

Studie
Toekomstig Waterbezwaar

Fase 1
Oktober 2000

INHOUDSOPGAVE

1. SAMENVATTING.....	5
1.1 Vraagstelling en uitvoering onderzoek	5
1.2 Gebiedsbeschrijving.....	5
1.3 Ontwikkelingen tot op heden	6
Toename waterbezwaar	6
Maatschappelijke acceptatie van wateroverlast	7
Rijnlands beleid en uitvoering van maatregelen	7
1.4 Ontwerpgrondslagen verwerkingscapaciteit boezemstelsel.....	7
1.5 Calamiteitenbestrijdingsplan en calamiteitenberging	8
1.6 Kans op extreme situaties	8
1.7 Toegepaste rekenmethode.....	9
1.8 Huidige Situatie anno 2000.....	9
1.9 Toekomstige ontwikkelingen.....	10
1.10 Bepaling van het effect van toekomstige ontwikkelingen in de jaren 2025 en 2050.....	11
1.11 Voorstel tot normering	11
1.12 Toetsing huidige situatie, anno 2025 en 2050 aan de voorgestelde normering	12
1.13 Toepassing van het Calamiteitenbestrijdingsplan en inzet van calamiteitenberging	13
1.14 Onderzochte maatregelen.....	13
1.14.1 Uitbreiding bemalingscapaciteit.....	13
1.14.2 Bergingscapaciteit.....	15
1.15 Combinatie van extra bemaling en berging	16
1.16 Beoordeling van maatregelen	17
1.17 Conclusies en aanbevelingen	17
2. Inleiding.....	19
3. Probleemstelling	20
3.1 Uitgangspunten nota 1985	20
3.2 Huidige ontwikkelingen die van invloed zijn op het toekomstig waterbezwaar.....	20
3.2.1 Verstedelijking van de Randstad.....	20
3.2.2 Ontwikkelingen in Rijnlands beheersgebied.....	21
3.2.3 Broeikaseffect	21
3.2.4 Herbezinning uitgangspunten bepaling verwerkingscapaciteit.....	21
4. Formulering vraagstelling Onderzoek Toekomstig Waterbezwaar	22
5. Beschrijving van het huidige systeem.....	23
5.1 Gebiedsbeschrijving.....	23
5.2 Boezemstelsel en boezemland	23
5.3 Polders	24
6. Operationeel boezembeheer bij waterbezwaar	25
6.1 Omstandigheden	25
6.2 Ontwerp verwerkingscapaciteit boezemstelsel voor "normale" omstandigheden.....	25
6.3 Boezembeheer onder Bijzondere Omstandigheden	25
7. Waterbezwaren en extreme waterstanden in het Rijnlandse verleden	27
7.1 waterbezwaren 1939-1998.....	27
7.2 Waterstanden sinds 1900	28
7.3 Ontwikkelingen in het klimaat tot op heden.	28
7.4 Maatschappelijke acceptatie wateroverlast.....	29
8. Bepaling van de verwerkingscapaciteit van het boezemstelsel.....	30
8.1 Uitgangspunten	30
8.2 Nadere bepaling van overlast, schade en risico	30
8.2.1 Overlast en schade door hoge grondwaterstanden veroorzaakt door hoge stand boezemwater.....	30
8.2.2 Overlast en schade door inundatie in boezemland.....	31

8.2.3	Overlast en schade in polders als gevolg van het instellen van maalstops.....	32
8.3	Aanleiding tot extreme situaties.....	32
8.4	Bepaling van de kans op extreme situaties als gevolg van overvloedige neerslag en opwaaiing.....	33
8.4.1	Aanpak en methodiek.....	33
8.4.2	Rekenmethode.....	33
8.4.3	Sobek-Rijnlandmodel.....	34
8.4.4	Gebruikte gegevens.....	34
8.4.5	Statistische analyse methode en extreme waarden verdeling volgens Gumbel.....	35
8.4.6	Gumbelverdeling van de waterbezwaren.....	35
8.4.7	Gumbelverdeling van de waterstanden.....	36
8.5	Kans op combinatie van veel neerslag, gestremde afvoer of onvolledig functioneren boezembeheer..	36
9.	ANALYSE HUIDIG FUNCTIONEREN BOEZEMSYSTEEM.....	38
9.1	Analyse huidige situatie.....	38
9.2	Kans van voorkomen van extreme waterbezwaren en waterstanden in de huidige situatie.....	38
9.2.1	Vergelijking modelberekeningen versus gemeten waterbezwaren.....	38
9.2.2	Kans op extreme waterbezwaren en waterstanden in de huidige situatie.....	38
9.3	Schatting kans op combinatie van waterbezwaar en stremming van afvoer of falen boezembeheer.....	40
9.3.1	Stremming van de afvoer.....	40
9.3.2	Falen van het boezembeheer.....	41
9.3.3	Bepaling van de afzonderlijke kansen en totale kans op extrema.....	42
10.	Beschrijving en analyse van de toekomstige ontwikkelingen.....	44
10.1	Inleiding.....	44
10.2	Effecten klimaatwijzigingen en zeespiegelrijzing.....	44
10.3	Bodemdaling.....	44
10.4	Effecten wijziging grondgebruik.....	45
10.4.1	Verstedelijking.....	45
10.4.2	Veranderingen waterbeheersing land- en tuinbouwgebieden.....	45
10.4.3	Functiewijzigingen.....	46
10.5	Effect wijziging in normstelling wateroverlast.....	46
10.5.1	Invulling huidige norm polderbemalingscapaciteit.....	46
10.5.2	Toekomstige normstelling.....	47
10.6	Relaties met de omgeving en ontwikkelingen.....	47
10.6.1	Effect afvoer beperkingen naar het Noordzeekanaal, Hollandsche IJssel en Katwijk.....	47
10.6.2	Afvoer vanuit Woerden.....	47
10.7	Gecombineerd effect van ontwikkelingen in 2025 en 2050.....	47
10.7.1	Analyse en gevolgen van de toekomstige ontwikkelingen.....	48
11.	Gewenste situatie, normering.....	50
11.1	Inleiding.....	50
11.2	Systematiek van normering polder-boezem en boezemkade.....	50
11.3	Normering boezemstelsel en veiligheid boezemkaden.....	50
11.4	Voorstel normering boezemstelsel.....	51
11.5	Toetsing huidige toekomstige situatie aan de voorgestelde normen.....	52
11.6	Wateroverlast volgens de IPO-benadering.....	53
11.7	Schatting van frequentie van inzet van calamiteitenberging.....	54
12.	Maatregelen.....	55
12.1	Oplossingsrichtingen.....	55
12.2	Variant uitbreiding bemalingscapaciteit.....	55
12.2.1	Mogelijkheden van uitbreiding.....	55
12.2.2	Uitbreiding gemaal Katwijk.....	56
12.2.3	Combinaties van uitbreiding gemaalcapaciteit.....	58
12.2.4	Aanscherping normstelling en vergroting bemalingscapaciteit.....	58
12.3	Variant berging.....	58
12.3.1	Inleiding.....	58
12.3.2	Vergroting berging in de boezem.....	58
12.3.3	Bergingsystemen buiten de boezem in polders door tussenboezem of inundatiepolder.....	60
12.3.4	Aanscherping normstelling en berging.....	62

12.3.5	Bijkomende voorzieningen bergingspolders.....	62
12.4	Combinatie van extra bemaling en berging	62
12.5	Sturingsmaatregelen in afvoer van polders.....	62
12.6	Maatregelen in het boezemland	63
13.	Kosten	64
14.	Beoordeling maatregelen naar overige aspecten.....	66
15.	Conclusies en aanbevelingen	67
15.1	Conclusies	67
15.2	Aanbevelingen	68
16.	Literatuurlijst	70
17.	Bijlagen.....	71

1. SAMENVATTING

1.1 Vraagstelling en uitvoering onderzoek

Op 19 maart 1996 heeft de Verenigde Vergadering opdracht gegeven en krediet beschikbaar gesteld tot het uitvoeren van de studie Toekomstige Waterbezwaar.

De vraagstelling voor het onderzoek toekomstig waterbezwaar is daarbij als volgt geformuleerd:

Bepaal - gegeven de ontwikkelingen in het beheersgebied van Rijnland - voor de komende periode van 25 jaar (jaar 2025) het maatgevende waterbezwaar, en bepaal vervolgens de vereiste maatregelen om dit waterbezwaar in het watersysteem te kunnen verwerken. Maak daarbij ook een doorkijk naar een periode van 50 jaar.

Toelichting: de periode van 25 jaar wordt gekozen omdat eventuele grote werken (aanpassing gemalen en of aanpassingen aan het boezemstelsel) lange voorbereidingstijd vergen. De doorkijk van 50 jaar is ingegeven door de mogelijke doorwerking op lange termijn van klimaatsveranderingen enerzijds en mogelijk noodzakelijke tijdige reserveringen op het gebied van de Ruimtelijke Ordening (RO) anderzijds

In deze notitie wordt de eerste fase van deze studie gerapporteerd. De studie is uitgevoerd in samenwerking met WL/Delft Hydraulics. Samengevat geeft de rapportage van deze eerste fase inzicht in:

- de verwerkingscapaciteit van de boezembemaling van het huidige boezemstelsel
- de effecten van klimaatverandering en zeespiegelrijzing op toename van het waterbezwaar
- globale effecten van ruimtelijke ontwikkelingen (verstedelijking) op toename van het waterbezwaar.
- een oriëntatie op mogelijk te nemen maatregelen.

Een aantal zaken is nog niet verder uitgewerkt omdat er tijdens de uitvoering van de studie ontwikkelingen waren die aanleiding gaven de studie in een tweede fase voort te zetten.

De ontwikkelingen zijn:

- het landelijke onderzoek naar aanleiding van de wateroverlast, Commissie Waterbeheer 21e eeuw,
- een nog uit te voeren nadere inventarisatie van ontwikkelingen in de ruimtelijke ordening (RO);
- afstemming polder- en boezembemaling in samenwerking met de waterkwantiteitswaterschappen (doelstelling WBP2000), mede op basis van uitkomsten van het onderzoek van Commissie Waterbeheer 21^e eeuw.

1.2 Gebiedsbeschrijving

Het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Rijnland samen met de beheersgebieden van de kwantiteitswaterschappen Groot Haarlemmermeer, De Oude Rijnstromen en Wilck en Wiericke vormen hydrologisch een waterstaatkundig systeem van ± 100.000 ha. Circa 170 polders met een totaal oppervlak van ca. 70.000 ha lozen via poldergemalen water op het boezemstelsel en ca. 15.000 ha zogenaamd boezemland watert direct af op de boezem. Het oppervlak van het boezemwater bedraagt 4.500 ha (4,5%). Via een sluis bij Bodegraven wordt van ca. 17.000 ha het overtollig water van de regio Woerden (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden) in het Rijnlandse boezemstelsel tot afstroming gebracht.

Het boezemstelsel is een stelsel van kanalen en meren die met elkaar in open verbinding staan. De boezem wordt bemalen door vier boezemgemalen. De gemalen Halfweg en Spaarndam lozen hun water op de boezem van het Noordzeekanaal, het gemaal Katwijk loost direct op de Noordzee en gemaal Gouda loost op de Hollandsche IJssel.

Het gebied (polder en boezemlandschap) kenmerkt zich door een vlakke ligging van het maaiveld en geringe hoogteverschillen tussen maaiveld en het waterpeil. Er is slechts een kleine variatie van het waterpeil toegestaan. Een te veel aan water tijdens een waterbezwaar wordt dan ook maar in bepaalde mate (tijdelijk) geborgen. In de regel wordt in het natte seizoen (oktober tot april) het eenmaal gevallen regenwater direct weggemalen. De thans totale opgestelde polderbemalingscapaciteit bedraagt 11,2 miljoen m³/etmaal (130 m³/s) en de boezembemalingscapaciteit bedraagt 13,3 miljoen m³/etmaal (154 m³/s). Tijdens de verwerking van een waterbezwaar wordt zowel in de polders als in de boezem door middel van peilstijging tijdelijk water geborgen. In de boezem wordt rekening gehouden met een beschikbare berging van 0,10 m hetgeen overeenkomt met 4,5 miljoen m³.

Het boezemstelsel vervult een tweeledige afwaterende functie. Enerzijds dient het stelsel als afvoersysteem voor het overtollige polderwater. Transportcapaciteit van het boezemwaterstelsel en waterstanden in relatie met waakhogten voor boezemkaden zijn hierbij bepalend bij het beheer. Anderzijds vervult het boezemstelsel een afwaterende functie voor het boezemland waarbij drooglegging (ten behoeve van landbouw en stedelijk gebied) en variatie in het waterpeil bepalend zijn in het beheer.

De op de oude strandwallen gelegen gronden van het boezemland liggen op gemiddeld NAP 0,0 m en wateren direct af via een stelsel van sloten en watergangen op het boezemstelsel. Het grondgebruik in het landelijk gebied is voornamelijk agrarisch (bollenteelt en grasland). Verder heeft het gebied voornamelijk een stedelijke functie met Haarlem, Leiden, Katwijk en Wassenaar als de grotere agglomeraties. Bij Aalsmeer bevindt zich een waterrijk boezemland met een veenbodem. In dit gebied vindt voornamelijk sierteelt plaats.

Het peil van de boezem wordt in de winter gehandhaafd op gemiddeld NAP -0,62 m en in de zomer op gemiddeld NAP -0,59 m. Het geringe verschil tussen maaiveldhoogte en gemiddelde waterstand, en de specifieke eisen die onder meer de bollenteelt stelt, vereisen een peilbeheer met peilfuncties van ca. +/-0,05 m.

Bij waterbezwaar zijn er drie deelgebieden in de boezem te onderscheiden die nadere aandacht vragen.

1. Boezemwateren in het bollengebied.

Bij de bollenteelt zijn langdurig hoge waterstanden, bijvoorbeeld langer dan 24 uur, mogelijk schadelijk voor de ontwikkeling van het gewas.

2. Boezemwateren aan de randen van het systeem.

Bij storm zal opwaaiing aan de randen van de boezem ontstaan. Deze opwaaiing kan 0,10 m tot 0,20 m bedragen. Bij noordenwind is met name het gebied in de omgeving van Stompwijk (bij Zoetermeer) opwaaiingsgevoelig en bij zuid- en zuidwestenwind de omgeving van Aalsmeer. Indien deze opwaaiing gepaard gaat met groot waterbezwaar kan er lokaal gevaar ontstaan voor de stabiliteit en waakhogte van de boezemkaden.

3. Boezemwateren in het centrum van de boezem.

In het centrum van het boezemstelsel, waar de meeste poldergemalen water lozen en vele kilometers boezemkaden zijn (totaal 900 km), zal in de regel de hoogste waterstand in de boezem optreden (met uitzondering in geval van storm). Hier zijn te hoge boezemwaterstanden een gevaar voor de stabiliteit en overstrooming van de boezemkaden.

