rijzendammen te leggen (linker alternatief in figuur 5.1).

Het criterium voor de diepte van de hoofdleiding is dat de eerste twee bezinkvelden goed moeten afwateren. Het is mogelijk dat de waterafvoer verbetert als de achterste dwarsdam is verdwenen omdat dan de helling van het maaiveld toeneemt.

De pontonkraan dient alleen daar verder te worden vervangen door de goedkopere rupskraan indien rupstractie voor dat bepaalde terrein het meest geeigend is (fig. 5.2 en 5.3). Dat is niet het geval indien een rupskraan teveel risico van wegzakken oplevert. Bovendien geeft een rupskraan in de verst van de dijk gelegen delen meer beschadigingen door het vele transport.

5.4.3 Dwarssloten, lengteleidingen en gronddammen

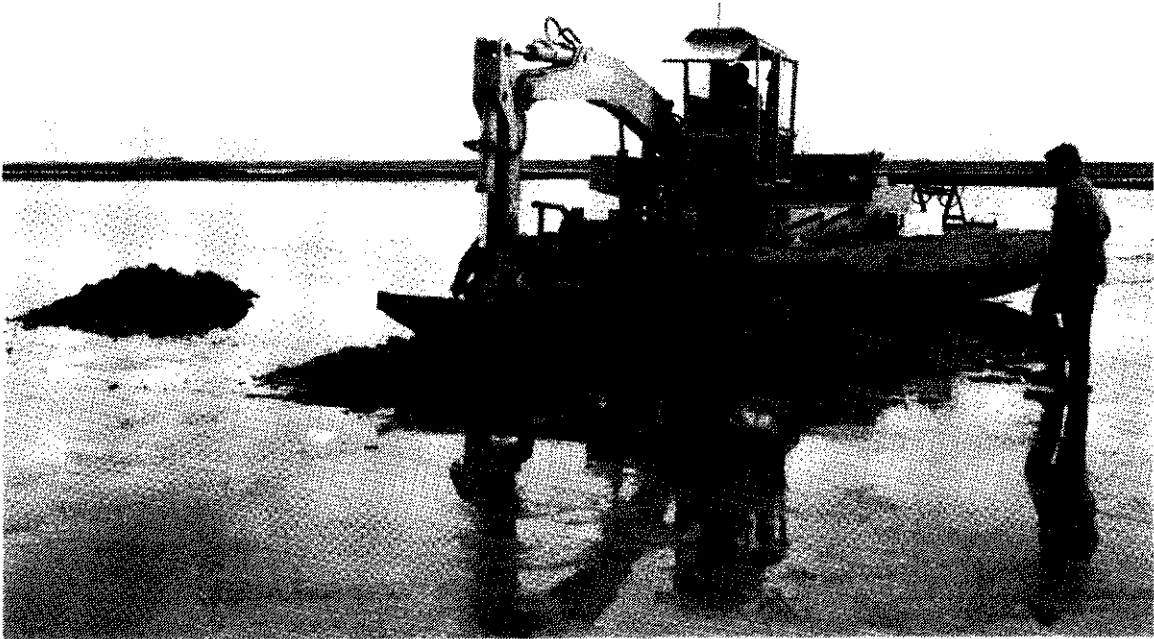
Voor de dwarssloten geldt hetzelfde criterium van een goede afwatering van het achterliggende gebied als voor de hoofdleidingen. Het belang van de gronddammen ligt in een onderverdeling van de bezinkvelden teneinde de strijklengte te verkleinen.

Een strijklengte van 200 m moet als het maximum binnen een bezinkveld in de overgangzone worden beschouwd. Is de strijklengte buiten de bewerkingsgrens groter dan 200 m dan dient de golfenergie daar te worden beperkt door een combinatie van de bezinkvelden (400 x 400 m), tussendammen in rijshout of grond en eventueel door een bufferzone op de bewerkingsgrens (hoofdstuk 5.3).

Buiten de bewerkingsgrens worden de rijzendammen niet aangegooid (tenzij dat voor nieuwe rijzendammen noodzakelijk is) en worden geen dwarssloten meer gegraven. Voor de slechte opslibbingsgebieden kan dat alleen onder de nadrukkelijke voorwaarde dat de tussendammen zijn aangelegd. Bestaande lengtegronddammen zullen indien noodzakelijk wel worden onderhouden. De gronddammen tussen dam 1-33 en 87-217 in Friesland en tussen 250 en 400 in Groningen werken goed als tussendammen. Dat is met extra grondwerk door de rupskranen tot stand gebracht.

De dwarssloten en lengteleidingen dienen alleen dan met de rupskraan te worden hergraven indien het greppelslik nodig is voor het aangooien van de gronddammen en rijzendammen. Indien dat in de begroeide kwelder niet noodzakelijk is vindt het onderhoud zo mogelijk met een frees plaats. Per onderhoudsronde kan deze keuze aangepast worden. In het algemeen zullen de gronddammen in de breedte worden versterkt waarbij ze niet meer dan 20-30 cm boven het maaiveld mogen uitkomen om overmatige erosie te voorkomen. Daarbij worden de sloten niet zwaarder dan 0,4-0,6 m³ per strekkende meter gegraven.

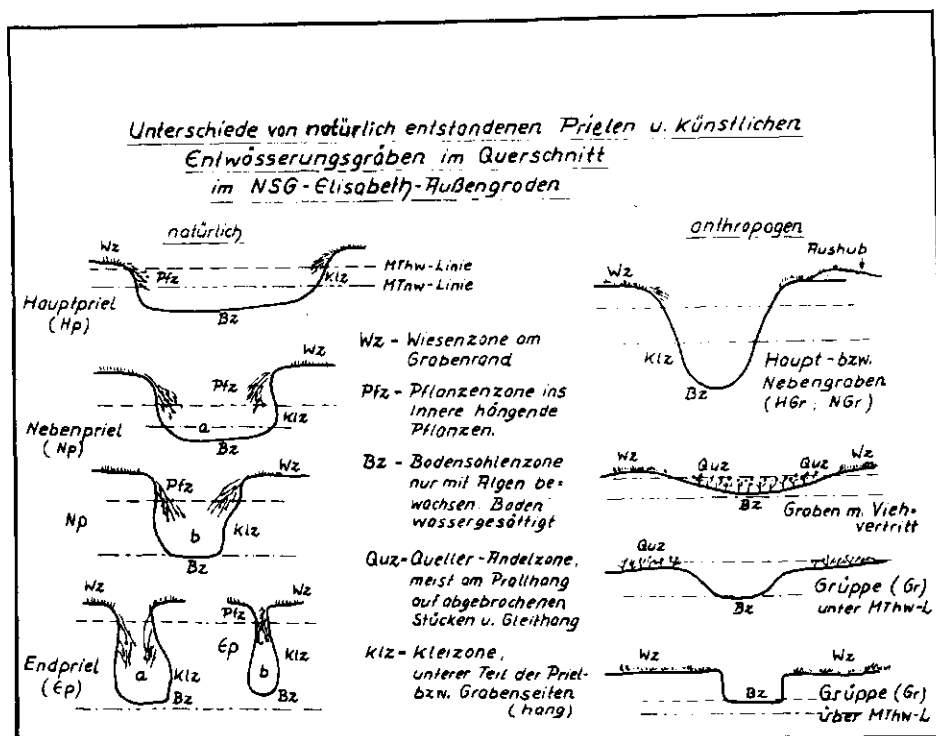
Het onderhoud aan de sloten en gronddammen wordt zo vroeg mogelijk in het seizoen uitgevoerd om vroegtijdige erosie bij slechte weersomstandigheden te vermijden.



Figuur 5.2 Pontonkraan.



Figuur 5.3 Rupskraan.



Figuur 5.4 Kreken ('natürlich') en greppels ('anthropogen') in de kwelder van de Elisabeth-Aussengroden; naar Blindow (1987).

5.5 Greppelonderhoud in de kwelderzone

5.5.1 Inleiding

Door de ontwatering is een kweldervegetatie ontstaan die voor ruim voldoende opslibbing zorgt om de stijging van GHW te compenseren. Van alle gemeten factoren levert de kweldervegetatie de grootste bijdrage aan de opslibbingssnelheid. Daarom wordt in het toekomstige beheer van de kwelderzone van een optimale aandacht voor de vegetatie uitgegaan. Het onderhoud wordt sterker naar de plaatselijke omstandigheden gedifferentieerd waarbij het tweejaarlijks werkplan door de Dienstkring al is vervangen door onderhoud naar behoefte. Het gewenste eindstadium is een greppel met verticale kanten en overhangende begroeiing zoals de linker afbeeldingen in figuur 5.4. In de proefvakken zijn verbeterde freesmachines uitgetest die smallere greppels maken. Deze greppels blijven door de stroomsnelheid van het water zo lang mogelijk zonder onderhoud functioneren en beschadigen de vegetatie niet. De nieuwe freesmachines worden door de Dienstkring op een groter areaal gebruikt dan het vroegere freeswerk, ten koste van kraanwerk.

Het greppelonderhoud in de kwelderzone wordt buiten het broedseizoen uitgevoerd. Hoe lager de kwelder des te eerder in het seizoen dient het grondwerk te worden uitgevoerd. Vroegtijdig opvullen van de greppels wordt dan zoveel mogelijk vermeden. Aan het einde van de gefreesde greppels wordt een zogenaemde vogeluitloop gemaakt waardoor jonge vogels de greppels kunnen verlaten.

5.5.2 Bakgotenfrees en dondeyfrees

Doel

Het doel van deze machines is om de gewenste ontwatering van de kwelder met een zo klein mogelijke greppel en bij een zo gering mogelijk onderhoud te bereiken.

Ontwikkeling

Op grond van de wens van de werkgroep en in overleg met de Dienstkring is door aannemingsbedrijf en machinefabriek P.H. van der Stoel BV in 1985 een frees ontwikkeld op basis van een verticale vijzel (fig. 5.5). De frees maakt een rechthoekig 'bakgotenprofiel' van 0,3 m breed en 0,5 m diep (fig. 5.6) dat ook wordt aangetroffen bij natuurlijke kreekjes (fig. 5.4) en bij de vroeger in handwerk gegraven bakgoten. Bij een ontwateringsdiepte die vergelijkbaar is met veel grotere greppels is minder grondverzet nodig en ontstaat dus een geringere beschadiging van de vegetatie.

De bakgotenfrees is in acht proefvakken (ca. 100 ha) getest. Op grond van de resultaten daarmee is de bakgotenfrees in 1987 door de Dienstkring ingevoerd. Om het inzakken van de verticale kanten te beperken en verdrinking van lammeren te voorkomen is de diepte verminderd naar 40 cm, hetgeen overeenkomt met een greppelinhoud van ca. 0,10-0,15 m³ per strekkende meter. Aanvankelijk was de bakgotenfrees gemonteerd achter rupstractie, vanaf 1990 echter ook achter wieltractie.

Toepassingsgebied in de kwelder

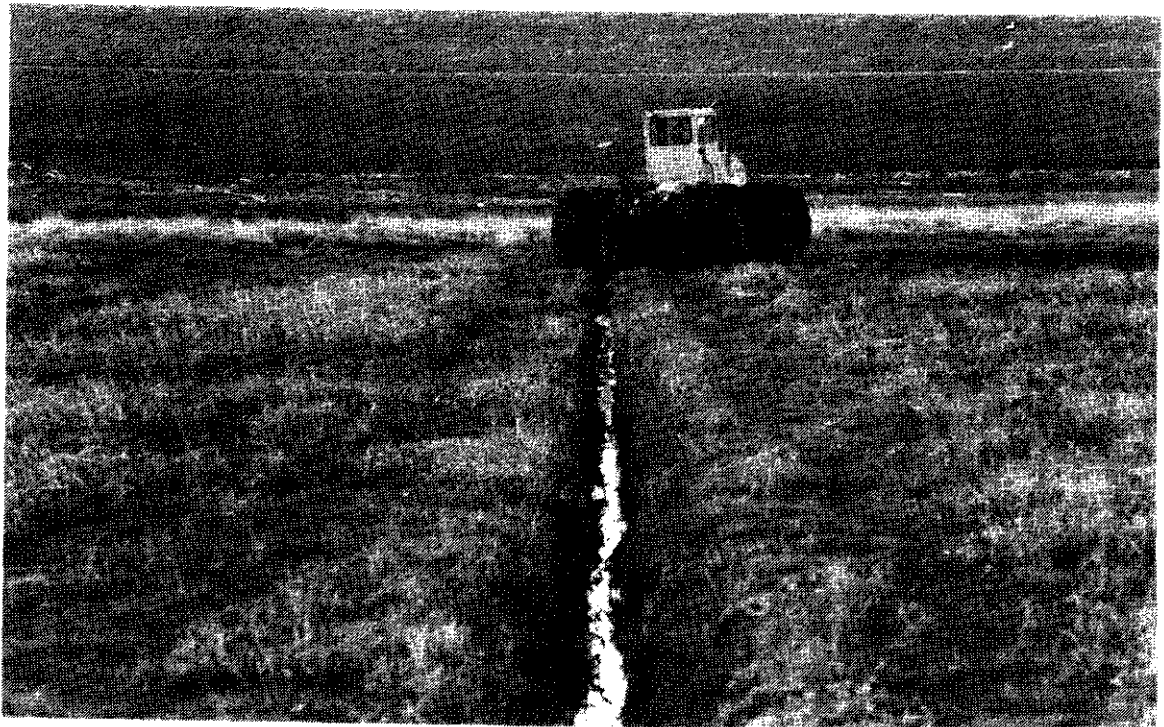
Het toepassingsgebied van de bakgotenfrees beperkt zich tot flink begroeide terreinen en stevige greppelspecie. Dat betekent dat aan de volgende eisen moet worden voldaan:

1. Niet te intensieve beweiding, anders is een lage onderhoudsfrequentie niet haalbaar (Het Bildt, oost van Holwerd, Julianapolder, delen langs de Negenboerenpolder en Linthorst Homanpolder, Lauwerpolder).
2. Er dient een maaiveldhoogte van ongeveer 10 cm boven GHW te zijn bereikt om voldoende stevigheid en begroeiing te hebben. De toestand van het terrein en de begroeiing dienen echter de doorslag te geven.
3. Brede greppels van het oude type die nog met slap sediment zijn gevuld dienen eerst enige jaren met de hierna te bespreken trapeziumvormige frezen te worden voorbereid, anders zakken de kanten in (ontwateren van de oude greppel waarna die snel begroeid raakt).
4. In een oude begroeiing van Engels slijkgras in de greppel kan de bakgotenfrees vastlopen. In dat geval wordt slechter werk afgeleverd of dient de bewerking met een van de andere frezen te worden uitgevoerd.

Wanneer niet aan deze eisen wordt voldaan dan staan in deze zone een dondeyfrees (kleine eenzijdige rotorfrees achter wieltractie) en een trapeziumvormige vijzelfrees (greppelinhoud 0,20 m³



Figuur 5.5 Bakgotenfrees.



Figuur 5.6 Bakgoot.

per strekkende meter, steeds achter rupstractie) ter beschikking.

Onderhoudsfrequentie in de kwelder

Kleine freesgreppels in flink begroeide kwelders dienen met een inhoud van ca. 0,10 - 0,15 m³ per strekkende meter greppel te worden aangelegd. Het gewenste geringe onderhoud kan bij bakgotenwerk worden bereikt door het juiste toepassingsgebied te kiezen en door geduld uit te oefenen. Allereerst dienen de bakgoten zelf het profiel van de 'Endpriel' van figuur 5.4 verder te ontwikkelen. Daarbij dient niet eerder een onderhoudsbegreppeling te worden uitgevoerd dan dat de bakgoten hun ontwaterende functie dreigen te verliezen. Er is nog onvoldoende ervaring met bakgoten om daarvoor een objectief criterium vast te stellen. Op grond van ervaringen met greppels in de boerenkwelder langs de Julianapolder moeten onderhoudsfrequenties van 10 jaar of meer haalbaar zijn. Lopen één of meerdere greppels ondertussen dicht door slik of groei van Engels slijkgras dan is het noodzakelijk alleen deze greppels op te schonen (de rest kan blijven zitten).

Voor greppels met de dondeyrees of de trapeziumvormige vijzelfrees in intensiever beweide terreinen kunnen dezelfde criteria worden aangehouden. De onderhoudsfrequentie zal echter hoger liggen.

5.5.3 Trapeziumvormige vijzelfrees en verbeterde rotorrees

Doel

Het doel van deze machines is om minder volledig begroeide terreinen te ontwateren zoals beweide kwelders en de pionierzone en daarbij zo weinig mogelijk schade door insporing en gronduitworp te veroorzaken.

Ontwikkeling

Op grond van klachten over de slechte kwaliteit van het freeswerk is door de werkgroep in 1987 een serie producteisen voor het freeswerk in de proefvakken opgesteld. Deze eisen hebben betrekking op de maximale insporingsdiepte (10 cm; grondruggen zodanig wegstrijken dat geen water op de akkers achterblijft) en op de grondspreiding (over de gehele akker regelbaar). Deze producteisen zijn door de Dienstkring in de bestekken voor 1988 opgenomen voor alle freeswerk, ook buiten de proefvakken. Daarop heeft P.H. van der Stoel BV de bakgotenfrees verder ontwikkeld tot een trapeziumvormige vijzelfrees (fig. 5.7). Deze frees maakt een trapeziumvormig profiel van 0,3 m bodembreedte, 0,6 m bovenbreedte en 0,5 m diepte, hetgeen overeenkomt met een greppelinhoud van ca. 0,20 m³ per strekkende meter. Deze machine heeft een lagere bodemdruk door een lichte constructie gecombineerd met lichte rupstractie in vergelijking met de bestaande rotorreesen. Tevens is de bestaande rotorrees van Deltabouw BV sterk verbeterd. Beide machines leveren het gewenste resultaat - goede grondspreiding, aanvaardbare insporing, geen morsgrond langs de greppels - wat als



Figuur 5.7 Trapeziumvormige vijzelfrees.

een grote vooruitgang voor het beheer wordt beschouwd. Het frezen neemt in lager gelegen terreinen nu geleidelijk toe op plaatsen waar dat naar het oordeel van de Dienstkring mogelijk is. De trapeziumvormige vijzelfrees is in 1989 door het Bauamt für Küstenschutz te Norden beproefd en is daar in 1990 en 1991 op praktijkschaal ingezet in de kwelderwerken in het Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer.

Toepassingsgebied in de kwelder

Wanneer niet aan de voorwaarden voor het gebruik van een bakgotenfrees (of dondeyfrees) wordt voldaan (hoofdstuk 5.5.2) dan blijkt de trapeziumvormige vijzelfrees beter te voldoen dan de bakgotenfrees waaruit deze is ontwikkeld. De kanten zakken niet in en het vee veroorzaakt minder schade. Een kleine inhoud van 0,10-0,15 m³/m blijkt ook met deze frees mogelijk. Dat houdt in dat de trapeziumvormige vijzelfrees alle greppelonderhoud van laag tot hoog tot een maximum van ongeveer 0,25 m³ per strekkende meter aankan. De verbeterde rotorfrees levert in de overgangszone en de lage kwelder ook prima werk op en is zelfs inzetbaar tot een greppelinhoud van 0,40 m³ per strekkende meter; voor de gewenste kleine greppels in de hoger gelegen volledig begroeide kwelder zijn een bakgotenfrees, een dondeyfrees (voor beide is wieltractie mogelijk) of de bovengenoemde vijzelfrees echter beter.

In de afgelopen 10 jaar is er in deze zone extra graafwerk met rupskranen verricht om achterstallig onderhoud te herstellen. Wanneer de akkerruggen onvoldoende aansluiten aan de dwarsgronddam kan het wenselijk zijn deze verbinding met een rupskraan te herstellen om dwarsstromingen te voorkomen. Voor plaatselijke verdiepingen in de akkers (plassen en kuilen) is herstel met de rupskraan echter niet noodzakelijk. Meestal wordt met een niet te hoge beweidingsdruk bereikt dat deze plekken begroeid raken en op natuurlijke wijze opvullen met sediment.