De voorgeschreven hoogte van de boezemkaden is NAP - 0,10 m. Lokaal zijn er kaden met hogere ligging (langs de Gouwe en Oude Rijn). Met name in het veenweidegebied zijn de kaden voortdurend onderhevig aan zettingen. Deze kaden worden dan ook periodiek onderhouden en weer op hoogte gebracht. Des al niet te min zijn er in het gebied kaden met een (tijdelijk) lagere kruinhoogte dan de voorgeschreven NAP - 0,10 m. Afwijkingen tot NAP -0,20 m komen voor.

Indien het gemiddelde boezempeil hoger wordt dan NAP -0,50 m treedt het calamiteitenbestrijdingsplan Boezembeheer in Bijzondere Omstandigheden in werking en worden er maatregelen overwogen, zoals bijvoorbeeld een beperkte maalstop voor de poldergemalen. Bij een boezemwaterstand van -0,30 m NAP ten noorden van de Oude Rijn en NAP - 0,35 m ten zuiden van de Oude Rijn zal een algehele maalstop voor alle poldergemalen worden afgekondigd.

1.3 Ontwikkelingen tot op heden

Toename waterbezwaar

Sinds 1939 wordt het jaarlijks maximale waterbezwaar van de boezem van Rijnland bepaald. Dit waterbezwaar is gedefinieerd als de maximale hoeveelheid water die dat jaar in een kalenderdag tot afstroming naar de boezem kwam. Er is een toename van deze maxima waarneembaar, die voornamelijk wordt toegeschreven aan:

- de verstedelijking
- verbetering/aanpassing van de polderbemaling

Veranderingen in het klimaat

Het KNMI heeft in 1999 een analyse gemaakt van de ontwikkelingen in het Nederlandse klimaat vanaf het begin van deze eeuw tot op heden. Op basis van de langjarige gemiddelden (vanaf 1900-1999) van maximale dagsommen, blijkt voor de winterperiode (voor de boezem van Rijnland de belangrijke periode) een lichte stijging waarneembaar te zijn. De verklaring hiervoor wordt vooralsnog hoofdzakelijk toegeschreven aan

natuurlijke klimaatfluctuaties. Volgens het KNMI zou het broeikaseffect hieraan mogelijk een nog kleine bijdrage geleverd hebben.

Maatschappelijke acceptatie van wateroverlast

De maatschappelijke acceptatie van vormen van wateroverlast is in de loop der jaren afgenomen. In de landbouw worden hogere eisen gesteld aan de ontwatering en afwatering. Extreme waterstanden komen minder frequent voor door de verbetering van het dagelijkse peilbeheer. Er is daardoor een vorm van ontwenning aan hoge waterstanden ontstaan. De bij extreme omstandigheden onvermijdelijke hoge waterstanden (de berging wordt dan benut) worden in zo'n geval maatschappelijk als minder vanzelfsprekend beschouwd en al snel als overlast gezien.

Rijnlands beleid en uitvoering van maatregelen

Het beleid ten aanzien van de boezembemaling van Rijnland is er steeds op gericht om tijdig op de ontwikkelingen te anticiperen. In 1985 is dit beleid verwoord in de Nota toekomstige bemalingscapaciteit, waarbij de uitgangspunten voor de verwerking van het waterbezwaar tot en met en omstreeks het jaar 2000 is vastgelegd. En in 1996 is door de Verenigde Vergadering opdracht gegeven tot het uitvoeren voor de nu voorliggende studie Toekomstig Waterbezwaar.

In de laatste 50 jaar zijn er de volgende maatregelen doorgevoerd; in 1954 de uitbreiding van capaciteit en modernisering van gemaal Katwijk, in 1977 de uitbreiding van capaciteit en modernisering van gemaal Halfweg, begin jaren 90 de renovatie van gemaal Spaarndam en als voortvloeiend van de Nota toekomstige bemalingscapaciteit in 1998 de introductie van het boezembeheer volgens Automatisering Boezembeheer Rijnland (ABR), waarbij in het natte winterseizoen steeds een bergingscapaciteit van 0,10 m (4,5 miljoen m³) beschikbaar is.

In totaal is daarmee sinds 50 jaar de totale verwerkingscapaciteit met ca. 50% toegenomen. In al die jaren is de capaciteit tot nu toe steeds toereikend is geweest, met uitzondering van het waterbezwaar in 1946 waarbij de waterstanden ruim boven de NAP -0,40 m stegen.

1.4 Ontwerpgrondslagen verwerkingscapaciteit boezemstelsel

De verwerkingscapaciteit van het boezemstelsel (bemaling plus berging) is er op gericht een bepaald extreem waterbezwaar te kunnen verwerken zonder dat er sprake is van een situatie waarbij overlast dan wel schade ontstaat. De keuze van de grootte van de kans op extreme omstandigheden, ofwel de garantie (of garantieniveau) dat in alle omstandigheden tot die gekozen extreme situatie er geen risico van overlast en schade is, is een bestuurlijke afweging. Op dit moment is dat voor het Rijnlandse boezemstelsel gemiddeld eens in de honderd jaar (1/100). Toch is er altijd een kans dat er zich nog extremere situaties voordoen. Voor dergelijke situaties is er het Calamiteitenbestrijdingsplan Boezembeheer onder Bijzondere Omstandigheden.

De grootte van de kans op, en de omstandigheden van het begin van overlast en schade bepalen het ontwerpcriterium voor de grootte van de capaciteit (bemalings- en bergingscapaciteit) van het boezemstelsel.

In het rapport "Normen voor waterbeheer op welke gronden" van WL/SC-DLO opgesteld in opdracht van de Unie van Waterschappen wordt het functioneren van de afwatering in het algemeen in relatie gebracht met twee vormen van overlast en schade:

- Overlast en of schade door hoge grondwaterstanden, die kunnen worden veroorzaakt door hoge standen van het oppervlaktewater, ofwel de hoge waterstand kan de **ontwatering** belemmeren.

Toelichting:

*Bij deze vorm van de door het oppervlaktewater beïnvloede grondwateroverlast spelen ook de grondgesteldheid en de wijze van ontwatering een bepalende rol. Deze zijn evenwel de verantwoordelijkheid van de grondgebruiker/eigenaar of gemeente. Hier in deze rapportage wordt verondersteld dat gegeven de huidige maaiveldliggingen in de bollenstreek, er bij **lokale** waterstanden langdurig (meer dan 24 uur) boven NAP -0,55 tot NAP -0,50 m een bijdrage in overlast/schade **kan** ontstaan omdat de ontwatering van percelen door de hoge **lokale** boezemwaterstand wordt belemmerd. Een verantwoorde schatting van de werkelijke potentiële schade veroorzaakt door langdurig te hoge boezemwaterstanden is echter vooralsnog niet mogelijk.*

- Overlast en of schade door oppervlaktewater dat over het gebied stroomt ofwel inundatie (niet door kadebreuk). In dat geval bereikt de waterstand in de sloten het maaiveld, en het water begint over het maaiveld te lopen.

Toelichting:

Op basis van de huidige van de maaiveldligging van het grootste gedeelte van het boezemland kan inundatie ontstaan bij boezemwaterstanden boven NAP -0,25 m. Deze waterstand zal in de regel alleen in zeer extreme omstandigheden kunnen voorkomen, omdat voor het bereiken van een dergelijke waterstand reeds veel eerder maalstops zijn uitgevaardigd (NAP -0,35 m resp. NAP -0,30 m). Alleen in de situatie dat de maalstops niet het gewenste resultaat hebben zouden dergelijke hoge waterstanden

kunnen ontstaan. Daarnaast zijn er hier en daar lager gelegen oeverlanden/natuurgebieden (bijv. langs de Wijde Aa en Westeinder) waar lokaal bij al lagere waterstanden inundatie kan ontstaan (momenteel wordt in het kader van het peilbesluit van de boezem het gewenste peilbeheer voor dit soort oeverlanden nader bepaald). Daarnaast introduceert een maalstop mogelijk inundatie in de polders, zie hierna.

Bij een polder-boezemstelsel zoals het Rijnlandse kan ook een andere vorm van overlast en schade ontstaan namelijk als er een gedeeltelijke of gehele maalstop wordt uitgevaardigd. Bij een gemiddelde boezemstand van NAP -0,50 m en hoger, kan met name in combinatie met opwaaiing en met golfslag, een voor boezemkaden gevaarlijke situatie ontstaan. Bij dergelijke verhoogde waterstanden loopt de stabiliteit van de kade gevaar. Bij nog hogere waterstanden kan water over de kruin gaan lopen. Er is dan groot gevaar voor kadebreuk, die vervolgens leidt tot grootschalige en plotselinge inundatie van de achterliggende polder. Om dit risico te vermijden, wordt door middel van gedeeltelijke of gehele maalstops de boezemwaterstand zoveel mogelijk genormaliseerd. Het instellen van een maalstop zal vervolgens dan wel in de polders leiden tot overlast en mogelijk tot inundatie (vanuit de sloten). Dus, om het "grote" risico van kadebreuk te minimaliseren, wordt gekozen voor een afwenteling van het risico naar de polder met daar een kans op schade/overlast.

In hoeverre lokaal in de polders reeds al in een eerdere instantie overlast/schade kan zijn ontstaan, wordt bepaald door de dan ter plaatse heersende lokale omstandigheden (lokaal gevallen neerslag) en capaciteit van polderbemaling. Een verantwoorde schatting van de potentiële schade veroorzaakt door het instellen van een maalstop is mogelijk te bepalen in de tweede fase van de studie.

Samengevat moet de verwerkingscapaciteit van het boezemstelsel van Rijnland ontworpen worden op:

- Lokale hoge standen van het oppervlaktewater in het boezemland, waarbij er een kans is dat de **ontwatering** (van met name bollengronden) belemmerd wordt. Verondersteld wordt dat gegeven de huidige maaiveldliggingen in de bollenstreek, er bij **lokale** waterstanden langdurig (meer dan 24 uur) boven NAP -0,55 m er een bijdrage in overlast/schade **kan** ontstaan.
- Hoge waterstanden in de boezem waarbij gedeeltelijk of geheel maalstops uitgevaardigd moeten worden. Verondersteld wordt, dat bij een gemiddelde boezemstand hoger dan NAP -0,50 m, in combinatie met lokale opwaaiing van 0,10 m tot 0,20 m en golfslag, er noodzaak kan zijn van het moeten instellen van (partiele) maalstops.

1.5 Calamiteitenbestrijdingsplan en calamiteitenberging

Indien de verwerkingscapaciteit zoals in bovenstaande zin beschreven ontoereikend is, dient het Boezembeheer Bijzondere Omstandigheden in werking te treden. De maatregelen in dit plan hebben tot doel gefaseerd de afvoer naar de boezem te reduceren. Dit wordt bereikt door het water tijdelijk te bergen. In die zin is er dan sprake van **calamiteitenberging**. Gefaseerd wordt door middel van beperkte maalstops, in polders met geringste kans op overlast schade, de toevoer naar de boezem gereduceerd. Is deze reductie ontoereikend dan volgt volledige maalstop, vervolgens eventueel inlating van water, en als uiterste middel is er de mogelijkheid van inundatie van een aantal polders in de omgeving van de Kagerplassen en Braassem (inclusief ontruimingsplannen). Met name deze laatste maatregel is ingrijpend en gaat gepaard met extra schade. Ten aanzien van het toepassen van calamiteitenbestrijdingsplan valt nog het volgende op te merken:

- Goed en snel functioneren volgens het plan is essentieel om de berging tijdig operationeel te maken.
- toepassing van een maalstop is in de huidige tijd niet meer zo vanzelfsprekend als het ooit was (zie "Schurende ketens in het Waterbeheer"), ter visie legging van de calamiteitenbestrijdingsplannen of opnemen van dergelijke maatregelen in bestemmingsplannen valt (in overleg met gemeenten) te overwegen.
- Er zijn in de calamiteitenplannen thans (opties op) 10 inundatiepolders. Er dient nog nadere uitwerking gegeven te worden in RO/bestemmingsplannen, evacuatieplannen, inundatiemethode, enz. om deze polders verantwoord te kunnen inzetten.
- De inundatiepolders zijn gekozen vanwege de centrale ligging in het boezemstelsel (en vanwege geringe bebouwingsdichtheid) en zijn direct gelegen aan Kagerplassen of Braassemermeer. Dit omdat de inzet grote wateraanvoercapaciteit vraagt (binnen een etmaal meerdere miljoenen m³).

1.6 Kans op extreme situaties

De kans op extreme waterstanden wordt bepaald door extreme weersomstandigheden (neerslag en storm) en door andere omstandigheden. Er moet bijvoorbeeld ook rekening gehouden worden met een kans op:

- het niet beschikbaar zijn van een bemalingseenheid of eenheden door; onderhoud, storing, brand, sabotage, ontbreken energie voorziening

- een reductie in afvoer van de boezemgemalen, door terugloop van de capaciteit van de gemalen bij hoge buitenwaterstanden of door een maalstop voor de boezemgemalen, naar het Noordzeekanaal en Hollandsche IJssel en bij stormvloed bij Katwijk
- onjuist boezembeheer

De kans op al of niet gelijktijdig samenvallen van bovenstaande mogelijke gebeurtenissen bepaalt de kans op het ontstaan van extreme waterstanden.

1.7 Toegepaste rekenmethode

Het adviesbureau WL heeft een methodiek en modelinstrumentarium (SOBEK) ontwikkeld waarmee kansen op extreme omstandigheden als gevolg van neerslag, wind en hoge buitenwaterstanden kunnen worden bepaald. In deze studie is deze rekenmethodiek toegepast. Er is daartoe een model gemaakt van het complete polder- en boezemstelsel van Rijnland. Met dit model kan de afvoer van alle polders en het boezemland naar de boezem bepaald worden, en kan op ca. 400 punten in de boezem de waterstand berekend worden. In dit model wordt gerekend met langjarige (historische) reeksen van meteorologische gegevens van neerslag, wind en buitenwaterstanden. De uitkomsten van de berekeningen (waterstanden en waterbezwaar) ofwel het gedrag van het systeem, worden vervolgens statistisch geanalyseerd. Het model is gecalibreerd op een aantal recente perioden van waterbezwaar. Vergelijking van de modelberekeningen met gemeten waterbezwaren, laat zien dat gemiddeld het model ca. 10% grotere waterbezwaren berekent. Een verklaring hiervoor is dat er bij het modelleren altijd onvermijdelijk noodzakelijke veronderstellingen gemaakt moeten worden over het functioneren van het systeem, zoals bijvoorbeeld de veronderstelling dat polderbemaling altijd optimaal functioneert en dat voorafgaand aan een extreme situatie een bepaalde mate van berging in de grond beschikbaar is. Daarnaast moet vastgesteld worden dat de bepaling van het gemeten waterbezwaar gepaard gaat met een onnauwkeurigheid van orde 10%.

Naast de modelberekeningen is er in deze rapportage ook nog een schatting gemaakt van de kansen op het niet beschikbaar zijn van bemalingseenheden, onjuist boezembeheer, enz.

1.8 Huidige Situatie anno 2000

De uitkomsten van de berekeningen voor de huidige situatie anno 2000 laten zien dat statistisch gezien de hoogste waterstanden in de omgeving van Stompwijk ontstaan en voor het centrum van de boezem de hoogste waterstanden in Nieuwe Wetering ontstaan. De waterstanden in de omgeving van Aalsmeer (als opwaaiingsgevoelig gebied) zijn statistisch vergelijkbaar met die van Nieuwe Wetering. In de bollenstreek zijn de waterstanden gemiddeld lager. De belangrijkste resultaten zijn:

- Het waterbezwaar met een frequentie van voorkomen van 1/100 jaar bedraagt 18,3 miljoen m³/etmaal. In de vorige studie (1985) werd dit bepaald op 17,4 miljoen m³/etmaal.
- Volgens de tot nu toe geldende uitgangspunten, zou bij een waterbezwaar met een frequentie van 1/100 een maximale waterstand van NAP -0,50 m bereikt moeten worden. Volgens de huidige berekeningen komt een waterstand van NAP -0,50 m in Nieuwe Wetering echter eens in de 25 jaar voor. De waterstand in Nieuwe Wetering met een frequentie van 1/100 blijkt volgens de huidige berekeningen NAP -0,44 m te bedragen.
- Het verschil in uitkomsten van deze studie en de voorgaande (1985) is te verklaren doordat; a) in extreme situaties de waterstanden na een etmaal nog blijven doorstijgen, terwijl eerder werd verondersteld dat in de maatgevende situatie (1/100) de waterstand na een etmaal zijn maximum zou hebben bereikt, b) thans wordt aangenomen dat de aanvoer uit de polders in extreme situaties 100 % bedraagt, terwijl destijds een aanvoer van maximaal 85% van de beschikbare polderbemalingcapaciteit werd verondersteld en c) er een verschil is in de thans toegepaste rekentechniek (modelberekeningen) en voorgaande methode waarbij gebruik gemaakt werd van meetgegevens en inschattingen.
- De waterstand bij Stompwijk met een frequentie van 1/100 bedraagt NAP -0,41 m. In dit opwaaiingsgevoelige gebied geeft de hier gehanteerde methode overigens nog een onderschatting van de kansen en extreme waarden.
- In de bollenstreek zijn de extreme waterstanden gemiddeld ca. 5 cm lager dan in het centrum van het gebied. Dit is het gevolg van het afmalingseffect van het gemaal Spaarndam (versterkt door Halfweg) dat doorwerkt tot in dit gebied. Hier wordt 1/100 jaar een waterstand van NAP -0,48 m bereikt. De boezemwaterstand in het bollengebied stijgt eens in de ca. 15 jaar boven de NAP -0,55 m. Deze waterstand of hoger wordt als kritisch beschouwd in de bijdrage tot het ontstaan van schade.
- Extrapolatie naar extreme kansen van 1/500 jaar leert het volgende; het daarbij behorende waterbezwaar bedraagt 19,5 miljoen m³/etmaal. In Nieuwe Wetering wordt 1/500 jaar een waterstand van NAP -0,36 m bereikt, in de regio Stompwijk NAP -0,35 m en in de bollenstreek NAP -0,43 m.

Bovenstaande kansen zijn gebaseerd op de veronderstelling dat de boezembemaling en het boezembeheer optimaal functioneren. Indien rekening gehouden wordt met de kans op (gedeeltelijke) stremming in afvoer of falen van het boezembeheer, dan blijkt de kans (op basis van de gemaakte schattingen) orde 2 x zo groot te worden. De kans dat ongewenst extreme waterstanden ontstaan wordt daarmee orde 1/50 jaar in plaats van 1/100 jaar. Nadere beschouwing leert dat met name de kans op terugloop in bemalingscapaciteit en of de kans op maaltstop van de boezemgemalen, beide door hoge buitenwaterstanden, een dominante bijdrage leveren in de vergroting van die kans.

1.9 Toekomstige ontwikkelingen

Effecten van klimaatsverandering

Voor de vierde Nota Waterhuishouding zijn door de werkgroep klimaatverandering (projectteam NW4) de gevolgen van de klimaatveranderingen voor Nederland onderzocht. Uit dit onderzoek volgt dat de gemiddelde temperatuur in de periode tot 2050 met 0,5 tot 2°C zal stijgen. Doordat temperatuur en neerslag direct aan elkaar gerelateerd zijn, wordt verwacht dat de gemiddelde jaarlijkse neerslag ten gevolge van deze temperatuurstijging met 2 tot 5 % zal toenemen, waarbij de toename zich concentreert in de winter met een stijging van 5 tot 10%. Langs de Nederlandse kust worden al sinds 100 jaar stijgende waterstanden gemeten. Uitgaande van schattingen, wordt voor Nederland een relatieve zeespiegelrijzing verwacht van zo'n 25 cm voor 2050, en 60 cm voor de komende 100 jaar. Als bovengrens wordt een stijging van respectievelijk 40 en 85 cm geschat. De relatieve zeespiegelrijzing voor de Nederlandse kust zal naar verwachting ten opzichte van 1990 in 2025 circa 25 cm bedragen.

Ruimtelijke ordening

Op basis van "*De nieuwe kaart van Nederland*" kan vooralsnog een globale schatting van de ontwikkelingen worden gemaakt. Volgens deze kaart neemt het verhard oppervlak tot 2010 nog met $\pm 15\%$ toe. Voor deze studie is aangenomen dat daarna het verhard gebied op de langere termijn nog tot 25% zal groeien.

Het effect van de toename van 25% op het totaal van de polderbemalingscapaciteit (door toepassing van de norm van 10 naar 15 m³/min/100 ha) is gering. Het totaal van de polder bemalingscapaciteit neemt dan toe met 2,5 m³/s. Wordt bij de stedelijke uitbreidingsplannen een ruim percentage open water gepland dan kan dit tot resultaat hebben dat de polderbemalingscapaciteit niet of nauwelijks uitgebreid wordt. Hiermee is effect van verstedelijking op de toename van het waterbezwaar op de boezem klein.

In de land- en tuinbouwgebieden zullen zich ontwikkelingen voordoen op het gebied van:

- extensivering teelt en productiewijze, inrichting van natuurgebieden, gewijzigde waterhuishouding met variabel peil en gewijzigde normering polderbemaling.
- verkleining van drooglegging in kleigebieden en normalisering van drooglegging (geen grote droogleggingen meer)

Het gecombineerde effect in de polder zal van situatie tot situatie afhankelijk zijn en het totale effect op de boezem is niet zonder meer goed in te schatten.

Momenteel zijn er tal van functiewijzigingen in het gebied, hiervan zijn te noemen:

- Bentwoud (1000-2000 ha), waterhuishouding nog niet bepaald, planning onbekend
- Haarlemmermeer; groengebieden samen met verstedelijking
- Groen-Blauwe Slinger (GBS); met daarin de Driemanspolder.
- Steden-Driehoek Haarlem-Leiden-Amsterdam; uitwerking nog onbepaald,
- regeneratieprojecten Duingebied; inrichting bufferzones duinrand
- Landinrichtingsplannen.

Het effect van deze plannen op het waterbezwaar is nog niet goed te bepalen. Wel kan gesteld worden dat in de plannen rekening gehouden wordt met waterberging. Berekend kan worden dat alleen grootschalige herinrichting (meerdere duizenden hectaren) effect kan hebben op het waterbezwaar naar de boezem.

Polderbemalingscapaciteit

Analyse van de invulling van de huidige normstelling van de polderbemalingscapaciteit leert het volgende;

- de huidige totaal opgestelde polderbemalingscapaciteit bedraagt ca. 130 m³/s
- er is een totaal aan **onder** de norm opgestelde bemalingscapaciteit van 28 m³/s,
- er is een totaal aan **boven** de norm opgestelde bemalingscapaciteit van 15 m³/s,

Gegeven de discussie over wateroverlast is er een ontwikkeling *denkbaar* waar de norm van de "te laag" opgestelde capaciteit wordt opgevuld, terwijl de "te hoog" opgevulde norm niet wordt gecorrigeerd. De te hoog opgevulde norm zal niet zo gauw gecorrigeerd worden omdat in het verleden er redenen (kwetsbaarheid van een gebied) zijn geweest om van deze norm af te wijken. Bij opvulling van de norm worden de totale Rijnlandse polderbemalingscapaciteit en boezembemalingscapaciteit dan nagenoeg even groot (ca. 155 m³/s). Vanuit Woerden wordt maximaal 25 m³/s afgevoerd en vanuit het boezemland (vrij afstromend 15.000 ha) wordt orde 20-30 m³/s afgevoerd (in feite is de toevoer vanuit het boezemland zelfs onbegrensd).

Het totaal van de afstroming van de boezem kan dan door deze van opvulling van de norm tijdens een piek orde 200 m³/s gaan bedragen (thans orde 175 m³/s). Daarmee kan ten opzichte van thans, de balans tussen aanvoer naar boezem en afvoer+berging uit evenwicht raken.

1.10 Bepaling van het effect van toekomstige ontwikkelingen in de jaren 2025 en 2050

Het effect van een aantal verwachte ontwikkelingen in de jaren 2025 en 2050 is met berekeningen bepaald op basis van:

- de veranderingen in het klimaat (met een toename van de neerslaghoeveelheden) en zeespiegelrijzing
- de verstedelijking
- de opvulling norm polderbemaling op basis van de huidige uitgangspunten en beleid van normering polderbemaling

Nog niet in rekening zijn genomen:

- eventuele verandering normstelling wateroverlast van de polders
- effecten van functiewijzigingen grondgebruik anders dan verstedelijking
- wijzigingen in het waterbeheer (introduktie flexibel peilbeheer, kleinere drooglegging, hogere eisen waterbeheer bij intensieve teelten, eisen gesteld aan waterkwaliteitsbeheer)

De resultaten van berekeningen laten zien dat de opvulling van de norm van de polderbemalingscapaciteit gecombineerd met het effect van uitbreiding van het verhard oppervlak de grootste bijdrage levert aan de toename van het (maatgevende) waterbezwaar. De toename van de neerslag draagt in mindere mate bij aan de toename van het maatgevende waterbezwaar (slechts één derde van het totaal). De relatief geringere bijdrage van toename van de neerslag is echter ook deels een gevolg van ongewijzigde normstelling.

In de onderstaande tabel is het effect van de toekomstige ontwikkelingen op de kans van voorkomen van extreme situaties in beeld gebracht.

jaar	kans van voorkomen		
	waterbezwaar 18 miljoen m ³ /etmaal	waterstand NAP -0,50 m bij Nw. Wetering	Maalstop NAP -0,35 m
2000	1/100	1/25	minder dan 1/500
2025	1/20	1/10	1/100
2050	1/10	1/2	1/20

Waterbezwaren kleiner dan 18 miljoen m³ / etmaal zullen in 2025 en 2050 steeds frequenter gaan voorkomen. Komt in de huidige situatie een waterbezwaar van 18 miljoen m³ per etmaal eens in de 100 jaar voor in 2025 wordt dit eens in de 20 jaar en in 2050 eens in de 10 jaar. Door de toenemende waterbezwaren nemen ook de maximale waterstanden die kunnen optreden toe. In de huidige situatie komen waterstanden hoger dan NAP - 0,50 m eens in de 25 jaar voor. In 2025 zullen deze waterstanden eens in de 10 jaar voorkomen en in 2050 zelfs eens in de 2 jaar. Het bereiken van NAP -0,35 m bij Nw. Wetering (maalpeil) heeft momenteel een frequentie kleiner dan 1/500, in 2025 wordt dit ca. 1/100, maar in 2050 wordt dit ca. 1/20 jaar.

De invloed van de zeespiegelrijzing op de boezem is nog klein. Door de toename van de benodigde opvoerhoogte zal de capaciteit van gemaal Katwijk afnemen. In 2025 met ongeveer 2% en in 2050 met ongeveer 6%. Een reductie van 6% bij Katwijk heeft nog weinig gevolgen voor de waterstanden in de boezem.

1.11 Voorstel tot normering

Voor de bepaling van de grootte van de verwerkingscapaciteit van de boezem van Rijnland wordt thans een ontwerpnorm van eens de 100 jaar overschrijdskans gehanteerd. Een onderbouwing van deze norm in de vorm van risico's en schade gekoppeld aan grondgebruik (met toenemende economische waarde in het beheersgebied) ontbreekt nog. De wateroverlast van de laatste jaren heeft deze discussie opnieuw voeding gegeven. De vraag rijst

welke normen in de toekomst gehanteerd moeten worden. In de rapportage van WL/SC-DLO in opdracht van de Unie van Waterschappen is hiertoe een aanzet gegeven. De Commissie Waterbeheer 21^e eeuw zal hieraan vervolg geven. Vooruitlopend op de uitkomsten van deze discussie wordt in deze rapportage een voorstel gedaan voor een gewenste normering voor het boezemstelsel van Rijnland.

Op basis van de eerder beschreven aspecten kan voor het boezemstelsel de volgende normering worden gehanteerd:

1. **Normering** in verband met **belemmerde ontwatering** van het boezemland, van met name de kwetsbare bollenteelt. Eerder is gesteld dat een waterstand **lokaal** in die streek langdurig (meer dan 24 uur) hoger dan NAP -0,55 m bij kan dragen aan het ontstaan van gewasschade.
2. **Normering** in verband met het partiel dan wel geheel moeten **instellen van maalstops**.

De keuze van de norm is een bestuurlijke aangelegenheid. Risico's van overlast en schade in relatie tot te nemen maatregelen vereisen een maatschappelijke en daarmee een bestuurlijke afweging. Inhoudelijk is er de relatie met het binnenkort opnieuw te nemen peilbesluit van de boezem. In het peilbesluit zal (wenselijk) moeten worden vastgelegd onder welke omstandigheden rekening gehouden dient te worden met extreme (hier hoge) waterstanden. Feitelijk zal hier ook de belangafweging plaats moeten vinden.