Onderhoudsfrequentie

Waar de trapeziumvormige vijzelfrees en de verbeterde rotorfrees op lager gelegen terreinen worden ingezet is te verwachten dat de onderhoudsfrequentie hoger ligt dan voor de bakgotenfrees. In de proefvelden is de onderhoudsbegreppeling pas uitgevoerd indien de greppels hun ontwaterende functie dreigen te verliezen. In het algemeen neemt de greppelvulling van de begroeide kwelder naar de minder of niet-begroeide tweede bezinkvelden toe. In de tweede bezinkvelden heeft ook meestal tweejaarlijks greppelonderhoud plaatsgevonden. In de kwelder vond het greppelonderhoud om de twee tot zes jaar plaats. De frequentie hangt af van de hoogteligging, slibaanvoer en de mate van begroeiing en beweiding. In de beweide en hooggelegen kwelders van de proefvakken Westdongeradeel (171-175) en Linthorst Homanpolder (376-382) vond greppelonderhoud over het algemeen om de vier jaar plaats (plaatselijk zes jaar); in de extensief beweide en hooggelegen kwelders van de Julianapolder (290-294) was pas na zes jaar greppelonderhoud nodig omdat Engels

slijkgras de greppels verstopte maar de greppels waren nog niet dichtgeslibd; in proefvak Het Bildt (9-13) zorgde de snelle slibaanvoer voor de noodzaak van tweejaarlijks greppelonderhoud (bij een hoogte van meer dan 40 cm boven GHW echter vierjaarlijks) en in het proefvak Noordpolder (424-428) ook meestal tweejaarlijks als gevolg van de intensieve beweiding en de lage ligging.

De vrije ruimte in de greppels ten opzichte van het maaiveld van de aangrenzende akkers is jaarlijks gemeten. Indien in een bepaald jaar greppelonderhoud heeft plaatsgevonden zijn de metingen daaraan voorafgaande uitgevoerd. Uit deze metingen blijken geen grote verschillen in greppelvulling voor de verschillende experimentele greppelafmetingen op te treden en zeker geen samenhang van de greppelvulling met de greppelinhoud bij aanleg (Kroeze e.a. 1991). Uit deze metingen kan de vuistregel worden afgeleid dat greppelonderhoud pas noodzakelijk is als de vrije ruimte in de greppel in het jaar voorafgaande aan de werkzaamheden gemiddeld over de hele greppel 15 cm of minder bedraagt.

5.5.4 *Greppelafstand*

De greppelafstand in de huidige kwelderwerken is 10 tot 12 m. Veelal is dit een verdubbeling van de oorspronkelijke greppelafstand van 5 tot 6 m in de jaren vijftig en zestig. Voorlopig is er geen reden om van de huidige greppelafstand af te wijken. De proeven met een dubbele greppelafstand van 20 tot 24 m (alleen in de kwelderzone) zullen minimaal 10 jaar moeten liggen alvorens er konklusies aan kunnen worden verbonden. Alleen in het proefvak Het Bildt zijn de oude tussenliggende greppels nu al enigszins dichtgeslibt. Het blijkt dat daar het gedeelte van de akkers ter weerszijden van de dichtgeslibde greppel de overjarige begroeiing heeft verloren, vooral op de lagere delen tegen de zeedijk. 's Winters is dit gedeelte nu kaal en 's zomers groeit er een eenjarige vegetatie met spiesbladmelde en schorrekruid. Wanneer dit effect in het algemeen om een beperkte oppervlakte zou gaan hoeft niet bij voorbaat negatief te worden geoordeeld. De natte plekken blijken een ideale foerageerplaats voor jonge vogels te zijn.

5.6 **Greppelonderhoud in de overgangszone**

5.6.1 *Inleiding*

Tussen de kwelderzone en de bewerkingsgrens wordt nog greppelonderhoud aanbevolen in een deel van de overgangszone. Met de trendanalyse is aangetoond dat dit greppelonderhoud geen direct positief effect op de opslibbing heeft en ook geen indirect effect omdat de pioniervegetatie de opslibbing niet bevordert. Wel zorgt begreppeling voor een uitbreiding van de pioniervegetatie. Om een geleidelijke overgang van de kwelder naar een pioniervegetatie inclusief uitbreidingsmogelijkheden van kweldergras in stand te houden is geconcludeerd dat een deel van de overgangszone begreppeld dient te worden. Dit is geheel overeenkomstig de werkwijze bij de

boerenmethode die goed was afgestemd op de natuurlijke processen van kweldervorming (zie bv. Kamps 1962). De ligging van de bewerkingsgrens is al in hoofdstuk 5.3 vastgesteld.

5.6.2 Greppelonderhoud

Begreppeling met als directe doel een ophoging van de overgangszone te bereiken heeft geen effect. In de overgangszone dient boven de bewerkingsgrens of bufferzone en mede afhankelijk van de resultaten van de nog lopende proeven (hoofdstuk 2.4) frequent greppelonderhoud plaats te vinden met als enige doel het droogleggen van de bodem. De ontwatering stabiliseert het natuurlijk afgezette sediment en bevordert de vegetatieontwikkeling.

Overal waar de bodem in de overgangszone boven de bewerkingsgrens berijdbaar is wordt het greppelonderhoud met een frees met regelbare grondspreading achter rupstractie uitgevoerd (trapeziumvormige vijzelfrees of rotorfrees). De onderhoudsfrequentie is eens per twee jaar (tenzij uit de nog lopende proeven mocht blijken dat jaarlijks frezen zinvol is). Het frezen van de greppels in de overgangszone wordt zo vroeg mogelijk in het groeiseizoen uitgevoerd om het volledige profijt van de ontwatering te hebben. De weersomstandigheden moeten rustig genoeg lijken om erosie en vroegtijdig opvullen van de greppels zoveel mogelijk te vermijden.

De greppelinhoud van het freeswerk in de overgangszone is 0,20 m³ per strekkende meter en de greppelafstand 10 tot 12 m. De frees dient het greppelslik regelmatig over de gehele akker te verspreiden om de vegetatie de gelegenheid te geven door het opgebrachte slik heen te groeien. Er dient niet over de akkers te worden gereden. De insporing van de rupsen mag maximaal 10 cm bedragen. De grondruggen aan de binnen- en buitenzijde van de rupsen dienen zodanig te worden weggestreken dat er geen water op de akkers achterblijft. Deze voorwaarden zijn inmiddels in de bestekken geregeld.

Door de verbeteringen aan de freesmachines (hoofdstuk 5.5.3) worden er in deze voor rijdende machines toch moeilijke zone nu optimale resultaten bereikt. Voor gedeelten van Het Bildt, ten oosten van de veerdam bij Holwerd en voor een gedeelte van de Negenboerenpolder is de bodem onder normale weersomstandigheden echter te slap voor een rijdende machine. Het gaat om gebieden met een snelle opslibbing en een lutumgehalte van ongeveer 20% of hoger. In deze gebieden wordt met de eerste begreppeling gewacht tot het terrein berijdbaar is. Ook onderhoudsbegreppelingen worden alleen uitgevoerd indien de terreinomstandigheden dit toelaten. Mocht boven de bewerkingsgrens een berijdbare toestand niet van nature bereikt worden dan is een eenmalige begreppeling met een pontonkraan wenselijk.

6 MONITORING EN VERDER ONDERZOEK

6.1 Doel

Het huidige systeem van waarnemingen en daaraan gekoppeld onderzoek is van belang voor het opstellen van uitvoeringsplannen, om de effecten van het beheer te kunnen toetsen aan het Beheersplan Buitendijkse Gronden en om projectmatige beheersvragen te kunnen beantwoorden, bv. over zeespiegelstijging en bodemdaling. Door de tweede trilaterale conferentie over kwelderbeheer in de internationale Waddenzee (Ovesen 1990) die in opdracht van de regeringen van de Waddenzeelanden werd gehouden, zijn aanbevelingen gedaan die de huidige inspanning ondersteunen:

IV 2. It is recommended to monitor vegetation by establishing a computable mapping system scale 1:10,000 covering the total area every 10 years, or every 5 years on a local basis, whenever changes in management require more detailed mapping.

IV 3. It is further recommended to monitor

- *grazing pressure each year;*
- *sedimentation on a regular basis, i.e. every 4 years;*
- *human activities.*

IV 4. The recommendations made under 1-3 should be taken into account by the trilateral working group which has been established to design a joint Wadden Sea monitoring programme; the programme should include a common data base and the designation of natural coordinators for the collection of data.

IV 7. Erosion processes may increase in the coming years as a result of sea-level rise, caused by the greenhouse-effect, and it is therefore recommended to carry out studies on the response of the tidal amplitude and the mean high-tide level to sea-level rise and their impact on salt marshes.

6.2 Beheersmetingen en monitoring

Tabel 6.1 geeft een overzicht van de beheersmetingen zoals die in de meetvakken, de proefvakken en de aanvullende proefvakken plaatsvinden. De meetvakken blijven voor de Dienstkring Delfzijl de belangrijkste bron van gegevens en functioneren al meer dan dertig jaar als zodanig. Zonder deze gegevens waren de huidige onderzoeksresultaten niet mogelijk geweest. Alle huidige meetvakken (één per 2 km kustlijn) bleken daarbij noodzakelijk om de effecten van het beheer en de natuurlijke veranderingen te kunnen beoordelen. De werkgroep heeft steeds de gegevens van alle meetvakken afzonderlijk verwerkt. Pas in een later stadium zijn ter wille van de overzichtelijkheid de bestanden gegroepeerd. Het beperken van de meetvakken tot één per groep (b.v. drie in Friesland en drie in

Tabel 6.1 Programma van hoogtemetingen in de primaire meetvakken (mp), secundaire meetvakken (ms), proefvakken (pr) en aanvullende proefvakken (ap) voor de periode 1987-1996.

Overzicht Meetprogramma meetploeg 1987 t/m 1996 FRIESLAND.

VAK NR:	CODE:	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	VAK NR:	CODE:
005-009	MS	G	G				X				X	005-009	MS
009-013	PR	G	G				X				X	009-013	PR
013-017	AP	G	G				X				X	013-017	AP
021-025	MP			GX	G				X			021-025	MP
041-045	MS		G				X				X	041-045	MS
053-057	MP			GX	G				X			053-057	MP
069-073	MS		G				X				X	069-073	MS
085-089	MP			GX	G	XG	XG	XG	X	XG	XG	085-089	MP
101-105	MS		G			X	X	X	X	X	X	101-105	MS
105-109	AP	G				X				X		105-109	AP
121-125	MP	G				X				X		121-125	MP
145-149	MP	G				X				X		145-149	MP
167-171	MP			GX	G	XG	XG	X	XG	XG	XG	167-171	MP
171-175	PR			G				X				171-175	PR
175-179	AP		G					X				175-179	AP
183-187	MS	G				X				X		183-187	MS
187-191	MS			G				X				187-191	MS
201-205	AP		G									201-205	AP
205-209	MS	G		G				X				205-209	MS
221-225	MS			G				X				221-225	MS
237-241	MS	G			G				X			237-241	MS

Overzicht Meetprogramma meetploeg 1987 t/m 1996 GRONINGEN.

VAK NR:	CODE:	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	VAK NR:	CODE:
260-264	MS				G				X			260-264	MS
286-290	MP	G	G				X				X	286-290	MP
290-294	PR	G	G				X				X	290-294	PR
294-298	AP	G	G				X				X	294-298	AP
308-312	MS				G				X			308-312	MS
324-328	MP		G	GX		X				X		324-328	MP
328-332	AP	G				X				X		328-332	AP
336-340	MS				G				X			336-340	MS
356-360	MP		G				X				X	356-360	MP
372-376	MS		G				X				X	372-376	MS
376-382	PR											376-382	PR
382-388	AP		G									382-388	AP
392-396	MP			G				X				392-396	MP
412-416	MS	G				X				X		412-416	MS
420-424	AP		G					X				420-424	AP
424-428	PR			G				X				424-428	PR
428-432	MP			GX	G	XG	XG	X	XG	XG	XG	428-432	MP
448-452	MS	G				X				X		448-452	MS
468-472	MP			GX	GX	XG	XG	X	XG	XG	XG	468-472	MP
488-492	MS	G		GX	GX	X	XG	XG	XG	X	XG	488-492	MS
508-512	MP			G				X				508-512	MP
520-524	MS		G		X		X		X		X	520-524	MS
540-544	MP				X		X		X		X	540-544	MP
556-560	PR	G	G									556-560	PR
560-564	MS	G	G		X		X		X		X	560-564	MS
580-584	MP			G		X		X		X		580-584	MP

XG = GEDEELTELIJK OPNEMEN

X = GEHEEL OPNEMEN

G = OPGENOMEN

GX = OPGENOMEN GEDEELTELIJK

PROEFVAKKEN WORDEN VANAF

1990 OM DE 4 JAAR OPGENOMEN

101-105 = elk jaar i.v.m.

tussendammen.

TOTAAL XG * * * 8 * 2 * 4 * 5 * 2 * 4 * 4 * 5 *

TOTAAL X *18 *19 * 8 *13 *11 *14 *14 *11 *11 *14 *

Groningen) zal een groot verlies aan informatie opleveren en tot onbetrouwbare resultaten leiden.

De hoogtemetingen en de vegetatieopnamen zijn het belangrijkste en dienen volgens de huidige waarnemingsintensiteit en omvang gehandhaafd te worden. De uitvoering van de vegetatieopnamen door de medewerkers van de Dienstkring Delfzijl heeft als bijkomend voordeel dat de medewerkers een veel grotere betrokkenheid bij de natuurlijke processen in de kwelderwerken hebben gekregen. Vermindering van de beheersmetingen is in 1990 gevonden in het stoppen met de bodembemonstering en de schatting van de beweidbaarheid. Als gevolg van de herverkaveling van de proefvakken en aanvullende proefvakken is het aantal dergelijke vakken in 1990 verminderd van vijftien naar tien hetgeen een aanzienlijke vermindering van beheersmetingen met zich meebrengt (tabel 6.1).

In de proefvakken en de daaraan grenzende meetvakken werden de hoogtemetingen eens per twee jaar verricht. Deze beheersmetingen in de proefvakken zijn vanaf 1990 gelijk getrokken met de meetvakken naar eens per vier jaar. Dat is in overeenstemming met de aanbevelingen van de Rømø-conferentie. De planning tot en met 1996 is nu zo dat vanaf 1993 weer met een regelmatige cyclus gemeten wordt (tabel 6.1). Voorlopig worden de effecten van de eerste tussendammen van 1989 jaarlijks gemeten in de meetvakken 85-89 en 101-105 en het verlaten van de buitenste bezinkvelden in 101-105. De oude meetvakken langs de Emmapolder (520-584) worden aangehouden vanwege het stoppen van de kwelderwerken daar en de forse bodemdaling.

De vegetatieopnamen in de meetvakken door de Dienstkring en de kartering van de vegetatie van het gehele terrein door de Meetkundige Dienst vullen elkaar uitstekend aan (hoofdstuk 3.5). Dat is een gebruikelijke procedure in vegetatiekundig onderzoek: jaarlijkse opnamen op een beperkt aantal vaste waarnemingspunten, ingepast in een volledig beeld met een lage opnamefrequentie (Dirksen & Slim 1990). Als schaal voor de vegetatiekaarten voldoet 1:10.000 (met een samenvatting schaal 1:25.000). Voor de luchtfoto's dient een opnamefrequentie van eens per vijf jaar te worden aangehouden en voor de uitwerking daarvan tot vegetatiekaarten normaal gesproken tien jaar, of eens per vijf jaar als de snelheid waarmee de vegetatie verandert daartoe aanleiding geeft. Dat is in overeenstemming met de aanbevelingen van de Rømø-conferentie. Het opnemen van de vegetatie in de meetvakken en het karteren van de vegetatie van de gehele kwelderwerken worden beide beschouwd als beheersmetingen. Daarom zullen ze geen deel uitmaken van het Landelijke Monitoring Programma.

Ten behoeve van de vegetatiekarteringen en de vegetatieopnamen is een vegetatieclassificatie volgens een vast typenstelsel ontwikkeld (Dijkema & Bossinade 1990). Daardoor is een rechtstreekse vergelijking van vegetietypen of van de inhoud van kaartvlakken van verschillende vegetatiekarteringen mogelijk (Dirkse & Slim 1990). Het programma wordt ook toegepast op de permanente kwadraten van het IBN. Tevens wordt ernaar gestreefd deze classificatie voor de monitoring in de gehele internationale Waddenzee en in Zuidwest-Nederland toegepast te krijgen.

6.3 Verder onderzoek

De studie en de experimenten in de kwelderzone zijn nu afgerond met een eindrapport. Daarin is tevens de hoofdlijn aangegeven voor het beheer van de overgangszone. Tijdens de volgende onderdelen zal de onderzoeksinspanning minder kunnen zijn dan tot nu toe het geval is geweest. Samenwerking van het IBN, de Dienstkring en de afdeling Advies en Onderzoek in de werkgroep blijft echter zeer gewenst. Op deze wijze is een intensieve toepassing van het unieke waarnemingssysteem van de Dienstkring Delfzijl en de vegetatiekarteringen van de Meetkundige Dienst gewaarborgd. Dat gebeurde in het verleden niet en heeft ertoe geleid dat de kwelderontwikkeling ongemerkt in de verkeerde richting is gegaan.

In de huidige werkopzet heeft de werkgroep nog drie taken te volbrengen:

1. De nieuw opgezette proeven met freeswerk en 'niets doen' in de overgangszone zullen nog enkele jaren (bv. t/m 1994) worden gevolgd. In de jaarverslagen wordt de stuurgroep op de hoogte gehouden van de resultaten.
2. De effecten van nieuwe beheersmaatregelen zoals de tussendammen in de overgangszone, het verlaten van de achterste dwarsdam van de buitenste bezinkvelden en de veranderingen in het grondwerk zullen met behulp van het bestaande waarnemingssysteem in de meetvakken en de proefvakken worden gevolgd. In het algemeen is een regelmatige wetenschappelijke evaluatie van het beheer van een werk dat vijf miljoen gulden per jaar kost op zijn plaats.
3. Verder heeft de stuurgroep toegestaan strategisch onderzoek uit te voeren naar de achterliggende processen met betrekking tot golfenergie, sedimentatie en vegetatievestiging. Voor dit onderzoek is externe financiering verkregen van het Nationaal Onderzoekprogramma Mondiale Luchtverontreiniging en Klimaatveranderingen. Daarmee zal een fysisch-geografisch promotieonderzoek van vier jaar en de benodigde apparatuur worden uitgevoerd. Begeleiders zijn het RIN, de Rijksuniversiteit Utrecht en de Rijkswaterstaat Directie Groningen. Door de samenwerking komt de know-how van de vakgroep Fysische Geografie van de Rijksuniversiteit Utrecht, die vergelijkbaar onderzoek heeft uitgevoerd in de Oosterschelde, voor het verdere onderzoek beschikbaar. Het onderzoek wordt uitgevoerd door twee tijdelijke medewerkers in nauwe samenwerking met een lopend onderzoeksproject van het Waterloopkundig Laboratorium, het IBN en het Fryske Gea in een bodemdalingsgebied op Ameland (financiering: NAM) en met een onderzoeksproject van de Louisiana State University naar modellering van sedimenttransporten in de Nederlandse kwelderwerken (financiering: Stichting Technische Wetenschappen). Met de resultaten van dit onderzoek kunnen beheersmaatregelen die de negatieve effecten van kweldererosie, bodemdaling en eventuele zeespiegelstijging tegengaan beter worden onderbouwd en eventueel eerder worden toegepast.

7 LITERATUUR

- Armstrong, W., E.J. Wright, S. Lythe & J.T. Gaynard 1985. Plant zonation and the effects of the spring-neap tidal cycle on soil aeration in a Humber salt marsh. *J. Ecol.* 73: 323-339.
- Beeftink, W.G. 1965. De zoutvegetatie van ZW-Nederland beschouwd in Europees verband. Med. Landbouwhogeschool 65-1. Veenman, Wageningen. 167 p.
- Bouwsema, P. 1967. Vegetatieontwikkeling van de Friese en Groninger Noordkust. Rijkswaterstaat Directie Groningen, Dienstkring Baflo. 38 p. + 6 vegetatiekaarten 1960-1983.
- Bouwsema, P., R.J. de Glopper & K.S. Dijkema 1987. Experiment natuurbeheer Rijkslandaanwinningswerken. Jaarverslag over 1986. Rijkswaterstaat Dienstkring Baflo; Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders; Rijksinstituut voor Natuurbeheer. 17 p.
- Bouwsema, P. R.J. de Glopper & K.S. Dijkema 1988. Experiment natuurbeheer Rijkslandaanwinningswerken. Jaarverslag over 1987. Rijkswaterstaat Dienstkring Baflo; Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders; Rijksinstituut voor Natuurbeheer. 21 p.
- Bouwsema, P., R.J. de Glopper & K.S. Dijkema 1989. Experiment natuurbeheer Rijkslandaanwinningswerken. Jaarverslag over 1988. Rijkswaterstaat Dienstkring Baflo; Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders; Rijksinstituut voor Natuurbeheer. 24 p.
- Brereton, A.J. 1971. The structure of the species populations in the initial stages of salt-marsh succession. *J. Ecol.* 59 (2): 321-338.
- Christiansen, C. & P.F. Miller 1983. *Spartina* in Mariager Fjord, Denmark: the effect on sediment parameters. *Earth Surface processes and Landforms* 8: 55-62.
- Dankers, N., K.S. Dijkema, P.J.H. Reijnders & C.J. Smit 1990. De Waddenzee in de toekomst - waarom en hoe te bereiken? RIN-rapport 90/19. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel. 112 p.
- Diggelen, J. van 1988. A comparative study on the ecophysiology of salt marsh halophytes. Thesis Free University Amsterdam. 208 p.
- Dijkema, K.S. 1975. Vegetatie en beheer van de kwelders en landaanwinningswerken aan de Waddenzeekust van Noord-Groningen. Werkgroep Waddegebied. Med. nr. 2. 49 p.
- Dijkema, K.S. 1983. The salt-marsh vegetation of the mainland coast, estuaries and Halligen. In: K.S. Dijkema & W.J. Wolff (eds), *Flora and vegetation of the Wadden Sea islands and coastal areas*. Balkema, Rotterdam; 185-220.
- Dijkema, K.S. 1987. Changes in salt-marsh area in the Netherlands Wadden Sea after 1600. In: A.H.L. Huiskes, C.W.P.M. Blom & J. Rozema. *Vegetation between land and sea*. Junk Dordrecht; 42-49.
- Dijkema, K.S. 1991. Toekomstig beheer van kwelders op de eilanden en het vasteland. *Waddenbulletin* 91-3: 118-122 p.