Ter beoordeling van de capaciteit van de boezem bij de verwerking van waterbezwaar wordt voorgesteld een gedifferentieerde normering te hanteren met:

- een **range** van overschrijdingsfrequenties van bijvoorbeeld 1/50-1/100 jaar.
- een **range** van waterstanden van bijvoorbeeld NAP -0,50 m tot NAP -0,45 m behorend bij die range van overschrijdingsfrequenties

De reden waarom voorgesteld wordt met ranges te werken is, dat de toegepaste rekenmethodiek onnauwkeurigheden kent en daarmee de kansen en daarbij voorkomende waterstanden niet exact zijn te bepalen. De voorgestelde range wordt zodanig gekozen, dat deze een aannemelijke bandbreedte van kansen op waterstanden vormt.

Toetsing van de norm geschiedt als volgt:

- zijn de kansen van voorkomen van de gehele de range van waterstanden altijd kleiner dan de gestelde range van overschrijdingskansen, dan voldoet het systeem aan de gestelde normen
- is de kans van voorkomen van waterstanden deels groter dan de gestelde overschrijdingskans; de toetsing **voldoet nog** maar het systeem wordt **kritiek**.
- is de kans op voorkomen van de gehele range van waterstanden groter dan de gestelde range van overschrijdingskansen, dan voldoet het systeem niet aan de gestelde norm.

De volgende normen worden voorgesteld

norm	range van overschrijdingskansen	range van waterstanden in m NAP
belemmerde ontwatering	1/10 - 1/25	-0,55 tot -0,50
begin van maalstop	1/50 - 1/100	-0,50 tot -0,45

Is andere (bijv. strengere) normering gewenst, dan dient deze significant anders te zijn, omdat anders het verschil teveel een schijn van extra zekerheid biedt. Voor de afkondiging van maalstops betekent dat bijvoorbeeld een aanpassing van de norm naar de range van 1/250-1/500. Gegeven de thans gevoerde landelijke discussie over normering wordt voor deze rapportage voorgesteld, deze aangescherpte normering vooralsnog niet verder uit te werken.

1.12 Toetsing huidige situatie, anno 2025 en 2050 aan de voorgestelde normering

Worden het huidige systeem (anno 2000) en de toekomstige situaties 2025 en 2050 getoetst aan de voorgestelde normering dan levert dit het volgende resultaat:

	Norm		2000	2025	2050
	freq.	waterstand	freq.	freq.	freq.
bollenstreek	1/10	-0,55	1/15	1/8	1/2
	1/25	-0,50	1/75	1/20	1/4
centr. v/d boezem	1/50	-0,50	1/25	1/10	1/3

	1/100	-0,45	1/80	1/20	1/5
omg. Stompwijk	1/50	-0,50	1/8	1/4	1/2
	1/100	-0,45	1/30	1/10	1/3

Uit de tabellen is te lezen dat:

- In huidige situatie (jaar 2000); in de bollenstreek het systeem aan de toetsing voldoet, dat in het centrum van de boezem de toetsing *kritiek* is, en *niet voldoet* in de omgeving van Stompwijk.
- in de jaren 2025 en 2050 wordt zonder maatregelen nergens aan de norm voldaan.

De bovenstaande resultaten moeten daarenboven beschouwd worden in combinatie met een zekere kans is dat de bemaling deels belemmerd is tijdens waterbezwaar (par 1.8). Op grond daarvan wordt geconcludeerd dat er voor de huidige situatie al maatregelen gewenst zijn.

1.13 Toepassing van het Calamiteitenbestrijdingsplan en inzet van calamiteitenberging

Op basis van de voorgestelde normering kan een kans op het moeten toepassen van het Calamiteitenbestrijdingsplan Boezembeheer onder Bijzondere Omstandigheden worden bepaald, en daarmee tevens de frequentie van inzet van calamiteitenberging worden geschat. Onderstaande tabel geeft de resultaten weer.

maatregel	geschatte kans op inzet
beperkte maalstop voor de eerste 1/3 deel van polderbemaling	1/100 tot 1/500
beperkte maalstop voor de eerste 1/2 deel van polderbemaling	1/500 tot 1/1000
volledige maalstop	minder dan 1/1000
inundatie polders <i>in te zetten nadat maatregel maalstop ontoereikend is</i>	minder dan 1/1000

1.14 Onderzochte maatregelen

Ten aanzien van de verwerking van het waterbezwaar zijn er keuzen tussen het wegmaken van water enerzijds en bergen van water anderzijds en er is de combinatie van beide. Bij berging is er de mogelijkheid de berging in de boezem te vergroten, speciale bergingsystemen in te richten of water in de polders "achter te houden" (retentie of tijdelijk bergen in de polders). Omdat, berging ten aanzien van watervraag (in de zomer) om reden van waterconservering en weren gebiedsvreemd water ook in discussie is (Nota Waterhuishouding 21^{ste} eeuw beheersgebied van Rijnland), moet bij de definitieve oplossingsrichtingen steeds de combinatie van bergingsmogelijkheden overwogen worden.

1.14.1 Uitbreiding bemalingscapaciteit

In voorgaande studies (Nota uitbreiding uit 1985) is reeds bepaald waar uitbreiding van de bemalingscapaciteit kan plaatsvinden. Zonder aanpassing aan de buitensluis kan er bij Katwijk 20 m³/s (1,7 miljoen m³/etmaal) bijgeplaatst worden. Bij grotere capaciteitsuitbreiding dient nagegaan te worden of de buitensluis aangepast moet worden. Al of niet verbreding van het Oegstgeesterkanaal en Katwijkskanaal dient bij uitbreiding overwogen te worden. Bij de noordelijke gemalen kan nog 10% (= 6 m³/s = 0,5 miljoen m³/etmaal) uitgebreid worden zonder aanpassing aan het kanalenstelsel. Uitbreiding bij Gouda wordt niet als een voor de handliggende mogelijkheid gezien. De capaciteit van de Gouwe als toevoerkanal is bij uitbreiding te beperkend. Uit strategische overwegingen is er voorkeur direct naar de Noordzee te malen i.v.m. de minste afhankelijkheid van beheer op Hollandsche IJssel en Noordzeekanaal (maalstops). Andere mogelijkheden zijn er zoals:

- Combinatie van uitbreidingen bij Katwijk, Halfweg en Spaarndam.
- Nieuw gemaal naar de Noordzee (bijv. bij Noordwijk), bijv. door toepassen boortechneek voor een ca. 10 km lange persleiding (bijvoorbeeld 2 x rond 5 m) onder de duinen door naar de Kagerplassen (daar staat het gemaal).

In deze nota is de uitbreiding van het gemaal Katwijk voor het jaar 2000, 2025 en 2050 onderzocht. Daarbij zijn beschouwd:

1. Uitbreiding naar $75 \text{ m}^3/\text{s} = 6,5$ miljoen m^3/etmaal (vergroting cap. met $21 \text{ m}^3/\text{s} = 1,8$ miljoen m^3/etmaal)
2. Uitbreiding naar $100 \text{ m}^3/\text{s} = 8,6$ miljoen m^3/etmaal (vergroting cap. met $46 \text{ m}^3/\text{s} = 4,0$ miljoen m^3/etmaal)

De resultaten van de berekeningen zijn gepresenteerd in de onderstaande tabel.

	norm		2000	2025	2050
	freq. / waterstand		freq.	freq.	freq.
uitbr. naar 75 m³/s					
Bollenstreek	1/10	-0,55	1/500	1/10	1/4
	1/25	-0,50	1/1000	1/25	1/10
centr. v/d boezem	1/50	-0,50	1/50	1/10	1/4
	1/100	-0,45	1/250	1/25	1/10
omg. Stompwijk	1/50	-050	1/10	1/4	1/2
	1/100	-0,45	1/50	1/12	1/5
uitbr. naar 100 m³/s					
Bollenstreek	1/10	-0,55		1/75	1/12
	1/25	-0,50	nb	1/1000	1/50
centr. v/d boezem	1/50	-0,50		1/40	1/12
	1/100	-0,45	nb	1/200	1/30
omg. Stompwijk	1/50	-050		1/8	1/5
	1/100	-0,45	nb	1/40	1/15

nb) niet berekend

Resultaten van de berekeningen laten zien dat:

- bij een uitbreiding naar $75 \text{ m}^3/\text{s}$ in de huidige situatie met uitzondering van de regio Stompwijk aan de norm wordt voldaan.
- in 2025 een uitbreiding naar $75 \text{ m}^3/\text{s}$ niet genoeg is om in het centrum van het gebied aan de norm te voldoen; een uitbreiding naar $100 \text{ m}^3/\text{s}$ is daarvoor noodzakelijk
- in 2050 is behalve voor de bollenstreek (norm belemmerde ontwatering) een uitbreiding naar $100 \text{ m}^3/\text{s}$ niet toereikend.

Uitbreiding van de capaciteit van gemaal Katwijk heeft invloed op de stroomsnelheden in de wateraanvoerende kanalen. Hoge stroomsnelheden veroorzaken de volgende effecten:

- Groot verval in de wateraanvoerende kanalen zodat waterstand in de omgeving van het gemaal te laag kan komen te staan. Een verval van tussen 0,10 m tot 0,15 m wordt als aanvaardbaar geacht. Bij een boezemstand van -0,65 m en een verval van 0,15 m is dan de waterstand bij het gemaal NAP -0,80 m. Gecombineerd met mogelijke afwaaiing van 0,05-0,10 m kan dan de waterstand lokaal in Katwijk NAP -0,90 m worden.
- uitschuring van de wateraanvoerende boezemkanalen.
- hinder voor scheepvaart: bij stroomsnelheden boven de 0,30 m/s.

Voor een eventuele toekomstige uitbreiding van capaciteit van het gemaal Katwijk zijn langs het Katwijks- en Oegstgeesterkanaal stroken van 25 m breed gereserveerd voor een eventuele verbreding van deze kanalen.

Berekeningen laten de volgende resultaten zien:

- In de huidige situatie, met het Katwijks- en Oegstgeesterkanaal nog niet op leggerafmetingen, wordt voldaan aan de hierboven gestelde criteria.
- Bij uitbreiding naar $75 \text{ m}^3/\text{s}$ is het op leggerafmetingen brengen van het Katwijks- en Oegstgeesterkanaal noodzakelijk om aan de criteria te voldoen. Verbreding van het kanaal is nog niet noodzakelijk.
- Bij uitbreiding naar $100 \text{ m}^3/\text{s}$ is het op leggerafmetingen brengen van het Katwijks- en Oegstgeesterkanaal niet voldoende om aan de criteria te voldoen. Verbreding van het kanaal is dan wel noodzakelijk.

De effecten van andere combinaties van uitbreiding zoals bijv. uitbreiding bij Katwijk+uitbreiding met $6 \text{ m}^3/\text{s}$ bij Halfweg+Spaarndam, of een nieuw gemaal naar de Noordzee (geboorde buis uit Kaag) zijn (nog) niet uitgerekend. Op grond van overeenkomst zullen deze uitbreidingen nagenoeg dezelfde effecten op de waterstanden hebben.

1.14.2 Bergingscapaciteit

De toepassing van bergingscapaciteit heeft als nadeel het ruimtebeslag. Daarnaast is berging voor een beperkte tijd inzetbaar (is op een zeker moment vol). Daarom is altijd het juiste moment van inzet van berging van belang.

Er zijn verschillende manieren om de bergingscapaciteit te vergroten:

1. berging in de bestaande boezem door vergroting van oppervlak en of toelaten van grotere peilstijgingen;
2. Aflaten van water naar bergingsystemen in polders;
3. Vasthouden van water in (retentie) polders.

Vergroting oppervlak

Vergroting van berging in de boezem door vergroting van het oppervlak bij gelijkblijvende toelaatbare maximum peilen is niet efficiënt. Om een verdubbeling van de (huidige) bergingscapaciteit (4,5 miljoen m³) te krijgen moet het huidige oppervlak van 4500 ha vergroot worden naar 9000 ha. Gezien het gevraagde ruimtebeslag en efficiëntie van benutting van de ruimte wordt deze optie als inefficiënt beoordeeld.

Vergroting berging door extra toelaatbare peilfluctuatie

Een extra peilfluctuatie van 0,10 m in de boezem (dus totaal 0,20 m inclusief de huidige 0,10 m) levert orde 5 miljoen m³ extra berging op. Hierbij wordt **bijvoorbeeld** gedacht aan verlaging van het winterpeil gecombineerd met een maximaal toelaatbare operationele stijging voor berging van 0,20 m naar maximaal NAP -0,45 m.

De consequenties van de structurele verlaging van het winterpeil zullen dan moeten worden overzien in het peilbesluit. Een groter toelaatbare peilstijging maakt mogelijk aanpassing van boezemkades noodzakelijk.

Op basis van de rekenresultaten kan voor deze maatregel worden bepaald dat:

- in de huidige situatie (2000) aan de norm wordt voldaan
- in 2025 aan de norm wordt voldaan maar de toetsing bij Stompwijk **kritiek** is
- in 2050 niet aan de norm kan worden voldaan

Betrouwbaar weerbericht

Stel over ca. 10-20 jaar is men in staat om circa 2 dagen vooraf zeer betrouwbare weersvoorspellingen te maken over te verwachten neerslaghoeveelheden. In dat geval kan in de polder en de boezem, enkele dagen vooraf naar een lager peil gemalen worden (bijv. in de boezem naar NAP -0,70 m). Er is dan vervolgens 0,20 m berging tot NAP -0,50 m mogelijk. De nadelen van een lager peil zijn dan tijdelijk. Er ontstaat in de boezem een extra bergingsmogelijkheid van 5 miljoen m³. Kosten van een dergelijke maatregel zijn minimaal.

Op basis van de rekenresultaten kan worden bepaald dat:

- in 2025 aan de norm wordt voldaan, maar bij Stompwijk de toetsing **kritiek** is
- in 2050 niet aan de norm kan worden voldaan

Vergroting berging in boezem door compartimentering

Door de boezem te compartimenteren en in het compartiment veel peilfluctuatie toe te staan kan een berging worden gecreëerd. In werking is een dergelijk systeem vergelijkbaar met **berging in polders** (zie hierna). De te realiseren voorzieningen moet **bijvoorbeeld** gedacht worden in een deel van de Kaag of Braassem.

Bergingsystemen buiten de boezem in polders door tussenboezem of inundatiepolder

Bergingsystemen kunnen ook buiten de boezem in polder(s) gezocht worden door indien nodig water uit de boezem af te laten in a) een te inunderen droge polder of b) in een plas die vervolgens een peilstijging ondergaat. De effectiviteit van een bergingspolder is afhankelijk van de locatie. Wanneer de bergingspolder zich in het midden van het beheersgebied bevindt, kan het water van alle zijden toestromen. Wanneer de polder zich aan de rand van het gebied bevindt, kan deze bijvoorbeeld worden ingezet om opwaaiingseffecten te bestrijden.

Door dit type berging steeds bij het bereiken van een bepaalde waterstand in te zetten, bijvoorbeeld als de waterstand NAP -0,50 m of NAP -0,45 m bereikt, kan steeds aan de norm ten aanzien van begin van maalstop worden voldaan onder voorwaarde dat het beschikbare volume van de berging toereikend is. Berging biedt geen verbetering voor de norm van de belemmerde ontwatering in de bollenstreek, tenzij de berging bij al bij lagere waterstanden wordt ingezet. Wordt dit gedaan dan is er het risico dat de berging al "vol" is voordat de piek van het waterbezwaar zich aandient. De berging is dan nutteloos. De rekenresultaten laten afhankelijk van moment van inzet (waterstand) de volgende benodigde bergingsvolumina en de kans van voorkomen in de jaren 2000, 2025 en 2050 zien.

	2000	2025	2050
inzet berging bij waterstand	freq. inzet berging	freq. inzet berging	freq. inzet berging
bollenstreek bij NAP - 0,50 m	1/75	1/20	1/4
centr. v/d boezem bij NAP -0,45 m	1/80	1/20	1/5
omg. Stompwijk bij NAP -0,45 m	1/30	1/10	1/3
benodigd totaal bergings volume in miljoen m ³	ca. 2	ca. 3	ca. 5

In de tabel is te zien dat in 2025 en 2050 de berging frequenter wordt aangesproken.

Bij wijze van oriëntatie kan bij berging gedacht worden aan **bijvoorbeeld**:

- Polder in de omgeving van Bodegraven bijvoorbeeld de Binnenpolder;
- Driemanspolder;
- Haarlemmermeerpolder.

Polder in de omgeving van Bodegraven bijvoorbeeld de Binnenpolder

Berging in de Binnenpolder of een andere polder in de omgeving Bodegraven is gebaseerd op de volgende gedachten:

- tijdelijk bergen van het water afkomstig van het gebied van Woerden
- verlaging van waterstanden in rijnlands boezem bij Bodegraven verlaagt tevens de waterstanden in de boezem van Woerden, en verlaagt daarmee ook de kans op maalstops in die boezem.

De Binnenpolder (450 ha) ligt direct aan de Oude Rijn, is relatief onbewoond en heeft uitgaande van het gemiddelde maaiveld niveau van -1,70 m NAP, en met inundatie tot aan boezempeil $\pm 5,00$ miljoen m³ berging beschikbaar. **Uitdrukkelijk wordt gesteld dat dit een voorbeeld is om de achterliggende gedachte in beeld te brengen.**

Driemanspolder

Momenteel wordt in het kader van de "Groen Blauweslinger" de mogelijkheid onderzocht de Driemanspolder op grond van planologische overwegingen onder water te zetten. De Driemanspolder ligt in de buurt van Stompwijk en zou daarmee kunnen dienen als overlaat voor de boezem, zodat de waterstanden in de omgeving van Stompwijk beheersbaar blijven. In dit geval zou tijdelijk de waterstand in de nieuw aan te leggen plas moeten oplopen. Het natte oppervlak van de inrichting van de polder is nog niet bepaald. Stel er is ± 300 ha. beschikbaar en er van uitgaande dat er tijdelijk 0,5 m water kan worden geborgen, bedraagt de totale berging $\pm 1,5$ miljoen m³.

Haarlemmermeerpolder

Het zuidelijk deel van de Haarlemmermeerpolder is een geschikte locatie vanwege de centrale ligging, en omdat dit een diepe polder is. Door de diepe ligging kan op een kleiner oppervlak meer berging gerealiseerd worden. Ook kan gezien de ligging in de boezem hiermee effectief de waterstand in de bollenstreek worden beïnvloed. Uitgaande van bijvoorbeeld 200 ha en het maaiveld op NAP -4.50 m is er bij inundatie tot boezempeil ca. 8 miljoen m³ beschikbaar.

1.15 Combinatie van extra bemaling en berging

De combinatie van extra berging en bemaling door uitbreiding van Katwijk naar 75 m³/s laat zien dat de frequentie van inzet van berging geringer is dan bij de variant van berging alleen, en het benodigde volume is eveneens geringer is.

	2000	2025	2050
Inzet berging bij waterstand	freq. inzet berging	freq. inzet berging	freq. inzet berging
Bollenstreek bij NAP - 0,50 m	1/500	1/25	1/10
Centr. v/d boezem bij NAP -0,45 m	1/400	1/25	1/10
Omg. Stompwijk bij NAP -0,45 m	1/40	1/12	1/5
Benodigd totaal bergings volume in miljoen m ³	ca. 1	ca. 2	ca. 4

1.16 Beoordeling van maatregelen

Naast het kostenaspecten moeten de maatregelen ook beoordeeld worden naar, voldoen aan normering, haalbaarheid ("Nimby-effect"), realisatietijd en aantrekkelijkheid ten aanzien een eventuele meerwaarde of multifunctionaliteit van het watersysteem (recreatie, ecosysteem). In de onderstaande tabel zijn deze per jaar 2000, 2025 en 2050 positief, neutraal of negatief gescoord.

	kosten in miljoen fl	voldoet aan normering			haalbaarheid			realisatietijd			aantrekkelijkheid		
		2000	2025	2050	2000	2025	2050	2000	2025	2050	2000	2025	2050
1.a. uitbreiding katwijk tot 75 m ³ /s	56	+/*	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-
1.b. uitbreiding katwijk tot 100 m ³ /s	133	+	+/-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-
2. vergroting berging boezem (verh. Kades)	40-200	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. verbeteren weerbericht	nihil	nvt.	+	-	-	+?	+?	-	+?	+?	-	-	-
4.a Binnenpolder (5 miljoen m ³)	191	+/*	+/*	+/*	-	+	+	-	+?	+?	+	+	+
4.b Driemanspolder (1,5 miljoen m ³)	124(**)	+/-*	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+
4.c Haarlemmermeerpolder (8 miljoen m ³)	88	+/*	+/*	+/*	-	+	+	-	+?	+?	+	+	+
5. combinatie 1.a.+ 4.b	180	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6. combinatie 1.a+4.b+4.a of 4.c	350	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+

(**) kosten totale inrichting en aankoop gronden, kosten voorzieningen alleen voor berging waterbezwaar ca. f 10 miljoen

+/-) niet in Stompwijk en bollenstreek

+/*) niet effectief bij Stompwijk

+/-* wel effectief bij Stompwijk maar niet toereikend voor de gehele boezem

Uit de tabel blijkt dat:

- voor het jaar 2000, de combinatie van uitbreiding van Katwijk tot 75 m³/s met de berging in de Driemanspolder, wat betreft voldoen aan normering, haalbaarheid en aantrekkelijkheid het beste scoort.
- in 2025 en 2050 is een er een "beste" maatregel is door nog extra berging in te zetten (combinatie 6)

1.17 Conclusies en aanbevelingen

In deze studie wordt voorgesteld de verwerkingscapaciteit van de boezem van Rijnland te ontwerpen op de volgende minimale normen:

1. **Normering** in verband met **belemmerde ontwatering** van het boezemland, van met name de kwetsbare bollenteelt.
2. **Normering** in verband met het partiel dan wel geheel moeten **instellen van maalstops**, dit ter voorkoming van risico's van kadebreuk.

De toegepaste normering heeft betrekking op kans van voorkomen van range van (extreme) waterstanden binnen een zekere range van kansen. Voorgesteld wordt met deze ranges te werken omdat de bepaling van de kansen van voorkomen met en bijbehorende waterstanden niet exact is te bepalen. De voorgestelde normering is:

Norm	range van overschrijdingskansen	range van waterstanden in m NAP
Belemmerde ontwatering	1/10 - 1/25	-0,55 tot -0,50
Begin van maalstop	1/50 - 1/100	-0,50 tot -0,45

De keuze van de norm is een bestuurlijke aangelegenheid. Risico's van overlast en schade in relatie tot te nemen maatregelen vereisen een maatschappelijke en daarmee een bestuurlijke afweging. Inhoudelijk is er de relatie met het binnenkort opnieuw te nemen peilbesluit van de boezem. In het peilbesluit zal (wenselijk) moeten worden vastgelegd onder welke omstandigheden rekening gehouden dient te worden met extreme (hier hoge) waterstanden. Feitelijk zal hier ook de belangafweging plaats moeten vinden.

Is andere (bijv. strengere) normering gewenst, dan dient deze significant anders te zijn, omdat anders het verschil teveel een schijn van extra zekerheid biedt. Voor de afkondiging van maalstops betekent dat bijvoorbeeld een aanpassing van de norm naar de range van 1/250-1/500.

Op grond van de in deze studie gehanteerde normering wordt vastgesteld dat in de huidige situatie (jaar 2000) in extreme situaties de huidige verwerkingscapaciteit (bemaling plus berging) een kritieke grens bereikt wordt. Met name door de kans dat de nominaal beschikbare bemalingscapaciteit tijdens een groot waterbezwaar niet optimaal ingezet kan worden, bereikt de verwerkingscapaciteit een kritieke grens. Op grond daarvan wordt aanbevolen de volgende maatregelen te overwegen:

- De capaciteit van het gemaal Katwijk uit te breiden naar minimaal 75 m³/s of een bergingslocatie in te richten.
- Op korte termijn hierover planstudies uit te voeren.
- Op basis van deze planstudies tot een keuze te komen
- Omdat uitbreiding met alleen bemalingscapaciteit alleen geen oplossing is voor het voorkomen van ongewenst hoge waterstanden in de omgeving Stompwijk en voor de jaren 2025 en 2050; wordt aanbevolen de reeds in gang gezette initiatieven voor een bergingsmogelijkheid in de Driemanspolder samen met de Provincie Zuid-Holland en het Waterschap Wilck en Wiericke verder uit te werken
- In het licht van het voorgaande de discussie in de ruimtelijke ordening over ruimte voor waterberging de komende tijd voort te zetten (met als eerste door het aangeven van bergingsmogelijkheden in de waterkansenkaarten), ten einde in de toekomst de mogelijkheid te hebben om noodzakelijke extra bergingslocaties te kunnen inrichten.
- De mogelijkheden tot het treffen van maatregelen voor de lange termijn (uitwerking diverse varianten van bergingsmogelijkheden en aanpassingen polder-boezembemaling) nader uit te werken, in de tweede fase van deze studie samen met de waterschappen Wilck en Wiericke, de Oude Rijnstromen en Groot Haarlemmermeer.
- In deze tweede fase van de studie met name ook de resultaten, waaronder normering en rekenmethodiek, en aanbevelingen van de Commissie Waterbeheer 21 eeuw te verwerken.
- In geval van uitbreiding van het gemaal Katwijk is het volgens de huidige inzichten noodzakelijk dat het Oegstgeesterkanaal en Katwijkskanaal op (legger)diepte worden gebracht. Verbreding van het kanaal is noodzakelijk bij uitbreiding bij een capaciteit boven de 75 m³/s.
- De uitbreiding van het gemaal en bestaande installatie (door renovatie), de installatie zodanig te ontwerpen (of de mogelijkheid daarvan te onderzoeken) dat terugloop in capaciteit bij hoge zeestanden van het gemaal zo klein mogelijk is, en dat bovendien de bemaling mogelijk blijft bij stormvloed (hoogwaterkering bij het gemaal)

2. INLEIDING

In 1985 is met de Nota Toekomstige Boezembemalingscapaciteit vastgesteld dat een maatgevend waterbezwaar met een kans van voorkomen van gemiddeld eens in de 100 jaar verwerkt moet kunnen worden. Gegeven de verstedelijking van het beheersgebied van Rijnland, zou met deze norm omstreeks het jaar 2000 een waterbezwaar van 17,4 miljoen m³ gedurende een periode van 24 uur door het boezemstelsel (bemaling + berging) verwerkt moeten kunnen worden. Voorgesteld werd de bemalingscapaciteit omstreeks het jaar 2000 met 20 m³/s uit te breiden.

Inmiddels is met het project Automatisering Boezembeheer Rijnland (ABR) een andere invulling aan deze capaciteitsuitbreiding gegeven. Door automatisering is het mogelijk gemaakt, dat het boezempeil bij aanvang van groot waterbezwaar voldoende laag is (NAP -0,60 m), waardoor een bergingscapaciteit van maximaal 0,10 m (4,5 miljoen m³) kan worden aangesproken. Samen met de bemalingscapaciteit van de 4 boezemgemalen van 13,2 miljoen m³/etmaal, kan daarmee een waterbezwaar van 17,7 miljoen m³/etmaal worden verwerkt.

Op 19 maart 1996 heeft de Verenigde Vergadering ingestemd met het uitvoeren van een hernieuwde studie over dit onderwerp, om het in 1985 vastgestelde beleid opnieuw tegen het licht te houden. In deze notitie wordt een eerste fase van deze studie Toekomstig Waterbezwaar gerapporteerd. De studie is uitgevoerd in samenwerking met WL/Delft Hydraulics.

Samengevat geeft de rapportage van deze eerste fase inzicht in:

- de faalkans van de boezembemaling van het huidige systeem (aanvulling op Nota Waterbezwaar uit 1985 op basis van huidige inzichten en rekenmethodieken)
- inzicht in effecten van klimaatverandering en zeespiegelrijzing op toename van het waterbezwaar en de faalkans van het boezemstelsel
- inzicht in effecten van ruimtelijke ontwikkelingen (verstedelijking) op toename van het waterbezwaar in globale zin.
- een oriëntatie op mogelijk te nemen maatregelen.

In deze fase van rapportage is een aantal zaken nog niet verder uitgewerkt omdat tijdens de uitvoering van de studie een aantal zaken sterk in ontwikkeling kwamen die aanleiding gaven de studie in een tweede fase voort te zetten.

De ontwikkelingen zijn:

- het landelijke onderzoek naar aanleiding van de wateroverlast, Commissie Waterbeheer 21^e eeuw,
- een nog uit te voeren inventarisatie RO-ontwikkelingen; door alle bestaande gemeentelijke plannen in het kader van VINEX locaties en andere uitbreidingen, provinciale plannen te inventariseren, met daarbij een interpretatie over hoe gewijzigde inzichten over het stedelijk waterbeheer van invloed zijn op het waterbezwaar (zie hierna).
- doorwerking van het concept "water als sturend element" in de planvorming van de RO, waarbij berging als maatregel sterk naar voren komt, met als voorbeelden de Steden-driehoek Leiden-Haarlem-Amsterdam en de Groen-blauwe Slinger.
- afstemming polder- en boezembemaling in samenwerking met de waterkwantiteitswaterschappen (doelstelling WBP2000), mede op basis van uitkomsten van het onderzoek van Commissie Waterbeheer 21^e eeuw
- op basis van bovenstaande nader formuleren en uitwerken van maatregelen (gemalen, berging en aanpassing kanalenstelsel)

Gegeven dat het onderzoek Commissie Waterbeheer 21^e eeuw richtinggevend kan zijn voor het vervolgtraject van het onderzoek Toekomstig Waterbezwaar zal de volgende fase van het onderzoek pas gestart worden nadat het onderzoek van de Commissie is afgerond.