- Dijkema, K.S. & B. Heydemann 1984. Wadden Sea and Southwest Netherlands. In: K.S. Dijkema, W.G. Beeftink, J.P. Doody, J.M. Géhu, B. Heydemann & S. Rivaz Martinez, Salt marshes in Europe. Council of Europe, Strasbourg; 82-103.
- Dijkema, K.S. & J.Bossinade 1990. Vegetatieclassifikatie van Waddenzeekwelders volgens een vast typenstelsel. Intern RIN-rapport 90/15. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel; Rijkswaterstaat Directie Groningen, afd. ANA. 37 p.
- Dijkema, K.S., J. van den Bergs, J.H. Bossinade, P. Bouwsema, R.J. de Glopper & J.W.Th.M. van Meegen 1988. Effecten van rijzendammen op de opslibbing en op de omvang van de vegetatiezones in de Friese en Groninger landaanwinningswerken. Rijkswaterstaat Directie Groningen, Nota GRAN 1988-2010; Rijksinstituut voor Natuurbeheer, RIN-rapport 88/66; Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, RIJP-rapport 1988-33 Cbw. 119 p.
- Dirkse, G.M. & P.A. Slim 1990. Naar een methode voor het monitoren van vegetatieontwikkeling in het waddengebied. RIN-rapport 90/5. Rijksinstituut voor Natuurbeheer Leersum. 40 p.
- Eerde, L.A.AE. van 1942. De landaanwinning van het Noorderleegs buitenveld. Tijdschrift Nederlands Aardrijkskundig Genootschap, 2e reeks, deel 59: 1-23.
- Eerdt, M.M. van 1985. The influence of vegetation on erosion and accretion in salt marshes of the Oosterschelde, The Netherlands. *Vegetatio* 62: 367-373.
- Erchinger, H.F. 1985. Dünen, Watt und Salzwiesen. Der Niedersächsische Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Hannover: 1-59.
- Groenendijk, A.M. 1986. Establishment of a *Spartina anglica* population on a tidal mudflat: a field experiment. *J. Environmental Management* 22: 1-12.
- Grotjahn, M., H. Michaelis, B. Obert & H.-J. Stephan 1983. Höhenentwicklung, Sediment, Vegetation und Bodenfauna in den Landgewinnungsfeldern beiderseits des Cappeler Tiefs (1957 bis 1978). Forschungsstelle Norderney, Jahresbericht 1982, Band 34: 63-94.
- Heykena, A. 1970. Die Vegetation des Vorlandes bei Hilgenriedersiel. Forschungsstelle Norderney, Jahresbericht 1968, Band 20: 78-104.
- Jakobsen, B. 1953. Landskabsudviklingen i Skalligmarsken. *Geografisk Tidsskrift* 52: 147-158.
- Jakobsen, B. 1954. The tidal area in south-western Jutland and the process of the salt marsh formation. *Geografisk Tidsskrift* 53: 49-61.
- Jespersen, M. & R. Rasmussen 1989. Margarethe-Koog. Landgewinnung und Küstenschutz im südlichen Teil des dänischen Wattenmeeres. *Die Küste* 50: 97-154.
- Kamps, L.F. 1962. Mud distribution and land reclamation in the eastern Wadden shallows. Rijkswaterstaat communication 4: 1-73.
- Kloosterman, E.H., P. Keyzer & R.J.M. Poot, z.j. Vegetatiekaart Schorren van Texel, Balgzand, Den Oever, Duinen bij Cocksdorp op basis van luchtfoto's 1986. Toelichting bij de vegetatiekaart. Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft. 48 p.
- König, D. 1948. *Spartina townsendii* an der Westküste von Schleswig-Holstein. *Planta* 36: 34-70.

- Kroeze, T.A.G., J. van den Bergs, J. Bossinade & K.S. Dijkema 1991. Experiment Natuurbeheer Rijkslandaanwinningswerken. Jaarverslag medio-1990 - medio-1991. Rijkswaterstaat Directie Groningen; DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek. 17 p.
- Leeuwen, Chr. G. van 1966. Het botanisch beheer van natuurreservaten op structuur-oecologische grondslag. *Gorteria* 3: 16-28.
- Michaelis, H. 1974. Beitrag zur Frage des Nutzens von *Spartina townsendii* für die Landgewinnung und zur Fauna der Verlandungszone in der Emsmündung. Forschungsstelle Norderney, Jahresbericht 1973, Band 25: 141-146.
- Norusis, M.J. 1988. SPSS/PC+ V2.0 Base Manual. SPSS INC., Chicago.
- Ovesen, C.H. 1990. Saltmarsh management in the Wadden Sea region. Ministry of the Environment, Denmark. 203 p.
- Pethik, J. & D. Reed 1987. Coastal protection in an area of salt-marsh erosion. Coastal Sediments '87, New Orleans. 11 p.
- Raabe, E.W. 1981. Über das Vorland der östlichen Nordseeküste. Mitt. Arbeitsgemeinschaft Geobotanik Schleswig-Holstein und Hamburg 31. 118 p.
- Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst 1989. Vegetatiekaart landaanwinningswerken in Friesland en Groningen 1:25.000. Rijkswaterstaat Directie Groningen, Dienstkring Delfzijl.
- Scherfose, V. 1989. Salzmarsch-Pflanzengesellschaften der Leybucht. Einflüsse der Rinderbeweidung und Überflutungshäufigkeit. *Drosera* 89 (1/2): 105-112.
- Snow, A.A. & S.W. Vince 1984. Plant zonation in an Alaskan salt marsh II. An experimental study of the role of edaphic conditions. *J. Ecol.* 72: 669-684.
- Vince, S.W. & A.A. Snow 1984. Plant zonation in an Alaskan salt marsh I. Distribution, abundance and environmental factors. *J. Ecol.* 72: 651-667.
- Westhoff, V. & A.J. den Held 1969. Plantengemeenschappen in Nederland. Thieme, Zutphen. 324 p.
- Wohlenberg, E. 1938. Biologische Kulturmaßnahmen mit dem Queller (*Salicornia herbacea* L.) zur Landgewinnung im Wattenmeer. *Westküste* 1 (2): 52-104.
- Wohlenberg, E. 1953. Sinkstoff, Sediment und Anwachs am Hindenburgdamm. *Die Küste* 1953 (2): 33-94.
- Wolff, W.J. 1988. De internationale betekenis van de Nederlandse natuur. RIN-rapport 88/32. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum. 173 p.

Bijlage 1**FORTRAN-hulpprogramma's****Categorie 1 (gegevens presentatie zonder of met kleine bewerkingen)**

MATRIX2.PRG. Vervaardigt een gegevensmatrix voor elk vak uit een blok van vier aaneengesloten vakken. Elke variabele met uitzondering van 'plt' kan gekozen worden. In de matrixkolommen zijn de jaren van 1960-1990 ondergebracht, in de matrixregels de subvakken A t/m S. Het programma maakt gebruik van het FORTRAN-programma MATRIX2.EXE. De uitvoer wordt naar een verzamelbestand in ASCII-formaat gestuurd.

3DPAR.PRG. Vervaardigt een 3D-histogram van één variabele gekozen uit een beperkt aantal variabelen voor de jaren 1983-1990 van elk subvak uit een gekozen vak. Het programma gebruikt het FORTRAN-programma 3DPAR.EXE. De uitvoer gaat naar de file HAR.DAT. Met behulp van de template 3DPAR.TPL kan met Harvard Graphics een grafiek getekend worden.

KIESPAR.PRG. Bepaalt het gemiddelde en de spreiding van de waarden voor ieder jaar van een gekozen variabele, uit een beperkt aantal variabelen, in een gekozen vakgroep voor een gekozen hoogteinterval. Het FORTRAN-programma KIESPAR.EXE wordt hierbij gebruikt. De uitvoer wordt in de file HAR.DAT geplaatst en kan met de template KIESPAR.TPL in Harvard Graphics getekend worden.

SVPAR.PRG. Bepaalt het gemiddelde en het 95% bti van het gemiddelde van één variabele uit een beperkt aantal variabelen voor elk jaar voor een gekozen (sub)vakgroep. Hierbij wordt het FORTRAN-programma SVPAR.EXE gebruikt. De resultaten kunnen via de uitvoerfile HAR.DAT en de template SVPAR.TPL getekend worden.

SINGPAR.PRG. Selecteert de waarden van maximaal drie variabelen uit één gekozen subvak in een gekozen tijdinterval. Er wordt gebruik gemaakt van het FORTRAN-programma SINGPAR.EXE de resultaten kunnen via de uitvoerfile HAR.DAT en de template SINGPAR.TPL getekend worden.

Categorie 2 (onderzoek relatie opslibbing met andere parameters)

SVOPS.PRG. Berekent voor een gekozen vakcluster en een gekozen tijdinterval per subvak de gemiddelde opslibbingssnelheid en het 95% bti van het gemiddelde, tevens wordt voor elk subvak de gemiddelde hoogte t.o.v. het gemiddelde hoogwater berekend. Er wordt gebruik gemaakt van het

MHOPS.PRG. Berekent voor een gekozen vakcluster en een gekozen tijdinterval de gemiddelde opslibbingssnelheid en het 95% bti van dit gemiddelde voor elke klasse van de in klassen (breedte 10 cm) verdeelde maaiveldhoogten. Er wordt gebruik gemaakt van het FORTRAN-programma MHOPS.EXE. De uitvoer gaat naar de file HAR.DAT en kan met de template MHOPS.TPL getekend worden.

STAGROND.PRG. Berekent voor elke klasse van het in klassen verdeelde greppelonderhoud de gemiddelde opslibbing en het 95% bti van dat gemiddelde voor een gekozen vakgroep, tijdinterval en hoogteinterval. Voor elk subvak wordt het gemiddelde opslibbingscijfer van de volgende twee jaar gebruikt. De uitvoer gaat naar de file HAR.DAT en kan getekend worden met de template grondat.tpl.

Categorie 3 (onderzoek relatie vegetatie met andere parameters)

GRENS.PRG. Bepaalt gemiddelde ondergrenzen van een vegetatietype(n) voor een gekozen vakgroep in een vijftal vaste tijdintervallen. Het FORTRAN-programma GRENS.EXE wordt gebruikt. De uitvoer gaat naar de file HAR.DAT en kan getekend worden met de template GRENS.TPL

VEGDIF.PRG. Berekent voor een gekozen vegetatietype het gemiddelde en de spreiding van de hoogteligging t.o.v. GHWL in een gekozen vakcluster in een vijftal vaste tijdintervallen. De uitvoer gaat naar de file HAR.DAT en kan met VEGDIF.TPL getekend worden.

VEGHG.PRG. Berekent voor alle vegetatietypen het gemiddelde en de spreiding van de hoogteligging voor een gekozen vakcluster in een gekozen tijdinterval. De uitvoer gaat naar de file HAR.DAT en kan met de template VEGHG.TPL getekend worden.

VEGOPS.PRG Berekent voor elk vegetatietype het gemiddelde en de spreiding van de opslibbingssnelheid in een gekozen vakcluster en een gekozen tijdinterval. De uitvoer gaat naar de file HAR.DAT en kan met de template VEGOPS.TPL getekend worden.

SVVEG.PRG. Bepaalt per plant (max. 7) het gemiddelde van de bedekkingsgraad voor ieder jaar in een gekozen (sub)vakgroep en tijdinterval, tevens wordt de gemiddelde hoogte t.o.v. GWHL of GHWR bepaald. Gebruikt wordt het FORTRAN-programma SVVEGR.EXE. De uitvoer gaat naar de file HAR.DAT en kan met de template SVVEGR.TPL getekend worden.

Categorie 4 (voorbereiden gegevens SPSS berekeningen)

SPSGR.PRG. Selecteert voor een gekozen vakcluster in een gekozen tijdvak hoogte-, opslibbings- en grondwerkgegevens. De beide FORTRAN-programma's STA2GR.EXE en SPSGR.EXE maken een klasseverdeling en berekenen waarden van een aantal hulpvariabelen. De uitvoer gaat naar de file WERK.TXT deze file wordt door SPSS gebruikt voor het maken van een multiple regressie analyse.

GROND.PRG. Selecteert voor een gekozen vakcluster in een gekozen tijdvak hoogte,vegetatie,opslibbings en grondwerkgegevens. De beide FORTRAN-programma's GROND.EXE en GRINTER.EXE voeren een aantal bewerkingen uit waarbij de invloed van het grondwerk over drie volgende jaren via een dalende reeks geextrapoleerd wordt en de opslibbingswaarden een jaar verschoven worden. De uitvoer gaat naar de dBase file WERK.DBF, deze file wordt door SPSS gebruikt voor statistische bewerkingen.

Categorie 5 (overige programma's)

HELLING1.PRG. Berekent voor een gekozen vakcluster in een gekozen tijdvak het gemiddelde en de spreiding van de hellingwaarden, waarbij 'helling' gedefinieerd wordt als het hoogteverschil tussen twee opeenvolgende subvakken. Er wordt gebruik gemaakt van het FORTRAN-programma HELLING1.EXE. De uitvoer gaat naar de file HAR.DAT en kan met de template HELLING.TPL met Harvard Graphics getekend worden.

Bijlage 2

MULTIPLE REGRESSIE-ANALYSE VAN HET VERBAND TUSSEN GREPPELONDERHOUD EN OPSLIBBINGSSNELHEID

Regressie-analyse wordt gebruikt om de mate van verbondenheid tussen een afhankelijke en één of meer onafhankelijke variabelen te bepalen. Bij regressie-analyse wordt uitgegaan van een causaal verband, dit in tegenstelling tot correlatie-analyse. Een correlatie-analyse of een spreidingsdiagram wordt vaak gebruikt om een eerste indruk van mogelijke verbanden te krijgen. In de hierna te bespreken gevallen wordt uitgegaan van lineaire verbanden. Er moet van te voren wel onderzocht worden of deze aannamen juist zijn. Hoewel het mogelijk is een regressie-analyse toe te passen op kromlijnige verbanden wordt dit verband om de volgende reden daar geen gebruik van gemaakt. Ter verkrijging van bruikbare resultaten moet van te voren een goede schatting van de aard van het kromlijnig verband bekend zijn, bijvoorbeeld logaritmisch of exponentieel. Voor opslibbing en hoogte is al van te voren bekend dat er een kromlijnig verband bestaat. Dit verloop is echter moeilijk in een wiskundig te beschrijven kromme te gieten. Er is in dit geval gekozen voor het opdelen van de hoogte in zones waarbij wordt aangenomen dat binnen een zone de opslibbing rechtlijnig verloopt. Voor de overige onafhankelijke variabelen is het niet of nauwelijks mogelijk een dergelijke opdeling te maken. Gelukkig biedt SPSS de mogelijkheid te toetsen of een bepaalde variabele bijdraagt aan de regressie. Door het uitvoeren van deze toets op alle onafhankelijke variabelen kunnen de niet relevante variabelen uitgeselecteerd en verwijderd worden.

Hierna volgt een uitleg van de belangrijkste uitkomsten van een lineaire multiple-regressie berekening uitgevoerd met SPSS. Berekeningsvoorbeelden zijn weergegeven. De SPSS-uitvoer begint met een lijst van alle ingevoerde variabelen met het gemiddelde en de spreiding per variabele zoals aangegeven in tabel 1.

Tabel 1. Overzicht ingevoerde variabelen met gemiddelde en spreiding.

	Mean	Std Dev	Label
GWH	1.682	1.128	Grondwerkhoeveelheid
GWT	.933	1.030	Grondwerktype
GHWL	-39.912	13.090	GHW trendlijn
JRO	79.740	4.326	Jaar opname
NR	2.913	1.339	Vaknummer
OPS	7.496	13.823	Opslibbing cm/jr

Vervolgens wordt het aantal waarnemingen gegeven waarop de berekening betrekking heeft, met aansluitend een correlatiematrix waarin alle variabelen opgenomen zijn (tabel 2). In deze matrix komen mogelijke onderlinge verbanden al naar voren. De correlatiecoëfficiënt, hier verder aangeduid met 'cf', kan een waarde tussen -1 en +1 hebben, waarbij 0 geen verband, en +1 en -1 een volledig verband aangeven. Een negatieve cf geeft aan dat toename van de ene variabele afname van de andere variabele betekent en omgekeerd.

Tabel 2. Correlatiematrix voor ingevoerde variabelen.

N of Cases = 1685						
Correlation:						
	GWH	GWT	GHWL	JRO	NR	OPS
GWH	1.000	.660	.490	-.022	.119	-.038
GWT	.660	1.000	.562	-.190	.103	-.065
GHWL	.490	.562	1.000	-.128	-.062	-.034
JRO	-.022	-.190	-.128	1.000	-.033	.050
NR	.119	.103	-.062	-.033	1.000	-.227
OPS	-.038	-.065	-.034	.050	-.227	1.000

Vervolgens wordt de samenstelling van de vergelijking uit de opgegeven variabelen gegeven, waarbij één variabele wordt gekozen als afhankelijke, in dit geval de opslibbing (tabel 3).

Tabel 3. Variabelen in de regressievergelijking; opslibbing is de afhankelijke variabele.

Dependent Variable.. OPS Opslibbing cm/jr		
Variable(s)	Entered on	Step Number
1.. NR		Vaknummer
2.. JRO		Jaar opname
3.. GWH		Grondwerkhoeveelheid
4.. GHWL		GHW trendlijn
5.. GWT		Grondwerktype

De nu volgende getallen (tabel 4), zijn belangrijk voor de interpretatie van de uitgevoerde analyse. De 'Multiple R' is de meervoudige cf. Deze kan beschouwd worden als de enkelvoudige cf tussen de waargenomen waarden van de afhankelijke variabele, hier de opslibbing, en de geschatte waarden van de opslibbing met de regressievergelijking. Het kwadraat van R, 'R square', geeft aan welk deel van de variantie van de afhankelijke variabele is verklaard door de onafhankelijke variabelen. In het voorbeeld is dit dus ongeveer 5.6 %. De 'Adjusted R Square' is de aangepaste R Square voor het aantal variabelen en het aantal waarnemingen. Deze is in het algemeen lager naarmate het aantal

variabelen hoger, en het aantal waarnemingen lager is. De 'Standard Error' is de spreiding van de residuen. Hiervoor geldt: hoe hoger R Square hoe lager de spreiding.

Tabel 4. Correlatie-coëfficiënten regressieberekening.

Multiple R	.23603
R Square	.05571
Adjusted R Square	.05290
Standard Error	13.45265

Het volgende gedeelte van de uitvoer betreft een variantieanalyse (tabel 5). De variantie van de afhankelijke variabele is verdeeld over twee componenten. Eén deel wordt verklaard door de onafhankelijke variabelen. 'Regression', het overblijvende deel wordt niet verklaard, 'Residual'. In de eerste kolom wordt het aantal vrijheidsgraden van de beide componenten gegeven, in de tweede kolom de kwadraatsommen en in de derde kolom de kwadraatsomafwijking. Uit deze getallen kan R Square en de spreiding worden afgeleid die beide al eerder gegeven zijn. Vervolgens wordt een F-toets uitgevoerd. De nulhypothese luidt dat voor de populatie een R Square van nul geldt. Bij een waarde $< 0,05$ wordt deze verworpen.

Tabel 5. Variantieanalyse en F-toets regressieberekening.