3. PROBLEEMSTELLING

3.1 Uitgangspunten nota 1985

In de nota van 1985 is een aantal uitgangspunten gehanteerd waarmee de vereiste verwerkingscapaciteit van het boezemstelsel omstreeks het jaar 2000 is berekend (17,4 miljoen m³, gedurende 24 uur). Samengevat komen de uitgangspunten op het volgende neer:

- 1) Een waterbezwaar met een frequentie van eens in de 100 jaar moet kunnen worden verwerkt. In de nota wordt deze norm als redelijk verondersteld, gezien de risico's en (naar verhouding geringe) gevolgen van eventuele wateroverlast/overstromingen.
- 2) De polderbemalingscapaciteit dient niet onbegrensd uitgebreid worden en er dient gestreefd te worden naar een gemiddelde bemalingsnorm van 10 m³/min per 100 ha in combinatie met 4 tot 6 % waterberging in de polders. Hierbij is de achterliggende gedachte dat de verwerkingscapaciteit van de boezem beperkt is (beperkte aanvoercapaciteit van de boezemkanalen naar de boezemgemalen). Capaciteitsvergroting van het boezemstelsel zou onevenredig grote investeringen vergen.

Bij het ontwerp van de polderbemalingscapaciteit wordt uitgegaan van de een ontwerpnorm van een hoeveelheid regenval met een kans van voorkomen van gemiddeld eens in de 10 jaar.

De neerslagafvoerrelaties van het stelsel polders, het boezemland en water afkomstig van het beheersgebied van Woerden hebben een bepaalde afvoer karakteristiek. Het maatgevend waterbezwaar is berekend met behulp van die karakteristieken. De totaal opgestelde capaciteit van de poldergemalen bedraagt (anno 1985) 129 m³/s. Tijdens een waterbezwaar wordt daarvan per etmaal 85% benut. Vanuit het beheersgebied van Woerden wordt een maatgevende afvoer van 17 m³/s berekend en voor het boezemland wordt gerekend met een maatgevende regenbui van 40 mm/etmaal.

Bij de berekeningen voor het toekomstige waterbezwaar wordt er vanuit gegaan dat er nog een toename van de polderbemalingscapaciteit mogelijk is van 10 % (= 13 m³/s).

- 3) Als gevolg van stadsuitbreidingen en infrastructurele werken neemt het totale verharde (snel afstromende) oppervlak toe met 2000 à 3000 ha.
- 4) In het geval van een maximaal waterbezwaar is de volledige boezembemalingscapaciteit van totaal 153 m³/s beschikbaar en zal het boezempeil in Nw. Wetering aan het eind van de periode van 24 uur niet boven de NAP-0,50 m zijn gestegen. Achterliggende gedachten hierbij zijn:
 - 4.1) Boezemstanden boven de NAP-0,50 m geven niet direct aanleiding tot overstromingsgevaar maar wel tot overlast en gevoel van onrust bij omwonenden en mogelijk lokaal hogere peilen door windeffecten. Peilen boven de NAP-0,50 worden derhalve alleen in uitzonderlijke situaties aanvaardbaar geacht.
 - 4.2) Bij aanvang van het waterbezwaar is minimaal 0,05 m berging in de boezem beschikbaar (boezempeil niet hoger dan NAP -0,55 m).
 - 4.3) De kans van voorkomen van een tweede periode van overvloedige (maatgevende) neerslag, aansluitend op de periode van 24 uur (van het maximale waterbezwaar) is gering.
 - 4.4) Een storm uit noordelijke richtingen, waardoor de bemaling bij de boezemgemalen verhinderd zou worden, zal zelden gepaard gaan met een waterbezwaar met deze maatgevende grootte (deze combinatie heeft een veel geringere kans van voorkomen).
 - 4.5) Een storing in een bemalingseenheid zal zelden gepaard gaan met een waterbezwaar van deze maatgevende grootte.

3.2 Huidige ontwikkelingen die van invloed zijn op het toekomstig waterbezwaar

Bij de bepaling van een toekomstig maatgevend waterbezwaar moet rekening gehouden worden met een aantal ontwikkelingen. Hieronder worden deze behandeld.

3.2.1 Verstedelijking van de Randstad

De komende tijd dienen ca. 500.000 woningen in de Randstad gebouwd te worden (VINEX). Een deel daarvan zal in Rijlands gebied gebouwd worden. Daarbij staat onder meer de (her)inrichting van het Groene Hart ter discussie. Daarnaast zijn er de uitbreidingen van de infrastructuur (Autosnelwegen, HSL, Schiphol) en bedrijventerreinen. Als laatste zal een toenemende recreatie in het beheersgebied te verwachten zijn. Deze ontwikkelingen zullen eisen stellen aan en invloed hebben op het watersysteem van Rijnland.

3.2.2 Ontwikkelingen in Rijnlands beheersgebied

In het beheersgebied zijn op de middellange termijn nog andere ontwikkelingen die van invloed zijn op het watersysteem en daarmee op de eisen te stellen aan de verwerkingscapaciteit van de boezem. Te noemen zijn:

- Vergroting van het areaal met extensieve landbouw en of inrichting van natuurgebieden waarbij minder hoge eisen gesteld zullen worden aan het peilbeheer.
- Intensivering van delen van de land- en tuinbouw met hoger eisen aan de ont- en afwatering van de gronden
- Voortgaande bodemklink waardoor (mogelijk) de bemalingseisen van poldergebieden aangepast moeten worden.
- In het kader van verdrogingsbestrijding, de wijziging van de drinkwaterwinning in de duingebieden, waardoor mogelijk meer water op Rijnlands beheersgebied tot afstroming komt.
- Mogelijke plannen de afwatering van het beheersgebied van Woerden te wijzigen.

3.2.3 Broeikaseffect

De laatste 15 jaar zijn er theorieën ontwikkeld over de gevolgen van het broeikaseffect. In relatie tot de bepaling van het toekomstig waterbezwaar zijn hierbij relevant:

- Een mogelijke wijziging van de neerslagpatronen, met de theorie van de nattere winters en drogere zomers, en de theorie van de regenval met grotere intensiteiten (recent onderzoek wijst in die richting). Met name een wijziging in de grootte van de regenintensiteiten is belangrijk bij het bepalen van de maatgevende capaciteiten.
- Zeespiegelrijzing met een stijging van 0,60 m per eeuw (met een onzekerheid van $\pm 0,25$ m). Een hogere gemiddelde zeestand leidt tot grotere benodigde opvoerhoogte van de gemalen Katwijk en Gouda. De afvoercapaciteit van deze gemalen neemt hierdoor in de komende tijd geleidelijk af.

3.2.4 Herbezinning uitgangspunten bepaling verwerkingscapaciteit

Ontwerpnormen wateroverlast

Voor de boezembemalingscapaciteit wordt een ontwerpnorm van circa eens de 100 jaar overschrijdingskans gehanteerd. Op het niveau van de polderbemalingscapaciteit wordt een overschrijdingskans van eens in de 10 jaar gehanteerd. Een onderbouwing van deze normen in de vorm van risico's en schade gekoppeld aan grondgebruik (met toenemende economische waarde in het beheersgebied) ontbreekt. De wateroverlast van de laatste jaren heeft deze discussie opnieuw voeding gegeven. De vraag rijst welke normen in de toekomst gehanteerd moeten worden.

Richtwaarden polderbemalingscapaciteit en percentage nat oppervlak

De ontwerpnormen voor de polderbemalingscapaciteit ($10 \text{ m}^3/\text{min}$ per 100 ha.) en het percentage nat oppervlak van 4 tot 6 % staan voortdurend ter discussie bij stadsuitbreidingsplannen en nieuwbouw van poldergemalen. Differentiatie van de ontwerpregels naar grondgebruik, karakteristiek van het te ontwateren systeem en afstemming met de capaciteit van het totaal van het watersysteem (polders, boezemland en boezemstelsel) leidt wellicht tot een minder rigide toepassing van de regels.

Neerslagafvoerrelatie en effect van de verstedelijking

Een toename van het verhard oppervlak leidt tot een versnelde afstroming van de neerslag naar het open wateroppervlak. De vergroting van de boezembemalingscapaciteit tot op heden is deels het gevolg van de toename van het verharde oppervlak in Rijnlands gebied.

Gelijktijdigheid van waterbezwaar en storm uit noordelijk richtingen en of storingen in de bemaling

In de nota uit 1985 is gesteld dat gelijktijdigheid van maximaal waterbezwaar en storm uit noordelijke richtingen en of storingen bij de bemaling een veel zeldzamere kans van voorkomen heeft dan de norm van eens in de 100 jaar. Deze stelling is in de nota niet nader statistisch onderbouwd. In september 1994 heeft zich een situatie voorgedaan van extreme regenval in combinatie met ca. 20 % niet beschikbare bemalingscapaciteit (storing en onderhoud) en een langdurig harde wind uit het noorden. Door deze wind liep de nog beschikbare bemalingscapaciteit gedurende twee etmalen gemiddeld met nog eens 10% terug. Gelukkige bijkomstigheid hierbij was dat de neerslag vroeg in het seizoen viel, waardoor veel regen in de grond geborgen werd. De vraag is, heeft zich hier de zeldzame combinatie voorgedaan, of is deze combinatie van kansen toch meer "gewoon" dan we denken.

4. FORMULERING VRAAGSTELLING ONDERZOEK TOEKOMSTIG WATERBEZWAAR

Gegeven de hierboven beschreven probleemstelling wordt de vraagstelling voor het onderzoek toekomstig waterbezwaar is als volgt geformuleerd:

Bepaal - gegeven de ontwikkelingen in het beheersgebied van Rijnland - voor de komende periode van 25 jaar (jaar 2025) het maatgevende waterbezwaar, en bepaal vervolgens de vereiste maatregelen om dit waterbezwaar in het watersysteem te kunnen verwerken. Maak daarbij ook een doorkijk naar een periode van 50 jaar.

Toelichting: de periode van 25 jaar wordt gekozen omdat eventuele grote werken (aanpassing gemalen en of aanpassingen aan het boezemstelsel) lange voorbereidingstijd vergen. De doorkijk van 50 jaar is ingegeven door de mogelijke doorwerking op lange termijn van klimaatsveranderingen enerzijds en mogelijk noodzakelijke tijdige reserveringen op het gebied van de RO anderzijds.

Bij de beantwoording van deze vraag zullen volgende zaken nader onderzocht en vastgesteld moeten worden:

- Dienen de thans geldende normen van eens in 100 jaar overschrijdingsfrequentie voor het boezemstelsel en van eens in de 10 jaar voor de polderbemaling gehanteerd te blijven, of moeten andere normen gehanteerd worden.
- Wat zijn de gevolgen van gewijzigd grondgebruik op het toekomstig waterbezwaar, hierin te onderscheiden in:
 - de effecten van de verstedelijking en infrastructuur
 - veranderingen in functie en toegepaste methodieken in land- en tuinbouwgebieden (o.a. droogleggingseisen, toepassing bergingsbasins)
 - de effecten van verdrogingsbestrijdingsprojecten (wijziging drinkwaterwinning en extensieve landbouw met minder hoge eisen aan het peilbeheer)
- Wat zijn de te verwachten ontwikkelingen met betrekking tot de afwatering vanuit het beheersgebied van Woerden.
- Zijn de gevolgen van het broeikas effect binnen de periode van 25 en 50 jaar al relevant voor de bepaling van het toekomstig waterbezwaar, en zo ja wat zijn de consequenties voor de grootte van het waterbezwaar.
- Wat zijn de kansen van samenvallen van storing, terugval in bemalingscapaciteit door storm en waterbezwaar, en wat is de kans van voorkomen van waterbezwaar voor een periode langer dan een etmaal.
- Is de verwerkingcapaciteit van het boezemstelsel toereikend voor het vast te stellen maatgevend waterbezwaar, en zo niet welke technische maatregelen kunnen/moeten getroffen worden om de verwerkingcapaciteit te realiseren. Hierbij dienen zich thans de volgende alternatieven voor nader onderzoek aan:
 - uitbreiding boezembemalingscapaciteit,
 - vergroting bergend vermogen boezemstelsel (oppervlak en of peilvariatie),
 - vergroting bergend oppervlak in poldersystemen,
 - toepassing bergingspolder/reservoir met apart beheerste waterspiegel,
 - nadere afstemming operationele inzet poldergemalen en boezemgemalen ingeval van waterbezwaar, middels een nadere integratie van de automatisering van de boezembemaling en polderbemaling.
toelichting: het idee hier is, om in een kritieke situatie niet alle poldergemalen gelijktijdig in te zetten, door effecten als van spreiding van neerslag over het gebied en berging op polder niveau optimaal te benutten.
- Welke maatregelen moeten mogelijk getroffen worden in de infrastructuur van het kanalenstelsel om het waterbezwaar te kunnen verwerken waarbij te denken valt aan:
 - verbreding en of verdieping kanalen (Oestgeesterkanaal),
 - aanleg nieuwe kanalen,
 - eisen onderhoudsbaggerwerkzaamheden,
 - werkzaamheden kadeverbetering (verhoging van kades mogelijk?)

5. BESCHRIJVING VAN HET HUIDIGE SYSTEEM

5.1 Gebiedsbeschrijving

Het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Rijnland samen met de beheersgebieden van de kwantiteitswaterschappen Groot Haarlemmermeer, De Oude Rijnstromen en Wilck en Wiericke vormen hydrologisch een waterstaatkundig systeem van ± 100.000 ha en omvat het gebied tussen Haarlem, Amsterdam, Gouda en Den Haag. De ingelegde ca. 170 polders met een totaal oppervlak van 70.000 ha lozen hun overtollig water op het Rijnlandse boezemstelsel. Daarnaast is er in het boezemstelsel ca. 15.000 ha vrijafstromend zogenaamd boezemland. Het oppervlak van het boezemwater bedraagt ca. 4.500 ha (4,5%).

Van buiten het beheersgebied wordt van ca. 17.000 ha het overtollig water van de regio Woerden (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden) via een sluis in Bodegraven in het Rijnlandse boezemstelsel tot afstroming gebracht en vervolgens afgevoerd. Daarnaast dient het boezemstelsel eveneens voor de ontvangst van effluent van de a.w.z.i.'s in het beheersgebied.

Het boezemstelsel is een stelsel van kanalen en meren die met elkaar in open verbinding staan. De boezem wordt bemalen door vier boezemgemalen. De gemalen Halfweg en Spaarndam lozen hun water op de boezem van het Noordzeekanaal, het gemaal loost direct op de Noordzee, Katwijk en gemaal Gouda loost op de Hollandsche IJssel.