Analysis of Variance			
	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	5	17926.29008	3585.25802
Residual	1679	303854.92654	180.97375
F =	19.81093	Signif F =	.0000

De uitvoer gaat verder met de beschrijving van de regressielijn (tabel 6). In de eerste kolom staan de regressie-coëfficiënten onder 'B'. De vergelijking in het voorbeeld ziet er dus als volgt uit:

$$OPS = 4.39 - 2.36 * NR + 0.1 * JRO + 0.40 * GWH - 0.04 * GHWL - 0.45 * GWT$$

Omdat de variabelen in het algemeen een verschillende schaling hebben zijn de regressie-coëfficiënten niet zonder meer vergelijkbaar. In de kolom 'beta' worden de gestandaardiseerde coëfficiënten gegeven, waarbij het relatieve belang van de bijbehorende parameter beter tot uitdrukking komt. Onder de kolom 'SE B' is de standaarddeviatie van de regressie-coëfficiënt opgenomen, deze wordt evenals de T-waarde gebruikt bij het uitvoeren van de T-toets. De nulhypothese van de T-toets luidt: 'de regressie-coëfficiënt is nul'. Met behulp van deze toets worden de niet relevante variabelen uit de

regressievergelijking verwijderd, waarna de berekening met een gereduceerd aantal variabelen opnieuw gemaakt wordt. Bij een α van 0,05 als betrouwbaarheidsgrens, wordt in het voorbeeld de nulhypothese alleen maar voor de variabele NR verworpen, dit betekent dat de overige variabelen niet gebruikt mogen worden, omdat de kans dat de regressie-coëfficiënt 0 is te groot is.

Tabel 6. Regressie-coëfficiënten en T-toets van de regressieberekening.

----- Variables in the Equation-----					
Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
NR	-2.36003	.25013	-.22864	-9.435	.0000
JRO	.09979	.07812	.03122	1.277	.2017
GWH	.40347	.40085	.03293	1.007	.3143
GHWL	-.04412	.03131	-.04178	-1.409	.1590
GWT	-.44974	.46609	-.03350	-.965	.3347
(Constant)	4.39295	6.38653		.688	.4916

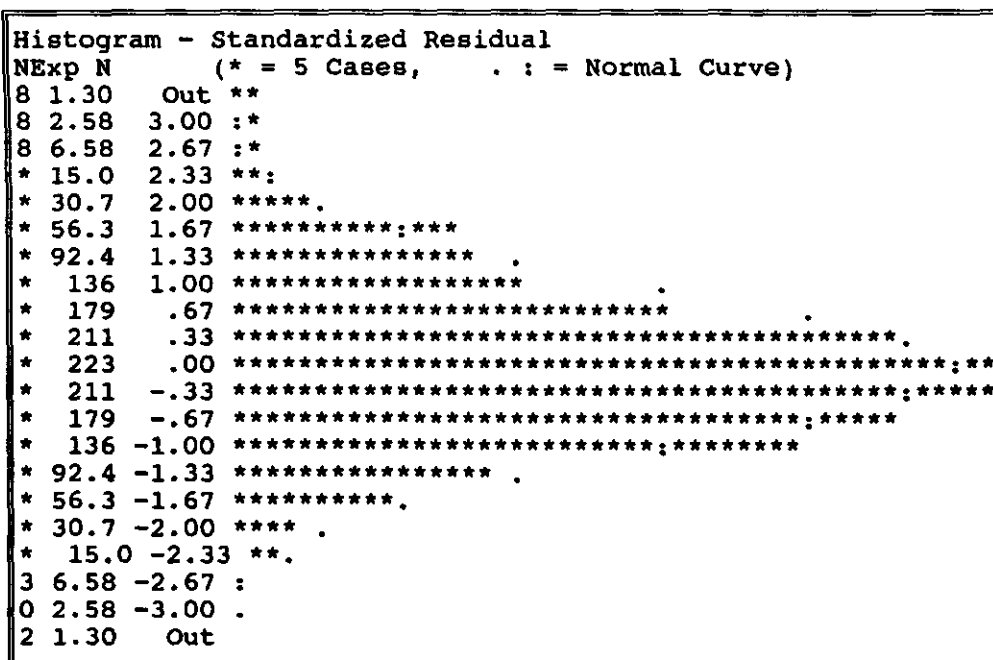
De uitkomst van de Durbin-Watson Test (tabel 7) wordt gebruikt om de mate van autocorrelatie vast te stellen van de opeenvolgende residuen. Onder autocorrelatie verstaat men de afhankelijkheid van elkaar van opeenvolgende waarnemingen in een reeks. De berekende waarde ligt tussen nul en vier. Een waarde 2 geeft aan dat er geen autocorrelatie is. Deze test wordt meer bij tijdreeks analyse gebruikt.

Tabel 7. Durbin-Watson test.

Durbin-Watson Test = .80935

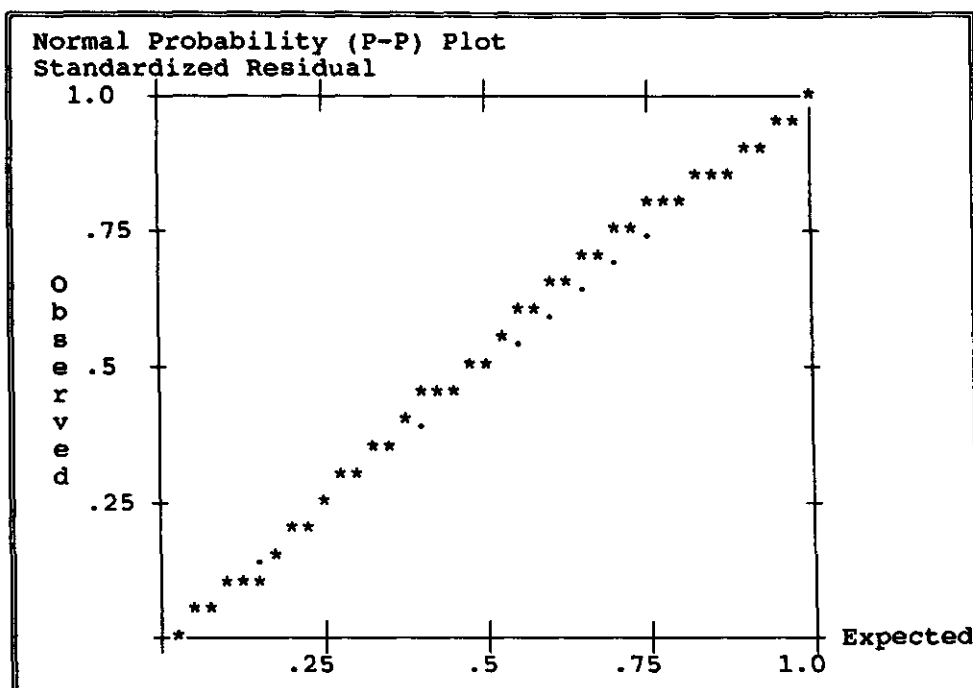
Vervolgens wordt een histogram gegeven waarin de verdeling van de residuen aangegeven wordt (tabel 8). Bij normaal verdeelde residuen zouden de puntjes op de buitenste sterretjes van de kolommen vallen.

Tabel 8. Histogram van de gestandaardiseerde residuen.



Tenslotte wordt nog een plot gegeven (tabel 8) waarin de mate van autocorrelatie van de residuen tot uitdrukking komt. Bij geen autocorrelatie volgt de sterretjeslijn in het diagram de diagonaal.

Tabel 9. Spreidingsdiagram gestandaardiseerde residuen.



Voor een meer gedetailleerde uitleg van de SPSS-berekeningen wordt verwezen naar Norusis (1988).

Hierna volgen de regressieanalyses in de eerder gedefinieerde zones voor Friesland en Groningen. Niet alle uitgevoerde analyses worden gepresenteerd. Op grond van de uitkomst van de diverse toetsen zijn aangepaste berekeningen uitgevoerd met een wisselende set onafhankelijke variabelen. Deze verdere analyses gaven geen significant afwijkende resultaten van de gepresenteerde berekeningen. Uit geen enkele van de uitgevoerde analyses kan tot een significant verband tussen grondwerk en opslibbing geconcludeerd worden. De cijfers spreken voor zichzelf en worden verder zonder commentaar gegeven.

* * * * MULTIPLE REGRESSION * * * *

Friesland: Vak 5 t/m 240
 1973 t/m 1989
 -200 t/m -60 cm t.o.v. GHWT [Wadzone]

	Mean	Std Dev	Label
GWH	1.011	.159	Grondwerkhoeveelheid
GWT	.032	.251	Grondwerktype
GHWL	-76.806	10.169	GHW trendlijn
JRO	79.628	4.261	Jaar opname
NR	115.332	72.051	Vaknummer
OPS	9.812	15.773	Opslibbing cm/jr

N of Cases = 1332

Correlation:

	GWH	GWT	GHWL	JRO	NR	OPS
GWH	1.000	.480	.080	-.047	.095	.007
GWT	.480	1.000	.130	-.068	.078	-.071
GHWL	.080	.130	1.000	.113	-.239	-.143
JRO	-.047	-.068	.113	1.000	.102	.411
NR	.095	.078	-.239	.102	1.000	.010
OPS	.007	-.071	-.143	.411	.010	1.000

Equation Number 1 Dependent Variable.. OPS Opslibbing cm/jr

Variable(s) Entered on Step Number

1..	NR	Vaknummer
2..	GWT	Grondwerktype
3..	JRO	Jaar opname
4..	GHWL	GHW trendlijn
5..	GWH	Grondwerkhoeveelheid

Multiple R .46470
 R Square .21595
 Adjusted R Square .21299
 Standard Error 13.99311

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	5	71512.71298	14302.54260
Residual	1326	259640.36510	195.80721

F = 73.04400 Signif F = .0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
NR	-.01990	5.59248E-03	-.09091	-3.559	.0004
GWT	-2.56588	1.76287	-.04077	-1.456	.1458
JRO	1.64680	.09191	.44489	17.917	.0000
GHWL	-.33416	.03983	-.21544	-8.390	.0000
GWH	7.25519	2.75120	.07336	2.637	.0085
(Constant)	-151.93663	8.80126		-17.263	.0000

Equation Number 1 Dependent Variable.. OPS Opslibbing cm/jr

Residuals Statistics:

	Min	Max	Mean	Std Dev	N
*PRED	-11.3722	31.0208	9.8123	7.3300	1332
*RESID	-52.6777	85.6871	-.0000	13.9668	1332
*ZPRED	-2.8901	2.8934	.0000	1.0000	1332
*ZRESID	-3.7645	6.1235	-.0000	.9981	1332

Total Cases = 1332

Durbin-Watson Test = .58429

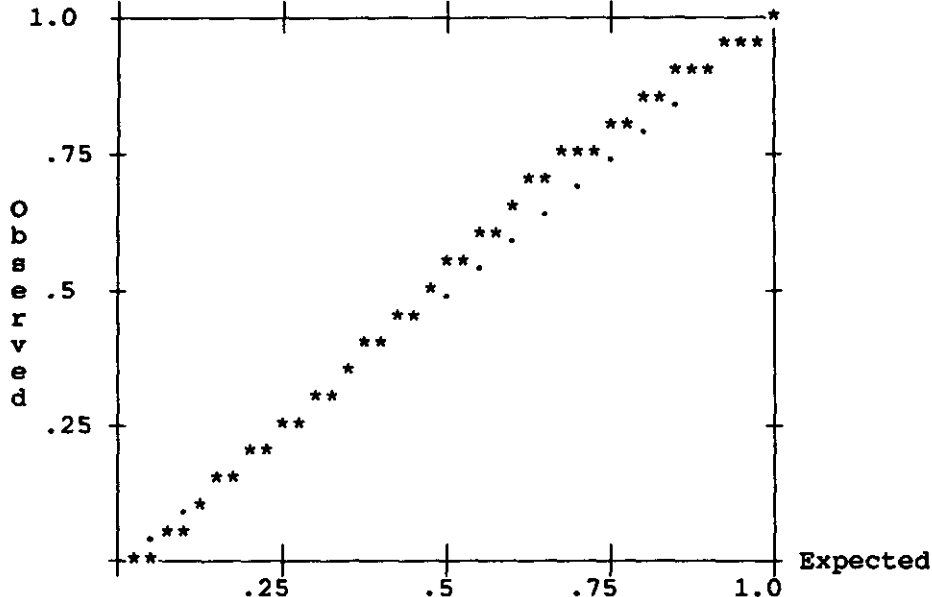
Histogram - Standardized Residual

NExp N (* = 4 Cases, . : = Normal Curve)

```

* 1.03    Out ****
5 2.04    3.00 :
5 5.20    2.67 :
7 11.9    2.33 **.
* 24.3    2.00 *****.
* 44.5    1.67 *****.
* 73.1    1.33 *****.
* 107    1.00 *****.
* 141    .67 *****.
* 167    .33 *****;
* 176    .00 *****;
* 167    -.33 *****;
* 141    -.67 *****;
* 107    -1.00 *****;
* 73.1    -1.33 *****;
* 44.5    -1.67 *****.
8 24.3    -2.00 **.
0 11.9    -2.33 .
2 5.20    -2.67 :
1 2.04    -3.00 .
2 1.03    Out *
    
```

Normal Probability (P-P) Plot
Standardized Residual



* * * * MULTIPLE REGRESSION * * * *

Friesland: Vak 5 t/m 240
 1973 t/m 1989
 -60 t/m -16 cm t.o.v. GHWT [Kale overgangszone]

	Mean	Std Dev	Label
GWH	1.608	1.082	Grondwerkhoeveelheid
GWT	.868	1.020	Grondwerktype
GHWL	-42.024	11.226	GHW trendlijn
JRO	79.839	4.327	Jaar opname
NR	2.925	1.325	Vaknummer
OPS	7.097	13.723	Opplibbing cm/jr

N of Cases = 1557

Correlation:

	GWH	GWT	GHWL	JRO	NR	OPS
GWH	1.000	.655	.472	-.040	.141	-.057
GWT	.655	1.000	.558	-.202	.131	-.092
GHWL	.472	.558	1.000	-.106	-.060	-.102
JRO	-.040	-.202	-.106	1.000	-.043	.086
NR	.141	.131	-.060	-.043	1.000	-.228
OPS	-.057	-.092	-.102	.086	-.228	1.000

Equation Number 1 Dependent Variable.. OPS Opplibbing cm/jr

Variable(s) Entered	on Step Number
1.. NR	Vaknummer
2.. JRO	Jaar opname
3.. GHWL	GHW trendlijn
4.. GWH	Grondwerkhoeveelheid
5.. GWT	Grondwerktype

Equation Number 1 Dependent Variable.. OPS Opplibbing cm/jr

Multiple R	.26605
R Square	.07078
Adjusted R Square	.06779
Standard Error	13.24974

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	5	20741.65619	4148.33124
Residual	1551	272286.69962	175.55558

F = 23.62973 Signif F = .0000

Equation Number 1 Dependent Variable.. OPS Opplibbing cm/jr

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
NR	-2.46999	.26058	-.23855	-9.479	.0000
JRO	.19800	.07994	.06243	2.477	.0134
GHWL	-.15408	.03719	-.12604	-4.143	.0000
GWH	.53105	.42262	.04186	1.257	.2091
GWT	-.07633	.48332	-5.676E-03	-.158	.8745
(Constant)	-8.74814	6.66482		-1.313	.1895

Equation Number 1 Dependent Variable.. OPS Opслиbbing cm/jr

Residuals Statistics:

	Min	Max	Mean	Std Dev	N
*PRED	-3.8001	15.2338	7.0970	3.6510	1557
*RESID	-47.9712	58.4613	-.0000	13.2284	1557
*ZPRED	-2.9847	2.2286	-.0000	1.0000	1557
*ZRESID	-3.6205	4.4123	-.0000	.9984	1557

Total Cases = 1557

Durbin-Watson Test = .82066

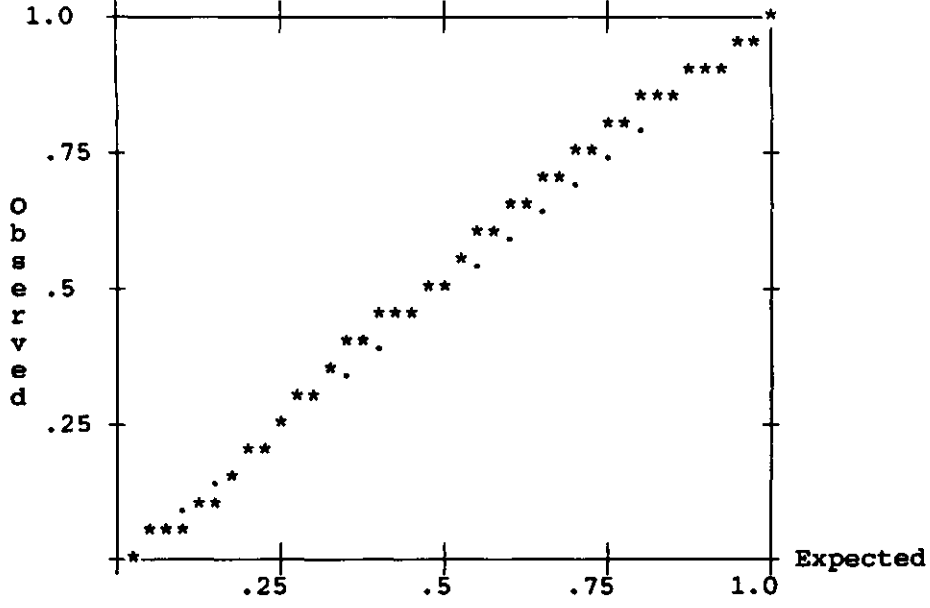
Histogram - Standardized Residual

NExp N (* = 4 Cases, . : = Normal Curve)

```

9 1.20    Out **
5 2.39    3.00 :
* 6.08    2.67 *; **
* 13.9    2.33 **; *
* 28.4    2.00 *****
* 52.1    1.67 *****; ***
* 85.4    1.33 *****
* 126    1.00 *****
* 165    .67 *****
* 195    .33 *****; ****
* 206    .00 *****; **
* 195    -.33 *****; ****
* 165    -.67 *****; ****
* 126    -1.00 *****; ****
* 85.4    -1.33 *****
* 52.1    -1.67 *****
* 28.4    -2.00 ****
* 13.9    -2.33 **;
3 6.08    -2.67 *
0 2.39    -3.00 .
2 1.20    Out *
    
```


Normal Probability (P-P) Plot
Standardized Residual



***** MULTIPLE REGRESSION *****

Friesland : Vak 5 t/m 240
 1973 t/m 1989
 -16 t/m 6 cm t.ov. GHWT [Begroeide overgangszone]

Listwise Deletion of Missing Data

	Mean	Std Dev	Label
GWH	2.574	1.177	Grondwerkhoeveelheid
GWT	1.569	.777	Grondwerktype
GHWL	-5.585	6.096	GHW trendlijn
JRO	78.566	3.920	Jaar opname
NR	2.872	1.414	Vaknummer
OPS	12.580	11.448	Opslibbing cm/jr

N of Cases = 376

Correlation:

	GWH	GWT	GHWL	JRO	NR	OPS
GWH	1.000	.408	-.040	.444	.027	-.042
GWT	.408	1.000	-.095	.178	-.074	.025
GHWL	-.040	-.095	1.000	.055	.053	-.163
JRO	.444	.178	.055	1.000	.097	-.171
NR	.027	-.074	.053	.097	1.000	-.234
OPS	-.042	.025	-.163	-.171	-.234	1.000

Equation Number 1 Dependent Variable.. OPS Opslibbing cm/jr

Variable(s) Entered on Step Number

1..	NR	Vaknummer
2..	GWH	Grondwerkhoeveelheid
3..	GHWL	GHW trendlijn
4..	GWT	Grondwerktype
5..	JRO	Jaar opname

Equation Number 1 Dependent Variable.. OPS Opslibbing cm/jr

Multiple R	.31347
R Square	.09826
Adjusted R Square	.08608
Standard Error	10.94435

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	5	4829.48905	965.89781
Residual	370	44318.11734	119.77870

F = 8.06402 Signif F = .0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
NR	-1.70901	.40370	-.21110	-4.233	.0000
GWH	.19941	.57801	.02051	.345	.7303
GHWL	-.26480	.09352	-.14099	-2.832	.0049
GWT	.21796	.80345	.01479	.271	.7863
JRO	-.45094	.16212	-.15441	-2.782	.0057
(Constant)	50.58309	12.20910		4.143	.0000

Residuals Statistics:

	Min	Max	Mean	Std Dev	N
*PRED	2.7493	20.8277	12.5798	3.5887	376
*RESID	-32.7946	49.2271	.0000	10.8711	376
*ZPRED	-2.7393	2.2983	-.0000	1.0000	376
*ZRESID	-2.9965	4.4979	.0000	.9933	376

Total Cases = 376

Durbin-Watson Test = 1.13146

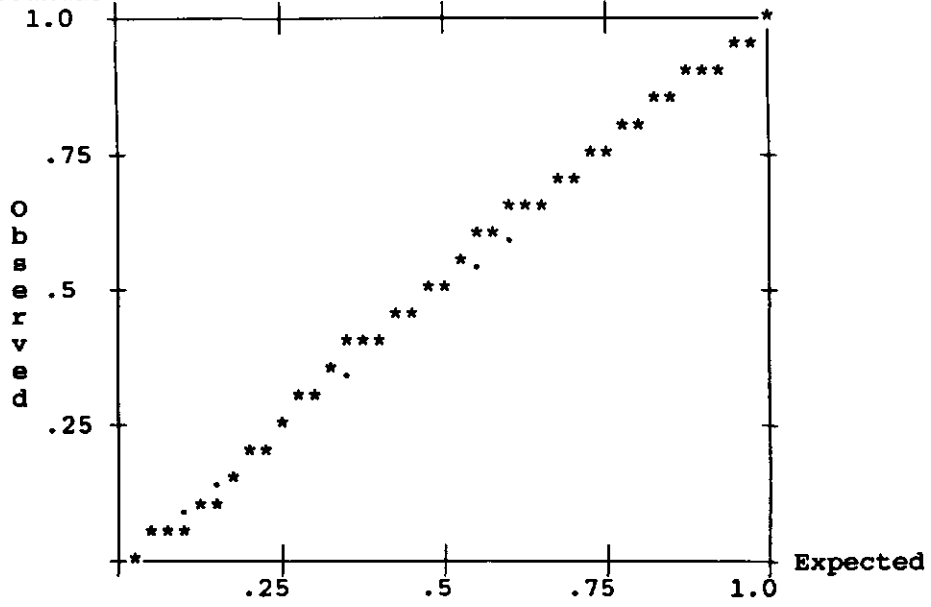
Histogram - Standardized Residual

NExp N (* = 1 Cases, . : = Normal Curve)

```

1 .29 Out *
0 .58 3.00 .
2 1.47 2.67 :*
2 3.35 2.33 **.
* 6.86 2.00 *****;****
* 12.6 1.67 *****;***
* 20.6 1.33 *****
* 30.3 1.00 *****
* 39.9 .67 *****;****
* 47.1 .33 *****
* 49.8 .00 *****;*****
* 47.1 -.33 *****
* 39.9 -.67 *****;*****
* 30.3 -1.00 *****
* 20.6 -1.33 *****
* 12.6 -1.67 *****
8 6.86 -2.00 *****;*
2 3.35 -2.33 **.
1 1.47 -2.67 :
1 .58 -3.00 :
0 .29 Out
    
```

Normal Probability (P-P) Plot
Standardized Residual



***** MULTIPLE REGRESSION *****

Friesland : Vak 5 t/m 240
 1973 t/m 1989
 6 t/m 16 cm t.o.v. GHWT [Initiële kwelderzone]

	Mean	Std Dev	Label
GWH	2.426	1.140	Grondwerkhoeveelheid
GWT	1.313	.820	Grondwerktype
GHWL	9.452	2.493	GHW trendlijn
JRO	78.661	3.581	Jaar opname
NR	2.765	1.366	Vaknummer
OPS	16.000	12.340	Opslibbing cm/jr

N of Cases = 115

Correlation:

	GWH	GWT	GHWL	JRO	NR	OPS
GWH	1.000	.560	.277	.485	-.003	.060
GWT	.560	1.000	.127	.437	.066	.146
GHWL	.277	.127	1.000	-.012	.155	-.378
JRO	.485	.437	-.012	1.000	.036	.160
NR	-.003	.066	.155	.036	1.000	-.210
OPS	.060	.146	-.378	.160	-.210	1.000

Equation Number 1 Dependent Variable.. OPS Opslibbing cm/jr

Variable(s) Entered on Step Number
 1.. NR Vaknummer
 2.. GWH Grondwerkhoeveelheid
 3.. GHWL GHW trendlijn
 4.. JRO Jaar opname
 5.. GWT Grondwerktype

Equation Number 1 Dependent Variable.. OPS Opslibbing cm/jr

Multiple R .46436
 R Square .21563
 Adjusted R Square .17965
 Standard Error 11.17691

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	5	3743.37026	748.67405
Residual	109	13616.62974	124.92321

F = 5.99307 Signif F = .0001

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
NR	-1.46658	.78095	-.16232	-1.878	.0631
GWH	.52158	1.23037	.04818	.424	.6725
GHWL	-1.90309	.45063	-.38446	-4.223	.0001
JRO	.25166	.34895	.07303	.721	.4723
GWT	2.21615	1.58567	.14734	1.398	.1651
(Constant)	14.07251	26.95504		.522	.6027

Equation Number 1 Dependent Variable.. OPS Opslibbing cm/jr

Residuals Statistics:

	Min	Max	Mean	Std Dev	N
*PRED	-1.0108	30.8101	16.0000	5.7303	115
*RESID	-22.4391	30.6538	.0000	10.9290	115
*ZPRED	-2.9686	2.5845	-.0000	1.0000	115
*ZRESID	-2.0076	2.7426	.0000	.9778	115

Total Cases = 115

Durbin-Watson Test = 1.58346

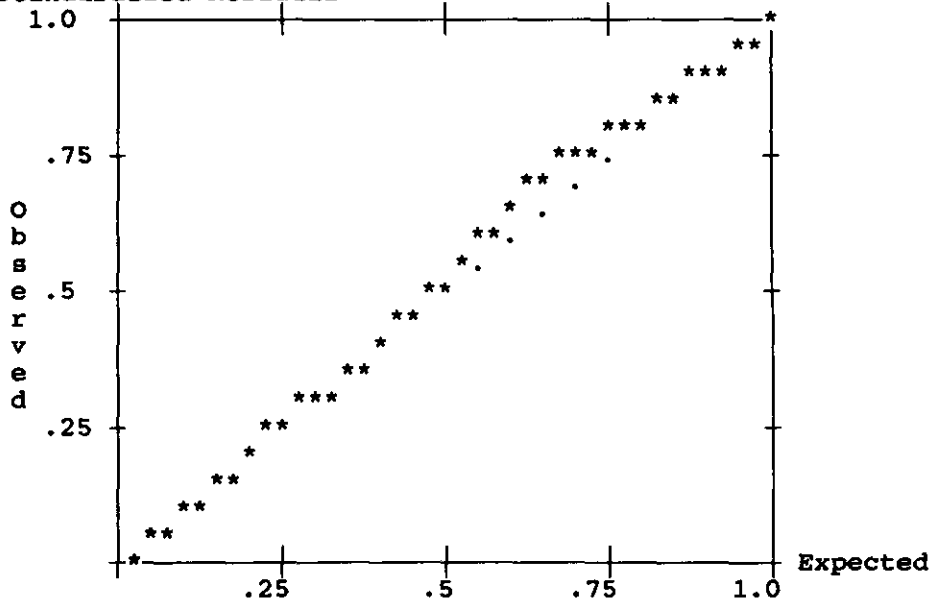
Histogram - Standardized Residual

NExp N (* = 1 Cases, . : = Normal Curve)

```

0 .09    Out
0 .18    3.00
2 .45    2.67 **
2 1.03   2.33 :*
2 2.10   2.00 *:
2 3.84   1.67 ** .
5 6.31   1.33 *****.
9 9.28   1.00 *****;
9 12.2   .67 *****.
* 14.4   .33 *****; **
* 15.2   .00 *****; ***
* 14.4   -.33 *****; *
* 12.2   -.67 *****.
* 9.28   -1.00 *****; ****
5 6.31   -1.33 *****.
4 3.84   -1.67 ***;
2 2.10   -2.00 *:
0 1.03   -2.33 .
0 .45    -2.67
0 .18    -3.00
0 .09    Out
    
```

Normal Probability (P-P) Plot
Standardized Residual



* * * * MULTIPLE REGRESSION * * * *

Friesland: Vak 5 t/m 240
1973 t/m 1989
16 t/m 100 cm t.o.v. GHWT [Kwelderzone]

	Mean	Std Dev	Label
GWH	2.093	.987	Grondwerkhoeveelheid
GWT	1.079	.697	Grondwerktype
GHWL	32.035	11.871	GHW trendlijn
JRO	80.369	4.041	Jaar opname
NR	3.224	1.326	Vaknummer
OPS	14.065	29.114	Opslibbing cm/jr

N of Cases = 428

* * * * MULTIPLE REGRESSION * * * *

Correlation:

	GWH	GWT	GHWL	JRO	NR	OPS
GWH	1.000	.445	-.173	.376	-.250	.060
GWT	.445	1.000	-.189	.165	.006	.100
GHWL	-.173	-.189	1.000	.298	.137	-.318
JRO	.376	.165	.298	1.000	-.142	-.053
NR	-.250	.006	.137	-.142	1.000	-.164
OPS	.060	.100	-.318	-.053	-.164	1.000

Equation Number 1 Dependent Variable.. OPS Opslibbing cm/jr

Variable(s) Entered on Step Number

1..	NR	Vaknummer
2..	GWT	Grondwerktype
3..	JRO	Jaar opname
4..	GHWL	GHW trendlijn
5..	GWH	Grondwerkhoeveelheid

Equation Number 1 Dependent Variable.. OPS Opslibbing cm/jr

Multiple R	.34824
R Square	.12127
Adjusted R Square	.11086
Standard Error	27.45251

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	5	43889.96626	8777.99325
Residual	422	318036.20196	753.64029

F = 11.64746 Signif F = .0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
NR	-2.96679	1.05866	-.13510	-2.802	.0053
GWT	2.84419	2.17681	.06807	1.307	.1921
JRO	.24952	.38961	.03463	.640	.5222
GHWL	-.75812	.12649	-.30912	-5.993	.0000
GWH	-2.07811	1.68801	-.07048	-1.231	.2190
(Constant)	29.14399	29.27906		.995	.3201

Residuals Statistics:

	Min	Max	Mean	Std Dev	N
*PRED	-36.0369	34.2666	14.0654	10.1384	428
*RESID	-186.6303	176.8356	.0000	27.2913	428
*ZPRED	-4.9418	1.9925	-.0000	1.0000	428
*ZRESID	-6.7983	6.4415	.0000	.9941	428

Total Cases = 428

Durbin-Watson Test = .93322

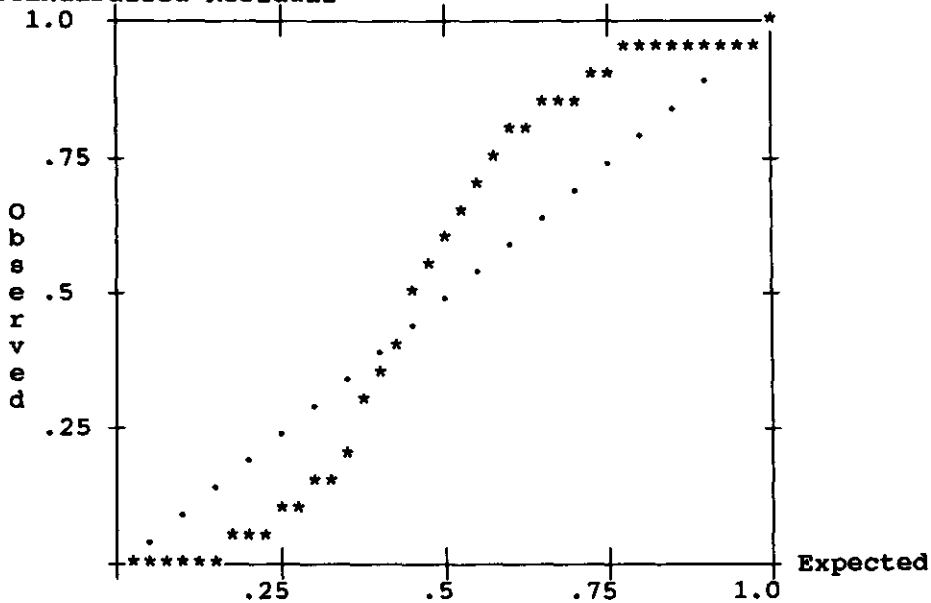
Histogram - Standardized Residual

NExp N (* = 2 Cases, . : = Normal Curve)

```

* .33 Out *****
0 .66 3.00
1 1.67 2.67 :
1 3.82 2.33 *.
0 7.81 2.00 .
1 14.3 1.67 *
1 23.5 1.33 *
9 34.5 1.00 *****
* 45.5 .67 *****
* 53.6 .33 *****;*****
* 56.7 .00 *****;*****
* 53.6 -.33 *****;*****
* 45.5 -.67 *****;*
* 34.5 -1.00 *****
2 23.5 -1.33 *
0 14.3 -1.67
0 7.81 -2.00 .
0 3.82 -2.33 .
0 1.67 -2.67 .
1 .66 -3.00 *
3 .33 Out **
    
```

Normal Probability (P-P) Plot
Standardized Residual



* * * * MULTIPLE REGRESSION * * * *

Groningen : Vak 260 t/m 511
 1973 t/m 1989
 -200 t/m -60 cm t.o.v. GHWT [Wadzone]

Listwise Deletion of Missing Data

	Mean	Std Dev	Label
GWH	1.009	.133	Grondwerkhoeveelheid
GWT	.083	.411	Grondwerktype
GHWL	-77.783	13.116	GHW trendlijn
JRO	79.399	4.105	Jaar opname
NR	4.138	1.735	Vaknummer
OPS	4.853	13.628	Opslibbing cm/jr

N of Cases = 2244

Correlation:

	GWH	GWT	GHWL	JRO	NR	OPS
GWH	1.000	.443	.072	.010	.060	-.063
GWT	.443	1.000	.076	-.176	-.201	.080
GHW	.072	.076	1.000	-.059	-.502	.181
JRO	.010	-.176	-.059	1.000	.152	-.263
NR	.060	-.201	-.502	.152	1.000	-.270
OPS	-.063	.080	.181	-.263	-.270	1.000

Equation Number 1 Dependent Variable.. OPS Opslibbing cm/jr

Variable(s) Entered on Step Number

1..	NR	Vaknummer
2..	GWH	Grondwerkhoeveelheid
3..	JRO	Jaar opname
4..	GHWL	GHW trendlijn
5..	GWT	Grondwerktype

Equation Number 1 Dependent Variable.. OPS Opslibbing cm/jr

Multiple R	.36069
R Square	.13010
Adjusted R Square	.12816
Standard Error	12.72521

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	5	54199.94267	10839.98853
Residual	2238	362401.52792	161.93098

F = 66.94203 Signif F = .0000

Equation Number 1 Dependent Variable.. OPS Opslibbing cm/jr

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
NR	-1.47659	.18776	-.18803	-7.864	.0000
GWH	-6.85488	2.31506	-.06702	-2.961	.0031
JRO	-.74598	.06721	-.22467	-11.100	.0000
GHWL	.07927	.02397	.07629	3.307	.0010
GWT	.89291	.76853	.02692	1.162	.2454
(Constant)	83.20155	5.86822		14.178	.0000

Residuals Statistics:

	Min	Max	Mean	Std Dev	N
*PRED	-9.9234	16.7293	4.8529	4.9157	2244
*RESID	-61.0862	97.6425	-.0000	12.7110	2244
*ZPRED	-3.0059	2.4160	.0000	1.0000	2244
*ZRESID	-4.8004	7.6732	-.0000	.9989	2244

Total Cases = 2244

Durbin-Watson Test = .78020

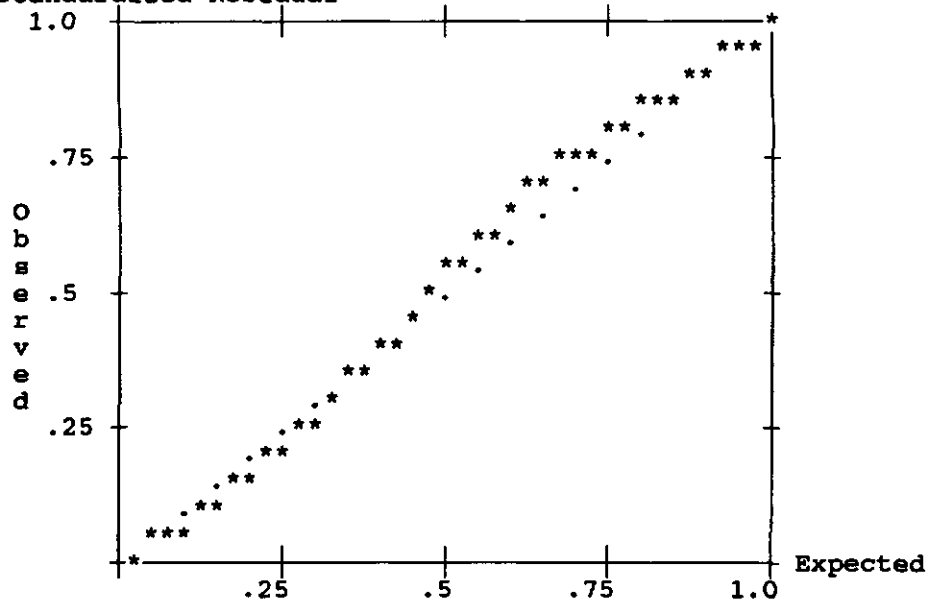
Histogram - Standardized Residual

NExp N (* = 7 Cases, . : = Normal Curve)

```

* 1.73 Out **
* 3.44 3.00 **
* 8.77 2.67 :
* 20.0 2.33 **.
* 40.9 2.00 *****;***
* 75.0 1.67 ***** .
* 123 1.33 ***** .
* 181 1.00 ***** .
* 238 .67 ***** .
* 281 .33 *****;***
* 297 .00 *****;****
* 281 -.33 *****;*****
* 238 -.67 *****;**
* 181 -1.00 *****;
* 123 -1.33 ***** .
* 75.0 -1.67 ***** .
* 40.9 -2.00 **** .
* 20.0 -2.33 **.
5 8.77 -2.67 :
3 3.44 -3.00
* 1.73 Out **
    
```

Normal Probability (P-P) Plot
Standardized Residual



***** MULTIPLE REGRESSION *****

Groningen: Vak 260 t/m 511
 1973 t/m 1989
 -60 t/m -32 cm t.o.v. GHWT [Kale overgangszone]

Listwise Deletion of Missing Data

	Mean	Std Dev	Label
GWH	1.285	.702	Grondwerkhoeveelheid
GWT	.705	1.059	Grondwerktype
GHWL	-47.965	8.178	GHW trendlijn
JRO	79.596	4.240	Jaar opname
NR	3.584	1.648	Vaknummer
OPS	4.164	11.044	Opslibbing cm/jr

N of Cases = 1859

Correlation:

	GWH	GWT	GHWL	JRO	NR	OPS
GWH	1.000	.636	.275	.072	.189	-.078
GWT	.636	1.000	.387	-.086	.216	-.106
GHWL	.275	.387	1.000	-.092	-.003	-.171
JRO	.072	-.086	-.092	1.000	.014	-.130
NR	.189	.216	-.003	.014	1.000	-.220
OPS	-.078	-.106	-.171	-.130	-.220	1.000

Equation Number 1 Dependent Variable.. OPS Opslibbing cm/jr

Variable(s) Entered on Step Number

- 1.. NR Vaknummer
- 2.. GHWL GHW trendlijn
- 3.. JRO Jaar opname
- 4.. GWH Grondwerkhoeveelheid
- 5.. GWT Grondwerktype

Multiple R .31527
 R Square .09940
 Adjusted R Square .09697
 Standard Error 10.49500

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	5	22525.53642	4505.10728
Residual	1853	204098.75083	110.14504

F = 40.90159 Signif F = .0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
NR	-1.47830	.15245	-.22058	-9.697	.0000
GHWL	-.25311	.03255	-.18743	-7.775	.0000
JRO	-.38910	.05859	-.14937	-6.641	.0000
GWH	.66704	.45765	.04237	1.458	.1451
GWT	-.26927	.31770	-.02583	-.848	.3968
Constant	27.62527	4.81018		5.743	.0000

Residuals Statistics:

	Min	Max	Mean	Std Dev	N
*PRED	-5.5514	13.3432	4.1635	3.4819	1859
*RESID	-53.0474	67.6494	.0000	10.4809	1859
*ZPRED	-2.7901	2.6364	-.0000	1.0000	1859
*ZRESID	-5.0545	6.4459	.0000	.9987	1859