Het gebied (polder- en boezemlandschap) kenmerkt zich door een vlakke ligging van het maaiveld en geringe hoogteverschillen tussen maaiveld en het waterpeil. Er is slechts een kleine variatie van het waterpeil toegestaan. Een te veel aan water tijdens een waterbezwaar wordt dan ook maar in bepaalde mate (tijdelijk) geborgen. In de regel wordt in het natte seizoen (oktober tot april) het eenmaal gevallen regenwater direct weggemalen. De totale opgestelde polderbemalingscapaciteit bedraagt 11,2 miljoen m³/etmaal (130 m³/s) en de boezembemalingscapaciteit bedraagt 13,3 miljoen m³/etmaal (154 m³/s).

Tevens wordt tijdens het verwerken van het waterbezwaar zowel in de polders als in de boezem door middel van peilstijging tijdelijk water geborgen. Deze tijdelijke berging door peilstijging is een essentieel onderdeel in de verwerkingscapaciteit van het systeem bij waterbezwaar. In de boezem wordt rekening gehouden met een beschikbare berging van 0,10 m hetgeen overeenkomt met 4,5 miljoen m³.

In de zomer ontstaat er door de verdamping een neerslagtekort. Dit tekort wordt aangevuld door water in te laten bij Gouda uit de Hollandsche IJssel. Het ingelaten water wordt ook gebruikt om de boezem op gezette tijden te verversen (doorspoelen).

5.2 Boezemstelsel en boezemland

Het boezemstelsel vervult een tweeledige afwaterende functie. Enerzijds dient het stelsel als afvoersysteem voor het overtollige polderwater. Transportcapaciteit van het boezemwaterstelsel en waterstanden in relatie met waakhoogten voor boezemkaden zijn hierbij bepalend bij het beheer. Anderzijds vervult het boezemstelsel een afwaterende functie voor het boezemland waarbij drooglegging (ten behoeve van landbouw en stedelijk gebied) en variatie in het waterpeil bepalend zijn in het beheer.

De op de oude strandwallen gelegen gronden van het boezemland liggen boven het boezempeil (ca. NAP 0,0 m) en wateren direct af via een stelsel van sloten en watergangen op het boezemstelsel. Het grondgebruik in het landelijk gebied is voornamelijk agrarisch (bollenteelt en grasland). Verder heeft het gebied voornamelijk een stedelijke functie met Haarlem, Leiden, Katwijk en Wassenaar als de grotere agglomeraties. Bij Aalsmeer bevindt zich een waterrijk boezemland met een veenbodem. Dit gebied watert via (kop)sloten af op de Ringvaart en de Oosteinderwegslot. In dit gebied vindt voornamelijk sierteelt plaats.

Het peil van de boezem wordt in de winter gehandhaafd op gemiddeld -0.62 m NAP en in de zomer op gemiddeld -0.59 m NAP. Het geringe verschil tussen maaiveldhoogte en gemiddelde waterstand en de specifieke eisen die de bollenteelt stelt vereisen een peilbeheer met marges in peilfuncties van ca. ± 0.05 m. Aan de randen van het boezemstelsel kan als gevolg van op- en afwaaiing en als gevolg van de inzet van boezemgemalen de waterstand 0.10-0.15 m afwijken. Bij groot waterbezwaar is er tot een gemiddeld peil van -0.50 m NAP berging in de boezem beschikbaar. Indien het gemiddelde boezempeil hoger wordt dan 0.50 m NAP stijgt treedt het calamiteitenbestrijdingsplan Boezembeheer in Bijzondere Omstandigheden in werking en worden er maatregelen overwogen, zoals bijvoorbeeld een beperkte maalstop voor de poldergemalen, om een

verdere peilstijging te voorkomen. De grens van NAP - 0.50 m wordt beschouwd als een waterstand waarbij overlast, schade of risico nog beperkt zijn. Bij nog hogere waterstanden nemen overlast en risico's toe. De stabiliteit van de boezemkaden wordt aangetast, in het boezemland gelegen huizen en landerijen krijgen wateroverlast en er is kans op gewasschade. Bij een boezemwaterstand van -0.30 m NAP ten noorden van de Oude Rijn en NAP - 0.35 m ten zuiden van de Oude Rijn zal een algeheel maalpeil worden afgekondigd. De poldergemalen mogen dan geen water meer lozen op de boezem, omdat er dan, in combinatie met opwaaiing, het gevaar bestaat dat de boezemkaden instabiel worden en/of overlopen en vervolgens inundatie van poldergebieden kan optreden.

Bij het peilbeheer onder omstandigheden van waterbezwaar zijn er drie deelgebieden van de boezem te onderscheiden die nadere aandacht vragen.

1. Boezemwateren in het bollengebied.

Voor een zo optimale mogelijke ontwikkeling van de bloembollen dient het peilbeheer in het bollengebied te worden uitgevoerd binnen strakke regelmarges en dient de drooglegging zo goed mogelijk gegarandeerd te zijn

3. Boezemwateren aan de randen van het systeem.

Een aantal gebieden aan de randen van de boezem zijn gevoelig voor opwaaiing met 0,10 m of meer bij stormachtige wind. De gebieden zijn de omgeving van Stompwijk bij noordenwind en Aalsmeer (bij zuidenwind). Bij opwaaiing in combinatie met hoge boezemstanden zijn dan lokaal de stabiliteit en waakhogte van de boezemkaden in het geding.

4. Overige boezemwateren.

Alle overige boezemwateren met name in het centrum van het boezemstelsel. Hier zijn de stabiliteit en waakhogte van de boezemkaden in het geding.

5.3 Polders

In het beheersgebied liggen ca. 170 polders met een oppervlakte van 70.000 ha. Het waterkwantiteitsbeheer in de polders wordt uitgevoerd door de waterschappen de Oude Rijnstromen, Groot Haarlemmermeer en Wilck en Wiericke.

De polders zijn voor de wateraan- en afvoer afhankelijk van de boezem. Een stelsel van boezemkaden omsluit de polder en keert het water van het hoger gelegen boezemstelsel. De voorgeschreven hoogte van de boezemkaden is NAP - 0.10 m. Lokaal zijn er kaden met hogere ligging (langs de Gouwe en Oude Rijn). In het veenweidegebied zijn de kaden voortdurend onderhevig aan zettingen. Deze kaden worden dan ook periodiek onderhouden en weer op hoogte gebracht. Des al niet te min zijn er in het gebied kaden met een (tijdelijk) lagere kruinhoogte dan de voorgeschreven NAP - 0.10 m. Afwijkingen tot NAP -0.20 m komen voor.

In het waterakkoord tussen de waterbeheerders van het gebied zijn er ten aanzien van de bemalingscapaciteit van de poldergemalen afspraken gemaakt. De normen zijn afhankelijk van het grondgebruik en verhard of onverhard gebied. De normering is als volgt:

Agrarische gebieden	10 m ³ /min/100 ha
Stedelijke gebieden	15 m ³ /min/100 ha
Glastuinbouw, boomkwekerij en bollengebieden	15 m ³ /min/100 ha
plassengebieden	8 m ³ /min/100 ha

Bij het bepalen van de verwerkingscapaciteit van het boezemstelsel (zie hierna) wordt er steeds vanuit gegaan dat er geen maalbeperkingen voor de poldergemalen zijn. Bij extremere condities dan waarvoor de verwerkingscapaciteit van de boezem is ontworpen (waterstanden boven NAP -0,50m) kunnen er wel maalstops nodig zijn (in verband met risico's voor de boezemkaden). In dat geval kan het beheersen van de toestand in de boezem leiden tot schade in de polder. (er wordt in feite een keuze tussen twee kwaden namelijk schade door maalstop versus kans op kadebreuk)

6. OPERATIONEEL BOEZEMBEHEER BIJ WATERBEZWAAR

6.1 Omstandigheden

Het operationele boezembeheer kent bij de verwerking van het waterbezwaar twee omstandigheden.

1. **Normale omstandigheden.** Onder deze omstandigheden wordt het waterbezwaar verwerkt met een "normale" inzet van de middelen namelijk, met de vier boezemgemaal met een totaal maximale capaciteit van 153 m³/s of 13,2 miljoen m³ /etmaal en maximaal beschikbare berging van 0,10 m of 4,5 miljoen m³/etmaal. De inzet van de boezemgemaal is zodanig, dat eerst de volledige capaciteit van de gemalen ingezet wordt alvorens de berging benut wordt. Dit betekent dat bij aanvang van een groot waterbezwaar alle gemalen ingezet dienen te zijn, alvorens een waterstand van NAP -0,60m of hoger bereikt wordt. Vervolgens bij maximale benutting van de berging (0,10 m) stijgt de waterstand in het centrum van de boezem tot NAP -0,50 m. Aan de randen van de boezem kunnen door opwaaiing en bemaling door poldergemaal in deze situatie nog hogere waterstanden ontstaan. Bij zuidwesterstorm kan een dergelijke situatie ontstaan bij Aalsmeer en de Westeinderplassen en bij storm uit noordelijke richtingen in boezemwateren in de regio Zoetermeer en andere boezemwateren ten zuiden van de Oude Rijn (Oostvaart, Veenwatering, Wassenaarse Watering). Er kunnen daar lokaal waterstanden optreden die nog eens 0,10-0,15 m hoger zijn dan het dan gemiddelde boezempeil. Lokaal wordt dan maalpeil (NAP -0,30 of NAP -0,35 m) bereikt. Overlast is in deze situatie is nog beperkt tot minimaal. Statistisch komt deze uiterste situatie (een waterbezwaar van 17 à 18 m³/etmaal) gemiddeld ca. eens in de honderd jaar (1/100) voor. De toevoer van water uit de polders naar de boezem is onder deze omstandigheden onbelemmerd.
2. **Bijzondere omstandigheden.** Indien het waterbezwaar groter is dan bovenstaande hoeveelheid en of er is gelijktijdig een stremming van de afvoer (storing bij een gemaal of een maalstop voor de boezemgemaal) waardoor langdurig het gemiddelde peil boven de NAP-0,50 m zal komen, dan wordt deze omstandigheid als **bijzonder** gekenmerkt. Onder deze omstandigheden zal of kan er in bepaalde mate sprake zijn van overlast en schade. Het calamiteitenbestrijdingsplan Boezembeheer onder Bijzondere Omstandigheden treedt in werking. Dit plan heeft tot doel overlast en kans op gevaarlijke situaties te minimaliseren. Samen met de waterkwantiteitswaterschappen wordt dan een aantal maatregelen getroffen. Een van de maatregelen is een reductie van de toevoer van water vanuit de polder naar de boezem. Afhankelijk van de ernst van situatie (met name ten aanzien van de kades), mate van overlast en verwachte ontwikkelingen, wordt een beperkte dan wel volledige maalstop doorgevoerd. Bij onvoldoende resultaat en dreigende inundatie van stedelijke gebieden, worden als uiterste middel een aantal (vooraf in het plan aangewezen) polders geïnundeerd.

6.2 Ontwerp verwerkingscapaciteit boezemstelsel voor "normale" omstandigheden

Het ontwerp van de verwerkingscapaciteit van het boezemstelsel (bemaling plus berging) is er op gericht een bepaald waterbezwaar onder "**normale omstandigheden**" te kunnen verwerken. In de "**Bijzondere Omstandigheden**" is er sprake van een overmachtsituatie, waarbij het waterschap redelijkerwijs alle maatregelen heeft genomen, zodat in die situatie het waterschap niet aansprakelijk gesteld kan worden voor schade.

Volgens de huidige uitgangspunten geldt bij Rijnland hiervoor de norm van een situatie die gemiddeld eens in de honderd jaar voorkomt en gepaard gaat met een waterbezwaar ter grootte van 17 à 18 miljoen m³/etmaal (volgens beschikbare statistiek). De gemiddelde boezemstand (Nw. Wetering) dient dan niet hoger te komen dan NAP -0,50 m.

In deze studie zal nader onderzocht worden in hoeverre deze uitgangspunten voor toekomstige situaties geldig kunnen blijven dan wel overwogen moet worden deze aan te passen. Bepalend hierbij zullen zijn, de uitzonderlijkheid van een situatie (kans van voorkomen), de risico's en schade in verhouding tot te nemen maatregelen. *Omdat de landelijke studie waterbeheer 21^e eeuw ten aanzien van dergelijke uitgangspunten ook het nodige zal opleveren, zal deze rapportage niet leiden tot een afgerond voorstel. Daarnaast is er de procedure van de actualisatie van het peilbesluit van de boezem die zijn beslag krijgt omstreeks het jaar 2002. Ook daar zal een afweging gemaakt moeten worden ten aanzien van maximaal toelaatbare peilen en de omstandigheden waaronder.*

6.3 Boezembeheer onder Bijzondere Omstandigheden

De maatregelen in het calamiteitenplan boezembeheer bijzondere omstandigheden en de bijbehorende plannen van de diverse poldersystemen hebben tot doel gefaseerd de afvoer naar de boezem te reduceren. Dit wordt

bereikt door het water tijdelijk te bergen. Daarnaast is er de mogelijkheid water naar Delfland af te voeren (beperkte capaciteit). Gefaseerd wordt door middel van beperkte maalstops, in polders met geringste kans op overlast schade, de toevoer gereduceerd. Is deze reductie ontoereikend dan volgt volledige maalstop, eventueel inlating van water, en als laatste inundatie van een aantal polders in de omgeving van de Kagerplassen en Braassem (inclusief ontruimingsplannen). Met name deze laatste maatregel is ingrijpend en gaat gepaard met extra schade.

In capaciteit is de calamiteitenberging volgens deze werkwijze als volgt:

maatregel	capaciteit in m ³ /s	capaciteit in miljoen m ³
afvoer naar Delfland	8	0,7 (per etmaal)
beperkte maalstop (variabel)	orde 60	5 (per etmaal)
volledige maalstop	130	11,2 (per etmaal)
inundatie polders (variabel)	-	van 0,1 tot maximaal 15

Exclusief de afvoer naar Delfland is er potentieel maximaal een calamiteitenberging van orde 26 miljoen m³ beschikbaar (boven de reguliere afvoermogelijkheid). Gegeven de beschikbare schattingen/statistiek moet deze hoeveelheid zelfs toereikend voor zeer extreme omstandigheden (bijv. volledige stremming van de afvoer van de boezemgemalen of een zeer groot waterbezwaar). Deze schatting geeft aan, dat met de bijzondere beheersmaatregelen van het calamiteitenbestrijdingsplan, in het gebied voldoende grote capaciteit aan calamiteitenberging is.