Total Cases = 1859

Durbin-Watson Test = 1.05412

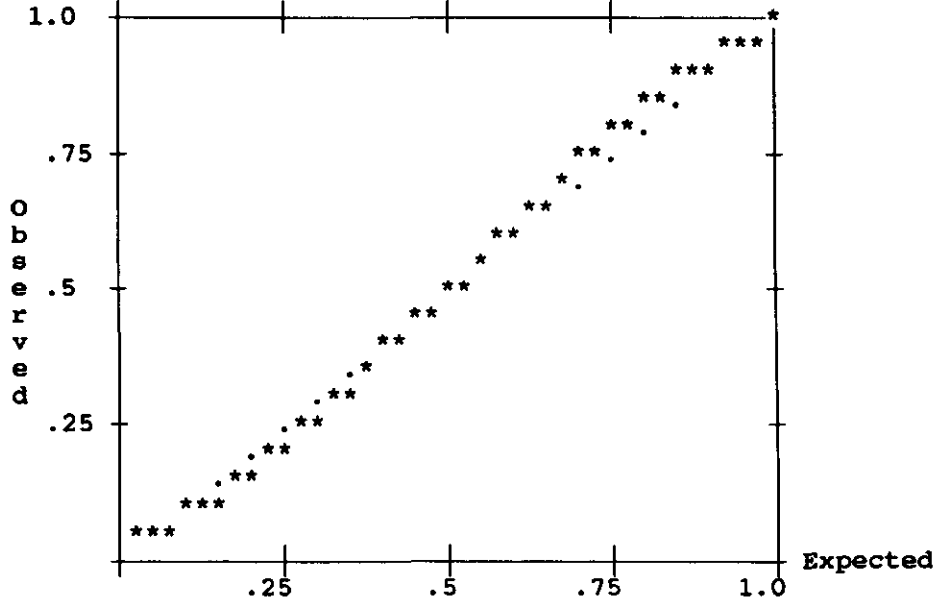
Histogram - Standardized Residual

NExp N (* = 5 Cases, . : = Normal Curve)

```

8 1.43 Out **
* 2.85 3.00 :*
* 7.26 2.67 :*
* 16.6 2.33 **:
* 33.9 2.00 ***
* 62.1 1.67 *****
* 102 1.33 *****
* 150 1.00 *****
* 197 .67 *****;***
* 233 .33 *****;****
* 246 .00 *****;**
* 233 -.33 *****;***
* 197 -.67 *****;**
* 150 -1.00 *****
* 102 -1.33 *****
* 62.1 -1.67 *****
* 33.9 -2.00 *****
* 16.6 -2.33 **:
* 7.26 -2.67 :*
2 2.85 -3.00 .
6 1.43 Out *
```

Normal Probability (P-P) Plot
Standardized Residual



* * * * MULTIPLE REGRESSION * * * *

Groningen: Vak 260 t/m 511
 1973 t/m 1989
 -32 t/m -8 cm t.o.v. GHWT [Begroeide overgangszone]

Listwise Deletion of Missing Data

	Mean	Std Dev	Label
GWH	1.715	.975	Grondwerkhoeveelheid
GWT	1.302	1.115	Grondwerktype
GHWL	-21.234	6.884	GHW trendlijn
JRO	78.352	3.885	Jaar opname
NR	3.095	1.618	Vaknummer
OPS	8.606	11.677	Opstopping cm/jr

N of Cases = 850

Correlation:

	GWH	GWT	GHWL	JRO	NR	OPS
GWH	1.000	.606	.018	.393	.053	-.146
GWT	.606	1.000	-.030	.357	-.015	-.047
GHW	.018	-.030	1.000	.029	.163	-.070
JRO	.393	.357	.029	1.000	-.017	-.244
NR	.053	-.015	.163	-.017	1.000	-.190
OPS	-.146	-.047	-.070	-.244	-.190	1.000

Equation Number 1 Dependent Variable.. OPS Opstopping cm/jr

Variable(s) Entered on Step Number

1..	NR	Vaknummer
2..	GWT	Grondwerktype
3..	GHWL	GHW trendlijn
4..	JRO	Jaar opname
5..	GWH	Grondwerkhoeveelheid

Multiple R	.32475
R Square	.10547
Adjusted R Square	.10017
Standard Error	11.07723

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	5	12209.99843	2441.99969
Residual	844	103562.97216	122.70494

F = 19.90140 Signif F = .0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
NR	-1.31937	.23902	-.18275	-5.520	.0000
GWT	.99124	.43554	.09464	2.276	.0231
GHWL	-.04818	.05607	-.02840	-.859	.3904
JRO	-.72648	.10800	-.24171	-6.727	.0000
GWH	-1.16940	.50655	-.09764	-2.309	.0212
Constant	69.30252	8.40451		8.246	.0000

Residuals Statistics:

	Min	Max	Mean	Std Dev	N
*PRED	-1.9031	17.3050	8.6059	3.7923	850
*RESID	-109.8604	38.2787	-.0000	11.0446	850
*ZPRED	-2.7711	2.2939	.0000	1.0000	850
*ZRESID	-9.9177	3.4556	-.0000	.9971	850

Total Cases = 850

Durbin-Watson Test = 1.28087

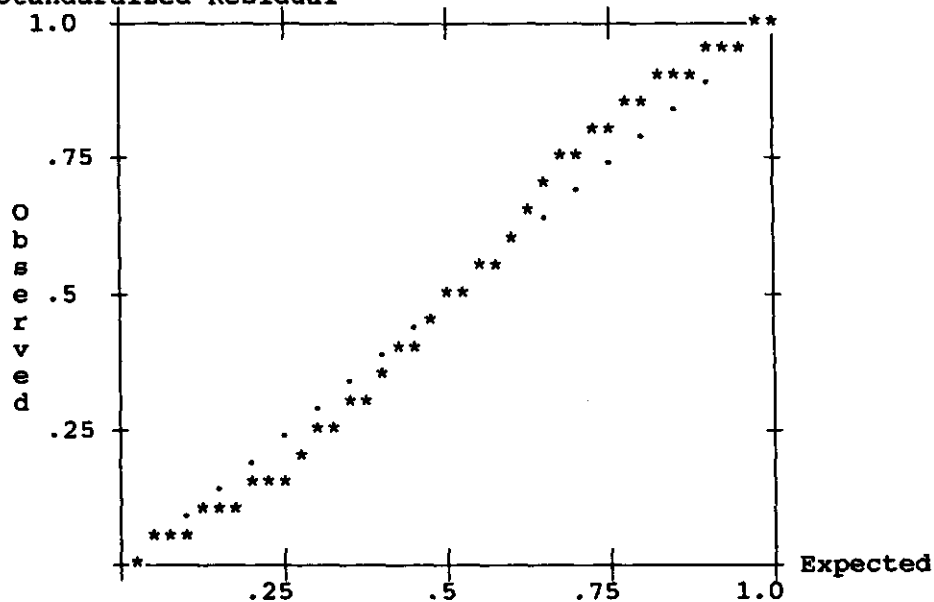
Histogram - Standardized Residual

NExp N (* = 3 Cases, . : = Normal Curve)

```

3 .66 Out *
0 1.30 3.00
5 3.32 2.67 :*
6 7.58 2.33 **.
4 15.5 2.00 *
* 28.4 1.67 *****
* 46.6 1.33 *****
* 68.6 1.00 *****
* 90.3 .67 *****;***
* 106 .33 *****;*****
* 113 .00 *****;*****
* 106 -.33 *****;*****
* 90.3 -.67 *****;***
* 68.6 -1.00 *****
* 46.6 -1.33 *****
* 28.4 -1.67 *****
5 15.5 -2.00 **
5 7.58 -2.33 **.
2 3.32 -2.67 :
1 1.30 -3.00
7 .66 Out **
    
```

Normal Probability (P-P) Plot
Standardized Residual



* * * * MULTIPLE REGRESSION * * * *

Groningen: Vak 260 t/m 511
 1973 t/m 1989
 -8 t/m 0 cm t.o.v. GHWT [Initiële kwelderzone]

Listwise Deletion of Missing Data

	Mean	Std Dev	Label
GWH	1.512	.861	Grondwerkhoeveelheid
GWT	.876	.947	Grondwerktype
GHWL	-4.095	2.300	GHW trendlijn
JRO	77.161	3.603	Jaar opname
NR	3.525	1.597	Vaknummer
OPS	10.413	8.277	Opplibbing cm/jr

N of Cases = 242

Correlation:

	GWH	GWT	GHWL	JRO	NR	OPS
GWH	1.000	.547	-.200	.517	.069	.008
GWT	.547	1.000	-.085	.493	-.042	-.073
GHWL	-.200	-.085	1.000	-.128	.132	-.315
JRO	.517	.493	-.128	1.000	-.015	-.014
NR	.069	-.042	.132	-.015	1.000	-.070
OPS	.008	-.073	-.315	-.014	-.070	1.000

Equation Number 1 Dependent Variable.. OPS Opplibbing cm/jr

Variable(s) Entered on Step Number

1..	NR	Vaknummer
2..	JRO	Jaar opname
3..	GHWL	GHW trendlijn
4..	GWT	Grondwerktype
5..	GWH	Grondwerkhoeveelheid

Multiple R	.33220
R Square	.11036
Adjusted R Square	.09151
Standard Error	7.88874

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	5	1821.85639	364.37128
Residual	236	14686.82130	62.23229

F = 5.85502 Signif F = .0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
NR	-.16777	.32444	-.03236	-.517	.6056
JRO	-.02068	.17255	-9.003E-03	-.120	.9047
GHWL	-1.14916	.22840	-.31934	-5.031	.0000
GWT	-.87603	.67337	-.10027	-1.301	.1945
GWH	.05734	.76673	5.9617E-03	.075	.9404
Constant	8.57513	12.87825		.666	.5062

Residuals Statistics:

	Min	Max	Mean	Std Dev	N
*PRED	4.4699	16.0863	10.4132	2.7495	242
*RESID	-35.9959	27.2863	.0000	7.8065	242
*ZPRED	-2.1616	2.0633	-.0000	1.0000	242
*ZRESID	-4.5629	3.4589	.0000	.9896	242

Total Cases = 242

Durbin-Watson Test = 1.45286

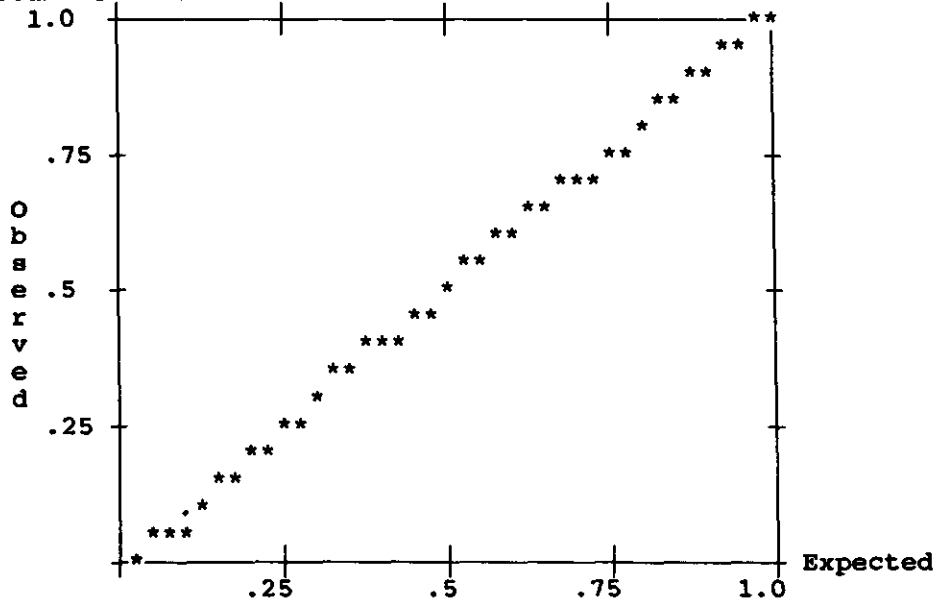
Histogram - Standardized Residual

NExp N (* = 1 Cases, . : = Normal Curve)

```

1 .19 Out *
0 .37 3.00
2 .95 2.67 :*
2 2.16 2.33 *;
2 4.42 2.00 ** .
4 8.09 1.67 **** .
* 13.3 1.33 *****;*
* 19.5 1.00 *****;*
* 25.7 .67 ***** .
* 30.3 .33 *****;*
* 32.0 .00 *****;*
* 30.3 -.33 *****;*
* 25.7 -.67 *****.
* 19.5 -1.00 *****;*
* 13.3 -1.33 ***** .
5 8.09 -1.67 ***** .
4 4.42 -2.00 ***;
0 2.16 -2.33 .
0 .95 -2.67 .
1 .37 -3.00 *
1 .19 Out *
    
```

Normal Probability (P-P) Plot
Standardized Residual



* * * * MULTIPLE REGRESSION * * * *

Groningen: Vak 260 t/m 511
 1973 t/m 1989
 0 t/m 100 cm t.o.v. GHWT [Kwelderzone]

	Mean	Std Dev	Label
GWH	1.466	.812	Grondwerkhoeveelheid
GWT	.622	.793	Grondwerktype
GHWL	14.121	8.168	GHW trendlijn
JRO	79.625	4.140	Jaar opname
NR	2.925	1.446	Vaknummer
OPS	12.788	11.866	Opslibbing cm/jr

N of Cases = 1417

Correlation:

	GWH	GWT	GHWL	JRO	NR	OPS
GWH	1.000	.574	-.076	.334	.142	.059
GWT	.574	1.000	-.137	.173	.034	.128
GHWL	-.076	-.137	1.000	.349	-.281	-.202
JRO	.334	.173	.349	1.000	-.024	.084
NR	.142	.034	-.281	-.024	1.000	-.005
OPS	.059	.128	-.202	.084	-.005	1.000

Equation Number 1 Dependent Variable.. OPS Opslibbing cm/jr

Variable(s) Entered on Step Number

1..	NR	Vaknummer
2..	JRO	Jaar opname
3..	GWT	Grondwerktype
4..	GHWL	GHW trendlijn
5..	GWH	Grondwerkhoeveelheid

Multiple R	.28434
R Square	.08085
Adjusted R Square	.07759
Standard Error	11.39672

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	5	16121.00951	3224.20190
Residual	1411	183268.05189	129.88522

F = 24.82347 Signif F = .0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
NR	-.58627	.22107	-.07146	-2.652	.0081
JRO	.53441	.08474	.18642	6.306	.0000
GWT	1.51616	.47151	.10135	3.216	.0013
GHWL	-.40463	.04245	-.27853	-9.532	.0000
GWH	-1.06104	.48394	-.07265	-2.193	.0285
Consant	-21.72389	6.35892		-3.416	.0007

Residuals Statistics:

	Min	Max	Mean	Std Dev	N
*PRED	2.9567	26.4891	12.7876	3.3742	1417
*RESID	-49.2124	90.8660	.0000	11.3766	1417
*ZPRED	-2.9136	4.0607	.0000	1.0000	1417
*ZRESID	-4.3181	7.9730	-.0000	.9982	1417

Total Cases = 1417

Durbin-Watson Test = 1.44634

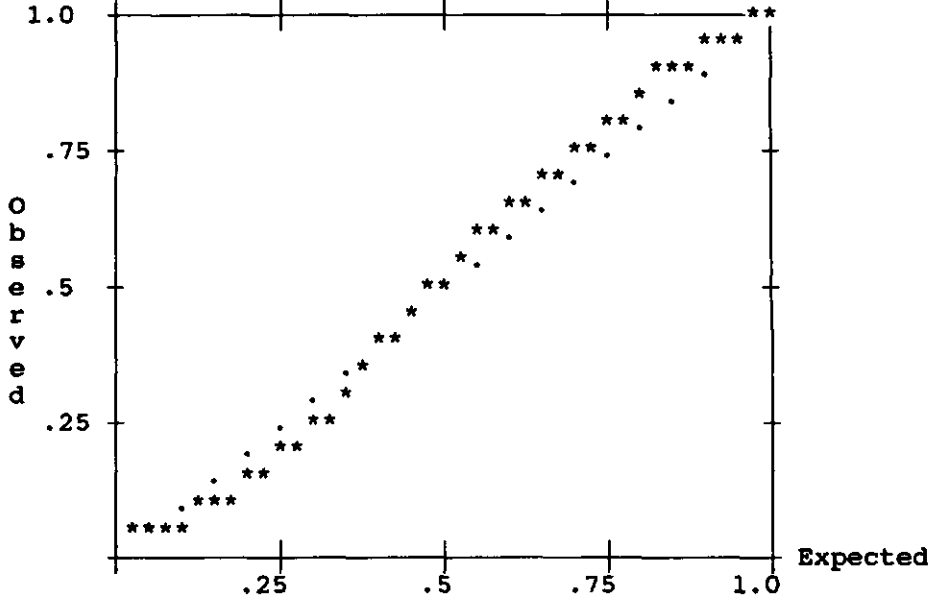
Histogram - Standardized Residual

NExp N (* = 4 Cases, . : = Normal Curve)

```

7 1.09 Out **
6 2.17 3.00 :*
3 5.54 2.67 :
6 12.6 2.33 **.
* 25.9 2.00 *** .
* 47.4 1.67 ***** .
* 77.7 1.33 ***** .
* 114 1.00 ***** .
* 150 .67 *****;*
* 178 .33 *****;*****
* 188 .00 *****;***
* 178 -.33 *****;*****
* 150 -.67 *****;
* 114 -1.00 *****
* 77.7 -1.33 *****
* 47.4 -1.67 *****
* 25.9 -2.00 **** .
* 12.6 -2.33 **:
6 5.54 -2.67 :*
4 2.17 -3.00 :
5 1.09 Out *
    
```

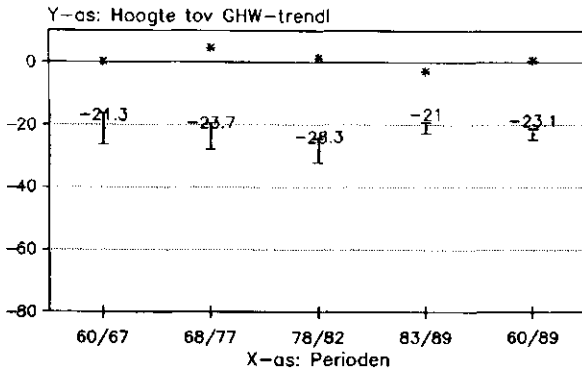
Normal Probability (P-P) Plot
Standardized Residual



Bijlage 3

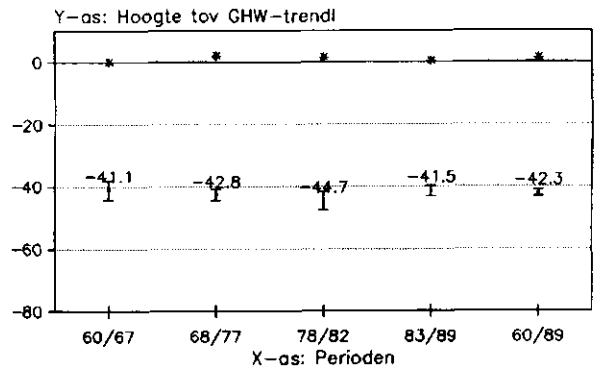
ONDERGRENZEN VEGETATIEZONES

Ondergrens vegetatie
 Vak 5 t/m 24
 Vegetatietype(n) Si Qi



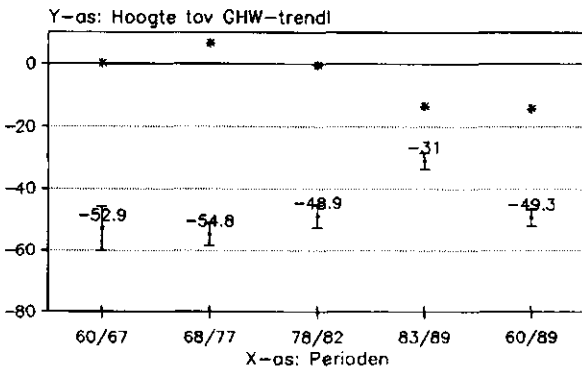
wak3

Ondergrens vegetatie
 Vak 41 t/m 178
 Vegetatietype(n) Si Qi



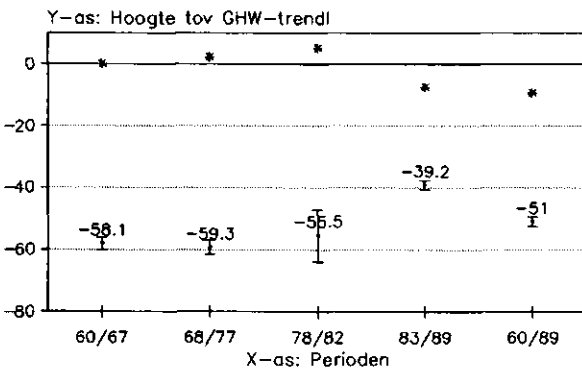
wak3

Ondergrens vegetatie
 Vak 205 t/m 237
 Vegetatietype(n) Si Qi



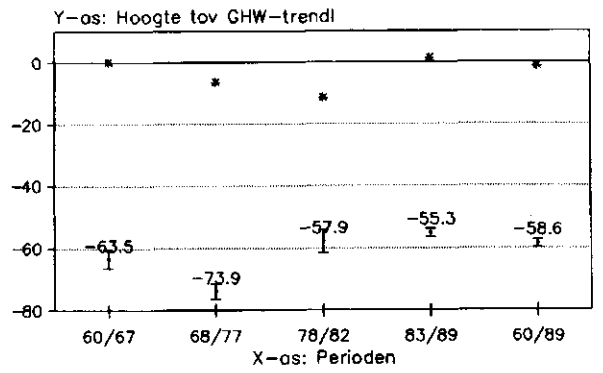
wak3

Ondergrens vegetatie
 Vak 260 t/m 395
 Vegetatietype(n) Si Qi



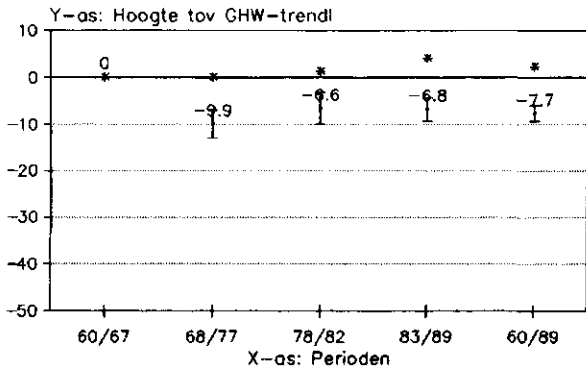
wak3

Ondergrens vegetatie
 Vak 412 t/m 511
 Vegetatietype(n) Si Qi

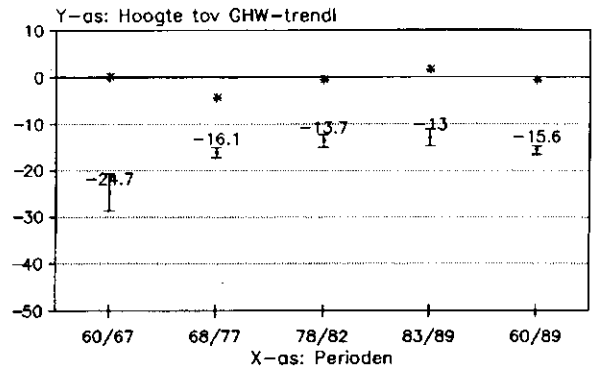


wak3

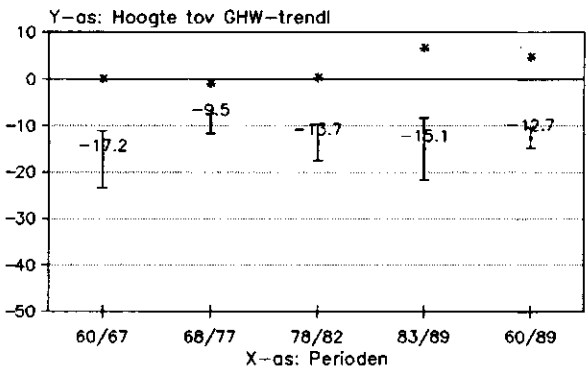
Ondergrens vegetatie
 Vak 5 t/m 24
 Vegetatietype(n) S Q



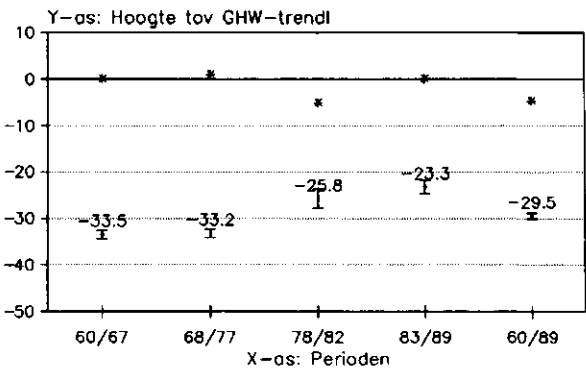
Ondergrens vegetatie
 Vak 41 t/m 178
 Vegetatietype(n) S Q



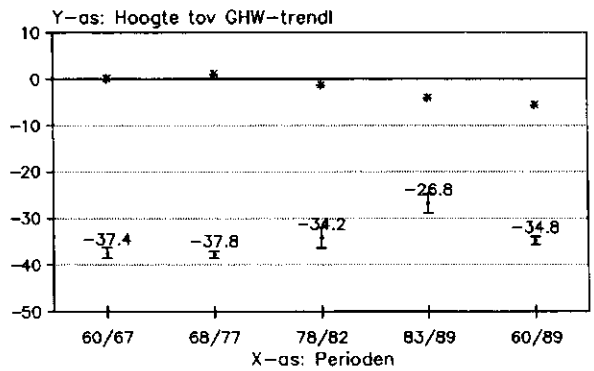
Ondergrens vegetatie
 Vak 205 t/m 237
 Vegetatietype(n) S Q



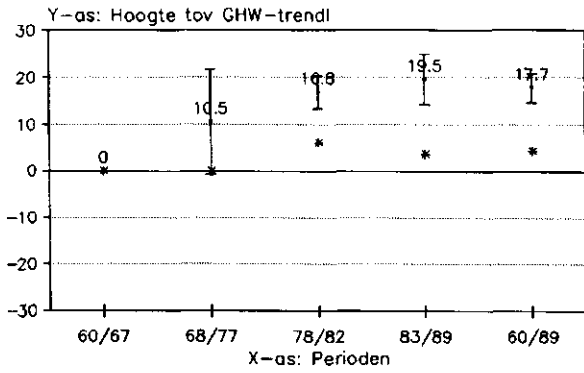
Ondergrens vegetatie
 Vak 260 t/m 395
 Vegetatietype(n) S Q



Ondergrens vegetatie
 Vak 412 t/m 511
 Vegetatietype(n) S Q

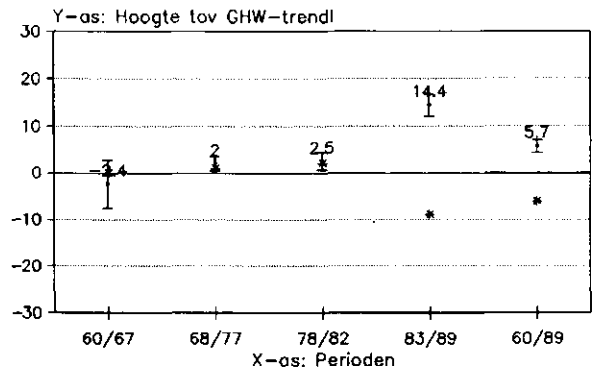


Ondergrens vegetatie
 Vak 5 t/m 24
 Vegetatietype(n) P Ps



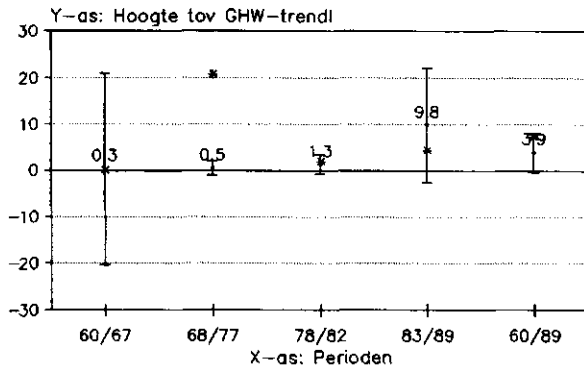
wak3

Ondergrens vegetatie
 Vak 41 t/m 178
 Vegetatietype(n) P Ps



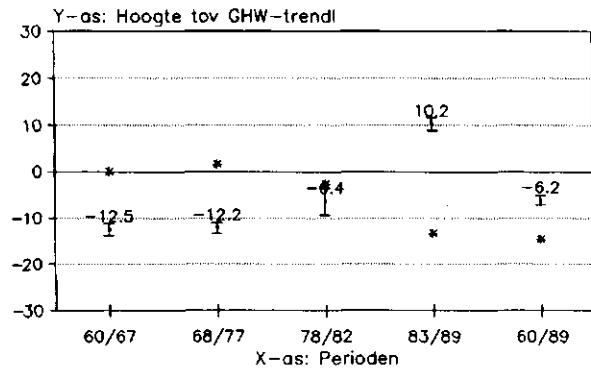
wak3

Ondergrens vegetatie
 Vak 205 t/m 237
 Vegetatietype(n) P Ps



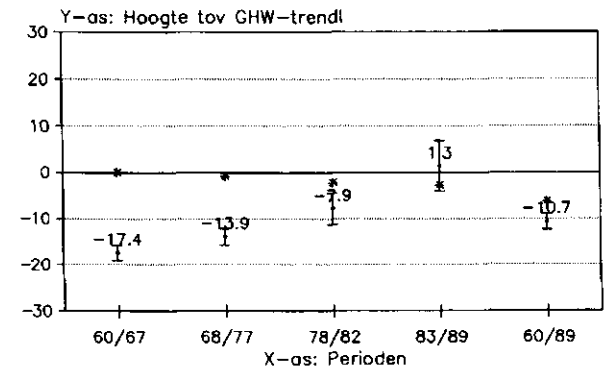
wak3

Ondergrens vegetatie
 Vak 260 t/m 395
 Vegetatietype(n) P Ps



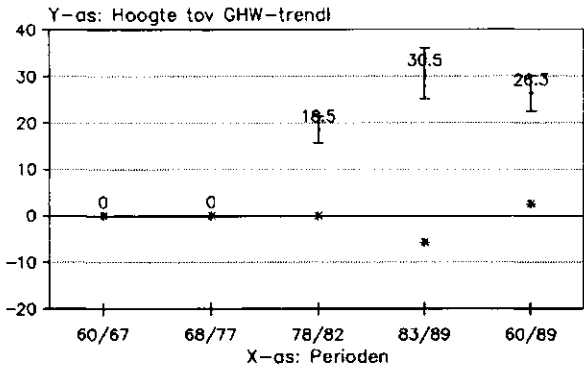
wak3

Ondergrens vegetatie
 Vak 412 t/m 511
 Vegetatietype(n) P Ps



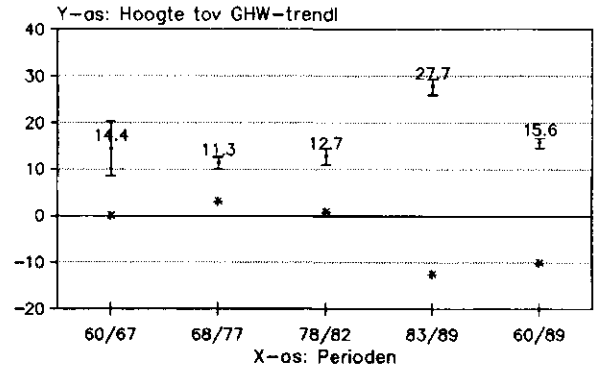
wak3

Ondergrens vegetatie
 Vak 5 t/m 24
 Vegetatietype(n) Pp Ph Pas H



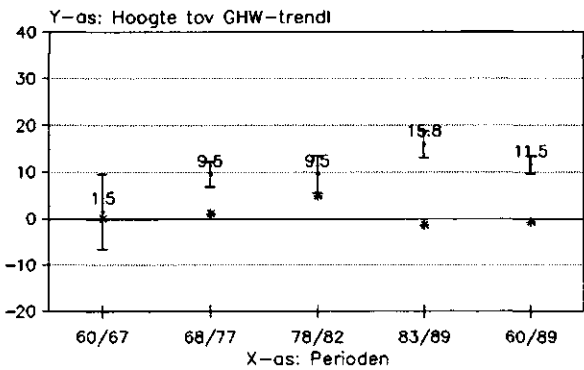
vak3

Ondergrens vegetatie
 Vak 41 t/m 178
 Vegetatietype(n) Pp Ph Pas H



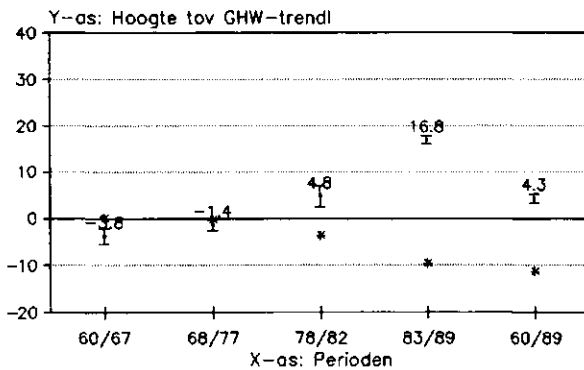
vak3

Ondergrens vegetatie
 Vak 205 t/m 237
 Vegetatietype(n) Pp Ph Pas H



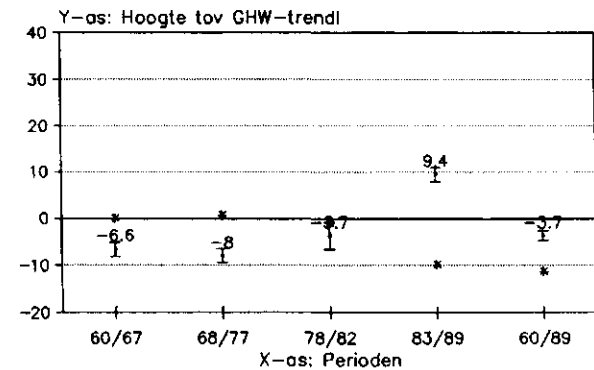
vak3

Ondergrens vegetatie
 Vak 260 t/m 395
 Vegetatietype(n) Pp Ph Pas H



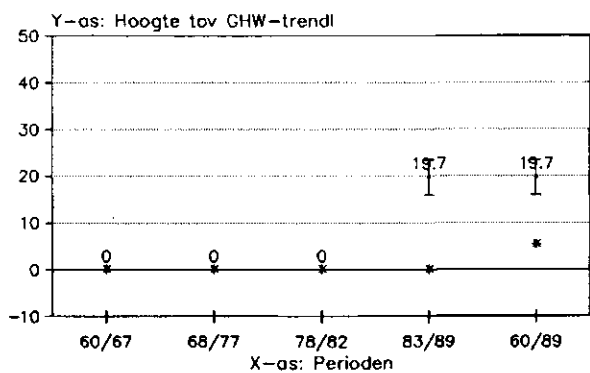
vak3

Ondergrens vegetatie
 Vak 412 t/m 511
 Vegetatietype(n) Pp Ph Pas H



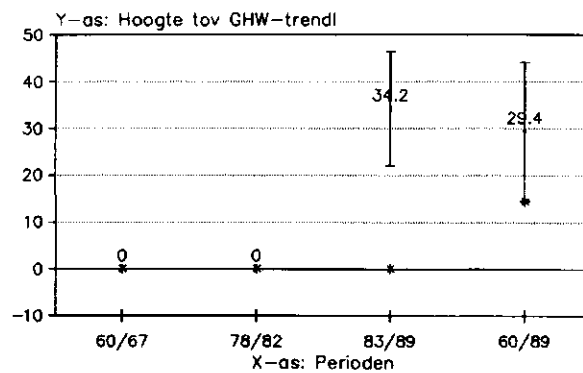
vak3

Ondergrens vegetatie
 Vak 5 t/m 24
 Vegetatietype(n) Jj Jg Jf



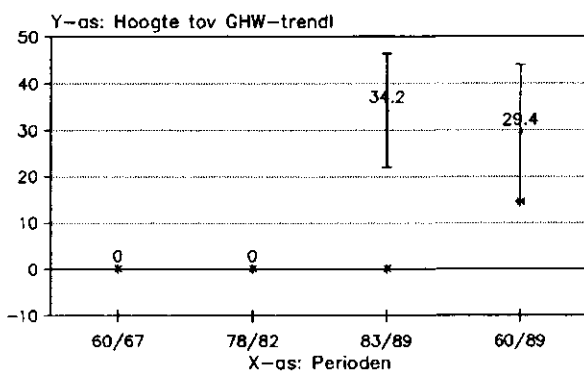
wa3

Ondergrens vegetatie
 Vak 41 t/m 178
 Vegetatietype(n) Jj Jg Jf



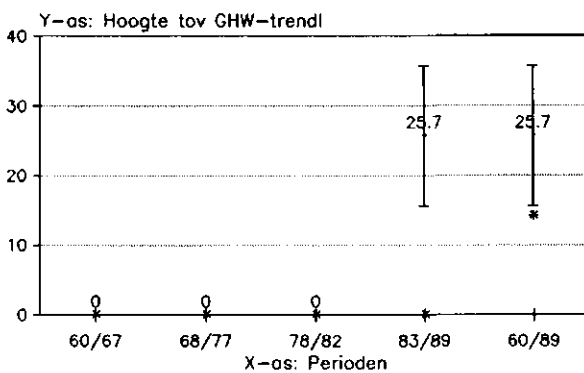
wa3

Ondergrens vegetatie
 Vak 205 t/m 237
 Vegetatietype(n) Jj Jg Jf



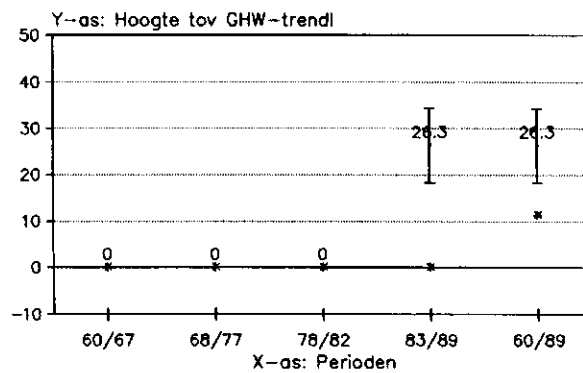
wa3

Ondergrens vegetatie
 Vak 260 t/m 395
 Vegetatietype(n) Jj Jg Jf



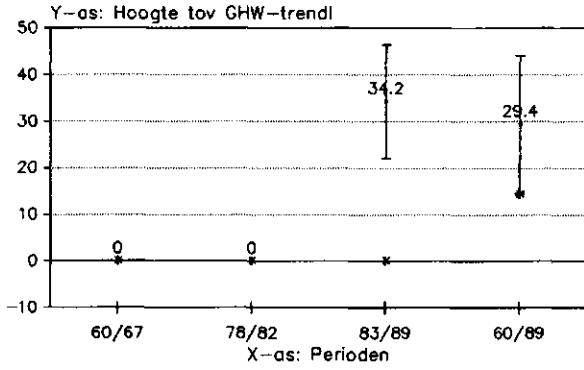
wa3

Ondergrens vegetatie
 Vak 412 t/m 511
 Vegetatietype(n) Jj Jg Jf



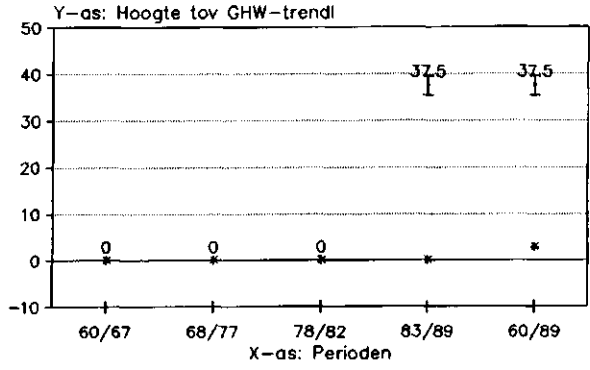
wa3

Ondergrens vegetatie
 Vak 5 t/m 24
 Vegetatietype(n) Jr Jrg Jrf



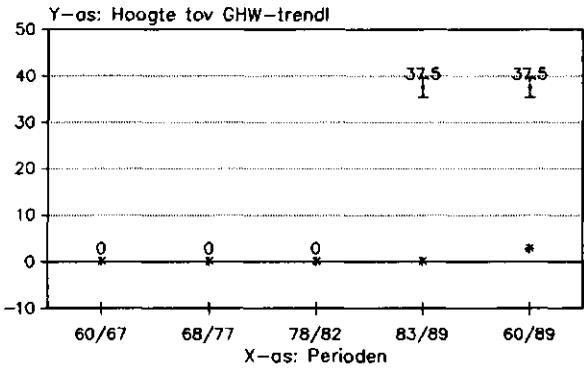
web3

Ondergrens vegetatie
 Vak 41 t/m 178
 Vegetatietype(n) Jr Jrg Jrf



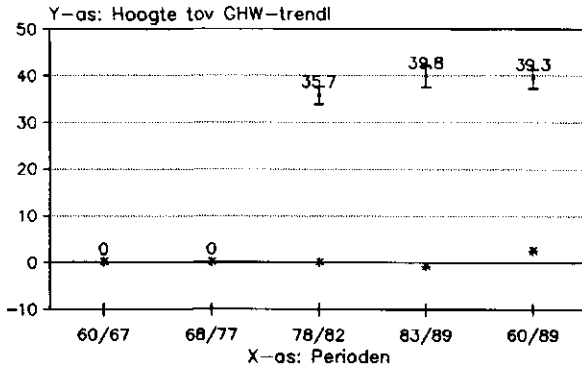
web3

Ondergrens vegetatie
 Vak 205 t/m 237
 Vegetatietype(n) Jr Jrg Jrf



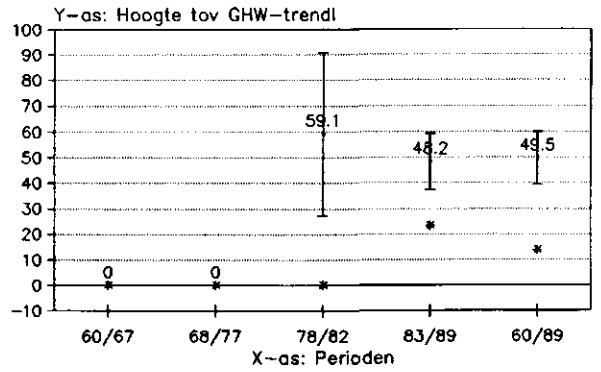
web3

Ondergrens vegetatie
 Vak 5 t/m 24
 Vegetatietype(n) Fey Fex Ux



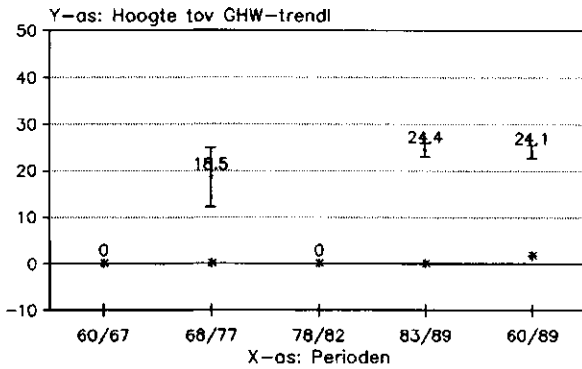
vak3

Ondergrens vegetatie
 Vak 201 t/m 240
 Vegetatietype(n) Fey Fex Ux



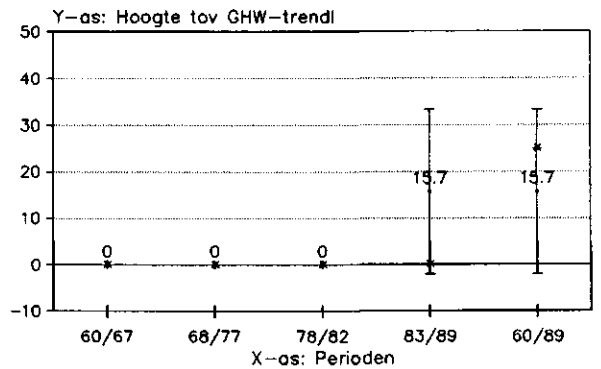
vak3

Ondergrens vegetatie
 Vak 260 t/m 395
 Vegetatietype(n) Fey Fex Ux



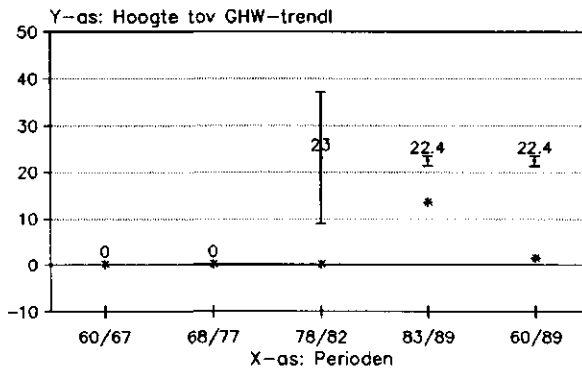
vak3

Ondergrens vegetatie
 Vak 412 t/m 511
 Vegetatietype(n) Fey Fex Ux



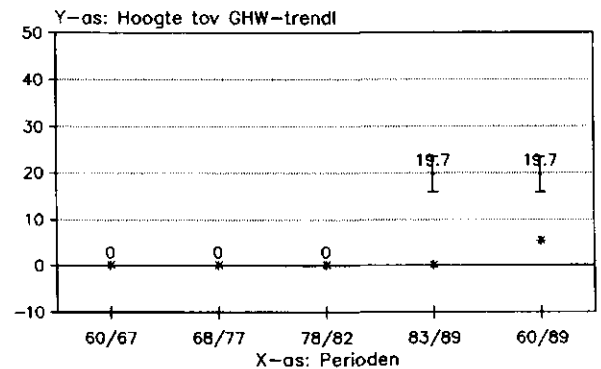
vak3

Ondergrens vegetatie
 Vak 260 t/m 395
 Vegetatietype(n) Ft Hf Fas



vak3

Ondergrens vegetatie
 Vak 412 t/m 511
 Vegetatietype(n) Ft Hf Fas



vak3

RIN-rapporten en IBN-rapporten kunnen besteld worden door overschrijving van het verschuldigde bedrag op postbanknummer 94 85 40 van het DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek te Wageningen onder vermelding van het rapportnummer. Uw girobetaling geldt als bestelformulier; toezending geschiedt franco.

Gebruik geen verzamelgiro omdat het adres van de besteller niet op onze bijschrijving komt zodat het bestelde niet kan worden toegezonden.

To order RIN and IBN reports advance payment should be made by giro transfer of the price indicated in Dutch guilders to postal account 94 85 40 of the DLO Institute for Forestry and Nature Research, P.O.Box 23, 6700 AA Wageningen, The Netherlands. Please note that your payment is considered as an order form and should mention only the report number(s) desired. Reports are sent free of charge.

-
- 88/30 P.F.M. Verdonschot & R. Torenbeek, Lettercodering van de Nederlandse aquatische macrofauna voor mathematische verwerking. 75 p. f 10,-
- 88/31 P.F.M. Verdonschot, G. Schmidt, P.H.J. van Leeuwen & J.A. Schot, Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijksvenen. 109 p. f 16,-
- 88/33 H. Eijsackers, C.F. van de Bund, P. Doelman & Wei-chun Ma, Fluctuerende aantallen en activiteiten van bodemorganismen. 85 p. f 13,50
- 88/35 A.J. de Bakker & H.F. van Dobben, Effecten van ammoniakemissie op epifytische korstmossen; een correlatief onderzoek in de Peel. 48 p. f 7,50
- 88/36 B. van Dessel, Ecologische inventarisatie van het IJsselmeer. 82 p. f 13,-
- 88/38 P. Opdam & H. van den Bijtel, Vogelgemeenschappen van het landgoed Noordhout. 65 p. f 9,-
- 88/39 P. Doelman, H. Loonen & A. Vos, Ecotoxicologisch onderzoek in met Endosulfan verontreinigde grond: toxiciteit en sanering. 34 p. f 6,-
- 88/40 G.P. Gonggrijp, Voorstel voor de afwerking van de groeve Belvédère als archeologisch-geologisch element. 13 p. f 3,-
- 88/41 J.L. Mulder (red.), De vos in het Noordhollands Duinreservaat. Deel 1: Organisatie en samenvatting. 32 p.
- 88/42 J.L. Mulder, idem. Deel 2: Het voedsel van de vos. 78 p.
- 88/43 J.L. Mulder, idem. Deel 3: De vossenpopulatie. 129 p.
- 88/44 J.L. Mulder, idem. Deel 4: De fazantenpopulatie. 59 p.
- 88/45 J.L. Mulder & A.H.Swaan, idem. Deel 5: De wulpenpopulatie. 76 p.
- De rapporten 41-45 worden niet los verkocht maar als serie van vijf voor f 25.
- 88/46 J.E. Winkelman, Methodologische aspecten vogelonderzoek SEP-proefwindcentrale Oosterbierum (Fr.). Deel 1. 145 p. f 19,50
- 88/48 J.J. Smit, Het Eemland en de polder Arkemheen rond het begin van de twintigste eeuw. 64 p. f 9,-
- 88/49 G.W. Gerritsen, M. den Boer & F.J.J. Niewold, Voedseleecologie van de vos in Nederland. 96 p. f 14,50
- 88/50 G.P. Gonggrijp, Permanente geologische ontsluitingen in de taluds van Rijksweg A 1 bij Oldenzaal. 18 p. f 4,50
- 88/52 H. Sierdsema, Broedvogels en landschapsstructuur in een houtwallandschap bij Steenwijk. 112 p. f 16,-
- 88/54 H.W. de Nie & A.E. Jansen, De achteruitgang van de oevervegetatie van het Tjeukemeer tussen Oosterzee (Buren) en Echten. 18 p. f 4,50
- 88/56 P.A.J. Frigge & C.M. van Kessel, Adder en zandhagedis op de Hoge Veluwe: biotopen en beheer. 16 p. f 3,50
- 88/62 K. Romeyn, Estuariene nematoden en organische verontreiniging in de Dollard. 23 p. f 5,-
- 88/63 S.E. van Wieren & J.J. Borgesius, Evaluatie van bosbegrazingsobjecten in Nederland. 133 p. f 18,50
- 88/66 K.S. Dijkema et al., Effecten van rijzendammen op opslibbing en omvang van de vegetatiezones in de Friese en Groninger landaanwinningswerken. Rapport in samenwerking met RWS Directie Groningen en RIJP Lelystad. 130 p. f 19,-

- 88/67 G. Schmidt & J.C.M. van Haren, Achtergronden van een steekmuggenplaag; steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijksvenen 2. 162 p. f 21,-
- 88/68 R. Noordhuis, Maatregelen ter voorkoming en beperking van schade door zilvermeeuwen. 48 p. f 7,50
- 89/3 F. Maaskamp, H. Siepel & W.K.R.E. van Wingerden, Een monitoring experiment met ongewervelde dieren in graslanden op zandgrond. 44 p. f 13,50
- 89/5 R.J. Bijlsma, Remote sensing voor classificatie van de vegetatie en schatting van de biomassa op ganzenpleisterplaatsen in het waddengebied. 62 p. f 8,50
- 89/7 R. Ketner-Oostra, Lichenen en mossen in de duinen van Terschelling. 157 p. f 21,-
- 89/8 A.L.J. Wijnhoven, Effecten van aanleg, beheer en gebruik van golfbanen en mogelijkheden voor natuurtechnische milieubouw. 19 p. f 4,50
- 89/9 N. Dankers, K. Koelemaij & J. Zegers, De rol van de mossel en de mosselcultuur in het ecosysteem van de Waddenzee. 66 p. f 9,-
- 89/10 P.G.A. ten Den, Patrijzen op en rond De Hoge Veluwe. 40 p. f 6,50
- 89/11 C.J. Smit & G.J.M. Visser, Verstoring van vogels door vliegverkeer, met name door ultra-lichte vliegtuigen. 12 p. f 3,50
- 89/12 R. van Halewijn, Bescherming van zeevogels op het Lago-rif, Aruba, in 1988. 73 p. f 10,-
- 89/13 K. Lankester, Effecten van habitatversnippering voor de das (*Meles meles*); een modelbenadering. 101 p. f 15,-
- 89/14 A.J. de Bakker, Monitoring van epifytische korstmossen in 1988. 53 p. f 8,-
- 89/15 J.E. Winkelman, Vogels en het windpark nabij Urk (NOP): aanvarings-slachtoffers en verstoring van pleisterende eenden, ganzen en zwanen. 169 p. f 22,-
- 89/16 J.J.M. Berdowski et al., Effecten van rookgas op wilde planten. 108 p. f 16,-
- 89/17 E.C. Gleichman-Verheijen & W. Ma, Consequenties van verontreiniging van de (water)bodem voor natuurwaarden in de Biesbosch. 91 p. f 14,-
- 89/18 A. Farjon & J. Wiertz, Milieu- en vegetatieveranderingen in het schraal-land van Koolmansdijk (gemeente Lichtenvoorde); 1952-1988. 134 p. f 18,50
- 89/19 P.G.A. ten Den, Achtergronden en oorzaken van de recente aantalsontwikkeling van de fazant in Nederland. 168 p. f 22,-
- 90/1 R.J. Bijlsma, Het RIN-bosecologisch informatiesysteem SILVI-STAR; documentatie van FOREYE-programmatuur en subprogramma's. 96 p. f 14,50
- 90/2 J.E. Winkelman, Vogelslachtoffers in de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) tijdens bouwfase en half-operationele situaties (1986-1989). 74 p. f 10,-
- 90/4 J.M. de Graaf, De stinzenflora van Leiden en noordelijke omgeving. 95 p. f 14,50
- 90/5 G.M. Dirkse & P.A. Slim, Naar een methode voor het monitoren van vegetatieontwikkeling in het waddengebied. 40 p. f 6,50
- 90/6 J.C.M. van Haren & P.F.M. Verdonschot, Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijksvenen 3. 61 p. f 8,50
- 90/8 H. Siepel et al., Effecten van verschillen in mestsoort en waterstand op vegetatie en fauna in klei-op-veen graslanden in de Alblasserwaard. 50 p. f 7,50
- 90/9 J.E. Winkelman, Verstoring van vogels door de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) tijdens bouwfase en half-operationele situaties (1984-1989). 157 p. f 21,-
- 90/10 P.J.H. Reijnders, I.M. Traut & E.H. Ries, Verkennend onderzoek naar de mogelijkheden voor het terugzetten van gerevalideerde zeehonden, *Phoca vitulina*, in de Oosterschelde. 36 p. f 6,-
- 90/11 M. Elbers & P. Doelman, Studie naar de mogelijke effecten op flora en fauna als gevolg van de inrichting van de Noordpunt Oost-Abtspolder als definitieve opslagplaats voor verontreinigde grond. 128 p. f 18,-
- 90/12 K. Kramer & P. Spaak, meadowsim, een evaluatie-instrument voor de kwaliteit van graslandgebieden voor weidevogels. 51 p. f 7,50

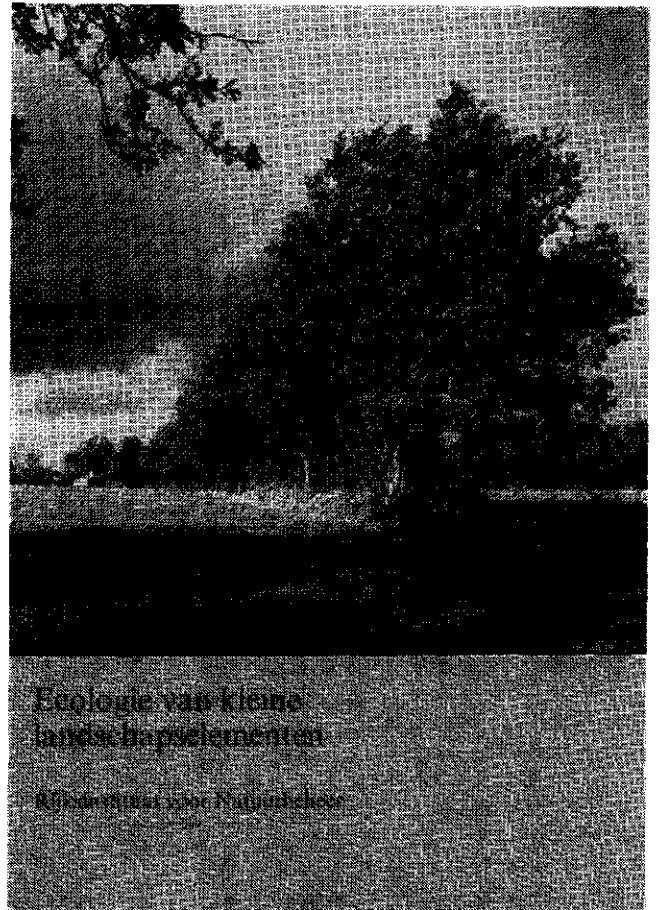
- 90/13 P.A. Slim & L.J. van Os, Effecten van natuurbeheer op de vegetatie in het veenweidegebied van de Donksche Laagten (Alblasserwaard). 45 p. f 7,-
- 90/14 F. Fennema, Effects of exposure to atmospheric SO₂, NH₃ and (NH₄)₂SO₄ on survival and extinction of *Arnica montana* and *Viola canina*. 60 p. f 8,50
- 90/16 J. Wiertz, Ontstaanswijze, grondwater en bijzondere plantesoorten van enkele duinvalleien op Oost-Ameland. 49 p. f 7,50
- 90/17 J.E. Winkelman, Nachtelijke aanvaringskansen voor vogels in de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.). 209 p. f 26,50
- 90/18 N.J.M. Gremmen & R.J.B. Zwanikken, De haalbaarheid van een kennissysteem voor heidebeheer. 49 p. f 7,50
- 90/19 N. Dankers, K.S. Dijkema, P.J.H. Reijnders & C.J. Smit, De Waddenzee in de toekomst - waarom en hoe te bereiken? 137 p. f 18,50
- 90/21 W.J. Wolff, Verslag van de workshop op 2 oktober 1990 te Wageningen gewijd aan het Rapport van de Werkgroep II van het Intergovernmental Panel on Climate Change. 63 p. f 9,-
- 91/1 L.M.J. van den Bergh, De grauwe gans als broedvogel in Nederland. 31 p. f 5,50
- 91/2 W.A. Teunissen, De uitstralingseffecten van geluidsproductie van de militaire 25 mm schietbaan in de Marnewaard op plaatskeuze en gedrag van watervogels in het Lauwersmeergebied binnendijks. 101 p. f 15,-
- 91/3 G.J.M. Wintermans, De uitstralingseffecten van militaire geluidsproductie in de Marnewaard op het gedrag en de ecologie van wadvogels. 60 p. f 8,50
- 91/8 H. van Dobben, Monitoring van epifytische korstmossen in 1989. 62 p. f 8,50
- 91/9 A. de Gee, J.H. van Meerendonk & N. Dankers, Munitieresten in de Waddenzee; chemische belasting door militaire schietactiviteiten. 36 p. f 6,50
- 91/10 K.S. Dijkema et al., Natuurtechnisch beheer van kwelderwerken in de Friese en Groninger Waddenzee: greppelonderhoud en overig grondwerk. 156 p. f 20,50
- 91/11 F. Maaskamp & H. Siepel, Overlast van dazen rond het zwembad van Maarheeze. 9 p. f 3,50
- 91/12 A.J. Verkaik, Verspreidings- en verplaatsingspatronen van muskusratten *Ondatra zibethicus* in Flevoland. 79 p. f 13,-
- 1991-1 N. Dankers et al., The Wadden Sea in the future - why and how to reach? RIN contributions to research on management of natural resources. 108 p. f 16,-
- IBN-rapport 91/1 M.J.S.M. Reijnen & R.P.B. Foppen, Effect van wegen met autoverkeer op de dichtheid van broedvogels. *Hoofdrapport* 110 p. f 16,-
- IBN-rapport 91/2 *i d e m* *Opzet en methoden* 44 p. f 7,-

december 1991

Ecologie van kleine landschapselementen

Kleine landschapselementen vormen voor veel soorten planten en dieren van het cultuurlandschap biotoop en ecologische infrastructuur. In 1986 wijdde het RIN een studiedag aan dit thema. In het verslag hiervan werd een overzicht gegeven van de stand van het onderzoek en er is ruime aandacht besteed aan praktijkproblemen van de landinrichting.

88 pagina's, geïllustreerd
prijs f 20,-
bestelcode: KLE



Ecologische karakterisering van oppervlaktewateren in Overijssel

Dit boek is een produkt van een jarenlange samenwerking tussen het Rijksinstituut voor Natuurbeheer en de provincie Overijssel. Een ecologische indeling van wateren is nodig voor goed waterbeheer. Met dit boek kunnen ecologische doelstellingen op korte en middellange termijn gerealiseerd worden; het bevat praktische adviezen voor een gedifferentieerd waterbeheer. Ook kunnen de maatregelen op hun ecologische effecten worden beoordeeld.

301 pagina's
prijs f 40,-
bestelcode: EK00

De boeken zijn te bestellen door het verschuldigde bedrag over te schrijven op postbanknummer 516 06 48 van het RIN te Leersum onder vermelding van de bestelcode. Uw overschrijving geldt als bestelformulier. De portokosten zijn voor onze rekening.

ECOLOGISCHE KARAKTERISERING VAN OPPERVLAKTEWATEREN IN OVERIJSSSEL

Piet F.M. Verdonschot



Provincie Overijssel

Rijksinstituut voor Natuurbeheer