Ten aanzien van dit aspect valt nog het volgende op te merken:

- Goed en snel functioneren van calamiteitenplannen en organisaties is essentieel om dergelijke bergingsmogelijkheden operationeel te maken.
- toepassing van een maalstop is in de huidige tijd niet meer zo vanzelfsprekend als het ooit was (zie "Schurende ketens in het Waterbeheer")
- Er zijn in de calamiteitenplannen thans (opties op) 10 inundatiepolders. Er dient nog nadere uitwerking verricht te worden in RO/bestemmingsplannen, evacuatieplannen, inundatiemethode, enz. om deze polders verantwoord te kunnen inzetten.
- De inundatiepolders zijn gekozen vanwege de centrale ligging in het boezemstelsel (en vanwege geringe bebouwingsdichtheid) en zijn direct gelegen aan Kagerplassen of Braassem. Dit omdat de inzet grote wateraanvoercapaciteit vraagt (binnen een etmaal meerdere miljoenen m³). De toestroming via de meren is dan optimaal. *(n.b. een inundatiepolder gelegen langs een boezemkanaal geeft beperking in aanvoer via het kanaal, bovendien ontstaan ter plaatse aanzienlijke waterstandsverlaging waardoor stabiliteit van de kades bedreigt wordt).*

7. WATERBEZWAREN EN EXTREME WATERSTANDEN IN HET RIJNLANDSE VERLEDEN

7.1 waterbezwaren 1939-1998

Sinds 1939 wordt het jaarlijks maximale waterbezwaar van de boezem van Rijnland bepaald. Dit waterbezwaar is de maximale hoeveelheid water die in een kalenderdag tot afstroming naar de boezem kwam. In de de bijlage is een figuur met de waterbezwaren van 1939 tot 1998 weergegeven.

De figuur laat de (gebruikelijke) variatie van maxima van jaar tot jaar zien. Daarnaast is er een toename van de maxima waarneembaar. Deze toename wordt toegeschreven aan:

- de verstedelijking
- verbetering /aanpassing van de polderbemaling

Verstedelijking heeft geleid tot een toename van verhard oppervlak. Neerslag op verhard oppervlak komt sneller tot afstroming naar het oppervlaktewater, dan neerslag op onverhard gebied. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de verstedelijking over de beschouwde periode.

Jaartal	aantal inwoners	verhard oppervlak stedelijk gebied in ha
1940 ^{*)}	ca. 680.000	ca. 1.750
1997 ^{**)}	ca. 1.300.000	ca. 13.300

bron:

^{*)} de Gruyter (1957)

^{**)} Uit analyse GIS-bestand topgrafische kaart 1:10.000 (inclusief Amsterdam-West)

De verbetering dan wel aanpassing van de polderbemaling kenmerkt zich door vervanging van windbemaling (in 1943 nog ca. 12.000 ha uitsluitend windbemaling) door machinale bemaling en (later) door geautomatiseerde bemaling. De totaal opgestelde potentieel inzetbare polderbemalingscapaciteit blijkt in de afgelopen jaren niet veel groter geworden te zijn, zie onderstaande tabel. (De gegevens van 1943 zijn onder meer gebaseerd op berekeningen van opbrengsten van windmolens).

Jaartal	polders in Rijnland in m ³ /etmaal	afvoer uit Woerden in m ³ /etmaal	Totaal in m ³ /etmaal
1943 ^{*)}	11.100.000	2.100.000	13.200.000
1998	11.200.000	2.160.000	13.360.000

bron:

^{*)} de Gruyter (1957)

In voorgaande analyses wordt vermeld dat de totaal opgestelde capaciteit bij waterbezwaar niet continu ingezet wordt. De Gruyter schat dat in 1943 gedurende een etmaal ca. 55% van de totaal opgestelde polderbemalingscapaciteit bij maximaal waterbezwaar wordt ingezet. Verklaring hiervoor is dat de toevoer naar de polderwatergangen begrensd wordt door de (beperkte) infiltratiecapaciteit van het polderland en door de wijze van de peilhandhaving in de polder.

Riemens berekent in 1985 een maximale inzet van polderbemaling van 85% over een etmaal. Ondanks dat de totaal opgestelde capaciteit in de loop der jaren niet is toegenomen, blijkt uit deze analyse dat de (piek)belasting van de boezem is toegenomen. Verbetering van ontwatering, verbeterde toevoer naar de poldergemalen en gewijzigd peilbeheer (sneller reageren en nauwkeuriger peilhandhaving) hebben daarmee geleid tot een toename van de piekafvoeren naar de boezem. Thans laat de praktijk zien dat bij waterbezwaar de poldergemalen nagenoeg 100% van de tijd ingezet zullen worden.

De grafiek van de maximale waterbezwaren laat in de periode van de afgelopen 60 jaar een aantal grotere extremen zien. Met een frequentie van ca. eens in de 10 jaar doet zich een naar verhouding groot waterbezwaar voor. Het in de vorige studie (1985) bepaalde extreem met een kans van voorkomen van gemiddeld eens in de 100 jaar (1/100) heeft zich in de beschouwde niet in deze periode voorgedaan.

Al eerder is opgemerkt dat in de loop der jaren de extremen groter zijn geworden (zoals hiervoor toegelicht). Met andere woorden het extreem met kans van voorkomen van 1/100 in 1940 is kleiner dan in 1985. Op grond van dit effect is het theoretisch niet mogelijk om op basis van de waterbezwaren van vanaf 1939 tot heden een "zuivere" statistische analyse te maken en daaruit een extreme situatie (bijvoorbeeld met kans van voor komen 1/100) te bepalen.

In de grafiek van de maximale waterbezwaren is aangegeven (stippellijnen) hoe de bemalingscapaciteit en bemalings-+bergingscapaciteit van de boezem zich in de loop der jaren heeft ontwikkeld. In 1954 is er de uitbreiding bij Katwijk (toename bemalingscap.), in 1977 de uitbreiding bij Halfweg (toename bemalingscap.) en in 1998 de introductie van ABR (toename bergingscap.). In totaal is daarmee vanaf 1939 de totale verwerkingscapaciteit met ca. 50% toegenomen. Met uitzondering van het waterbezwaar in 1946, is de capaciteit tot nu toe steeds toereikend is geweest. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de marges tussen redelijk frequent optredende grotere waterbezwaren van orde 14 à 15 miljoen m³, en het extreem van 1/100 van 17 à 18 miljoen betrekkelijk klein lijken. Deze marge van ca. 3 miljoen m³/etmaal is equivalent met ca. 35 m³/s bemalingscapaciteit (= capaciteit van bijv. gemaal Halfweg) of equivalent met 0,07 cm berging.

Deze schijnbaar kleine marge is typerend voor een extreme kansverdeling. Met andere woorden het verschil tussen waterbezwaar met een kans van voorkomen van 1/10 en 1/100 bedraagt slechts ca. 2 à 3 miljoen m³. Hierbij dient vervolgens ook rekening gehouden te worden met de onnauwkeurigheid waarmee het waterbezwaar bepaald wordt (orde 1 miljoen m³) en met de fout bij de bepaling van de extreme kansverdeling.

7.2 Waterstanden sinds 1900

In de bijlage is een grafiek opgenomen waar de jaar-extrema en gemiddelde waterstanden van Oude/Nieuwe Wetering sinds 1900 weergegeven. In deze grafiek valt op dat sinds de jaren 50 extreme waterstanden boven de NAP-0,50 m nog slechts maar enkele malen voorkomen, en sinds de jaren 70 helemaal niet meer. Een ander is toe te schrijven aan de introductie van de dieselbemaling (bemaling kan sindsdien sneller worden ingezet in vergelijking tot de stoomgemalen) en de introductie van telemetrie, waardoor de boezembeheerder sneller actuele informatie kan inwinnen over boezemstanden en daarmee sneller en accurater bemalingsinstructies kan doorgeven. Verder blijkt dat sinds 1900 geen waterstanden zijn voorgekomen die geleid hebben tot een (volledige) maalstop.

7.3 Ontwikkelingen in het klimaat tot op heden.

Het KNMI heeft in 1999 een analyse gemaakt van de ontwikkelingen in het Nederlandse klimaat vanaf het begin van deze eeuw tot op heden. Voor het onderwerp van deze rapportage is extreme neerslag in de winterperiodes en de ontwikkeling daarvan in de afgelopen eeuw van belang. Op basis van de langjarige gemiddelden (vanaf 1900-1999) van maximale dagsommen, blijkt voor de winterperiode een lichte stijging waarneembaar te zijn. Uit deze rapportage blijkt eveneens dat de variabiliteit van de gevallen neerslag van jaar tot jaar en van plaats tot plaats (locatie regenmeter) sterk kan variëren. Deze variatie is veel groter dan de eerder genoemde licht stijging van maximale dagsommen.

Verder is sprake van zogenaamde klimaatfluctuaties die weken tot jaren kunnen aanhouden. Deze fluctuaties veroorzaken natte warme winters (maritieme) dan wel koude drogere winters. De fluctuaties worden toegeschreven aan de Noord-Atlantische Oscillatie ofwel fluctuaties in drukverschillen tussen het grote hogedrukgebied bij de Azoren en het grote lagedrukgebied in buurt van IJsland. Deze drukverschillen kunnen de overwegend westelijke stromingen versterken dan wel verzwakken, en zorgen daarmee voor warmere en nattere winters of voor kouder drogere winters. Sinds het begin van de jaren 80 wordt gemiddeld een versterkte westelijke stroming (warmere en nattere winters) waargenomen. De verklaring hiervoor wordt vooralsnog hoofdzakelijk toegeschreven aan een natuurlijke fluctuatie. Volgens het KNMI zou het broeikas effect hieraan mogelijk een kleine bijdrage geleverd hebben.

De laatste jaren is in Nederland enkele malen sprake geweest van wateroverlast door extreme neerslag, met herhalings tijden van ongeveer 125 jaar (of gemiddeld eens per 125 jaar is er een kans dan er meer dan 75 mm op een dag valt). In september 1994 noord-Noord-Holland, maart 1998 midden-Nederland, september 1998 zuidwest-Nederland (o.a. Delfland), oktober 1998 noord- en oost-Nederland en oktober 1999 nogmaals Delfland. Het KNMI geeft hierover de volgende toelichting.

Als er eenmaal zo'n hoeveelheid neerslag op een bepaalde plaats valt, betekent dat niet dat het 125 jaar duurt voordat *op deze plaats* de volgende keer deze hoeveelheid of meer valt. Bij onafhankelijkheid (bijv. geen effect

van klimaatfluctuaties) en gelijkblijvend klimaat is er een kans van 26% dat in een periode van 100 jaar twee of meer van dergelijke overschrijdingen optreden; er is echter ook een kans van 36% dat in die 100 jaar er *geen* overschrijdingen optreden. De langjarige klimaatfluctuaties leiden er overigens toe dat de kansen (van zowel optreden als niet optreden) groter worden omdat de overschrijding dan in groepjes (clusters) voorkomen.

De herhalingstijden hebben betrekking op neerslag op een bepaalde plaats. Het feit dat voor een bepaalde plaats een extreem met een bepaalde herhalingstijd hoort, betekent niet dat dit voor heel Nederland ook een zeldzaam verschijnsel is. Binnen eenzelfde jaar kan zelfs op andere plaatsen nog aanzienlijk meer neerslag vallen.

De bovengenoemde gebeurtenissen van 1994, 1998 en 1999 moeten in het licht van het bovenstaande verklaard worden. De extreme neerslag viel steeds op andere plaatsen of kwam "geclusterd".

De hoge rivierafvoeren in 1993 en 1995 zijn toe te schrijven aan extreme neerslag die viel in Duitsland en België en hebben geen relatie met de wateroverlast in de afgelopen jaren in Nederland..

In de bijlage is een grafiek opgenomen met de registratie van de maximale dagsommen (van 7 uur tot 7 uur) voor ieder jaar, van de afgelopen 120 jaar in Oude en Nieuwe Wetering weergegeven. In deze grafiek is de variabiliteit van de maxima te zien. In het voortschrijdende gemiddelde is de laatste jaren een geringe stijging te zien, en is hiermee vergelijkbaar met de bevindingen van het KNMI. Ook hier is zoals al eerder vermeld de variabiliteit van de maxima veel groter en veel belangrijker bij de analyse van maatgevende situaties dan de waargenomen lichte stijgende trend van de dagmaxima. Opvallend in de reeks zijn de dagmaxima van 50 mm of meer. In ca. 120 jaar is er 4 maal meer dan 50 mm in 24 uur gevallen, ofwel gemiddeld eens in de 30 jaar. KNMI statistiek geeft voor extremen van 50 mm of meer een herhalingstijd van eens in de 10 jaar. Extreme neerslag lijkt op basis van deze meetreeks afwijkend van de landelijke KNMI cijfers. Goede conclusies zijn hier echter niet uit te trekken, want de regenmeter in Oude- en Nieuwe Wetering kent niet een ideale opstelling (in het verleden verplaatst en thans in luwte van bomen), en er is spreiding ten opzichte van gemiddelde (KNMI) gegevens.

7.4 Maatschappelijke acceptatie wateroverlast

De maatschappelijke acceptatie van vormen van wateroverlast is in de loop der jaren afgenomen. In de landbouw worden hogere eisen gesteld aan de ontwatering en afwatering. Extreme waterstanden komen minder frequent voor door de verbetering van het dagelijkse peilbeheer. Er is daardoor een vorm van ontwenning aan hoge waterstanden ontstaan. De bij extreme omstandigheden onvermijdelijke hoge waterstanden (de berging wordt dan benut) wordt maatschappelijk als minder vanzelfsprekend beschouwd en al snel als overlast gezien.

8. BEPALING VAN DE VERWERKINGSCAPACITEIT VAN HET BOEZEMSTELSEL

8.1 Uitgangspunten

In paragraaf 4.2 is een uitgangspunt geformuleerd waarop de verwerkingscapaciteit moet worden gedimensioneerd. De verwerkingscapaciteit van het boezemstelsel (bemaling plus berging) is er op gericht een bepaald waterbezwaar te kunnen verwerken zonder dat sprake is van een situatie waarbij overlast dan wel schade ontstaat. Het waterschap heeft dan voldoende maatregelen heeft genomen om een dergelijk situatie te voorkomen. Daarnaast is er de "Bijzondere omstandigheid" waarbij het calamiteitenbestrijdingsplan wordt toegepast bij het operationele beheer. Een van de kenmerkende maatregelen in dit plan is de reductie van toevoer van water naar de boezem door het instellen van gedeeltelijke of volledige maalstops. In deze situatie kan er sprake zijn van overlast en schade door overmacht. De (weers) omstandigheden zijn extreem of er is een bijzondere ongelukkige samenloop van omstandigheden.

Volgens de huidige uitgangspunten en inzichten geldt hiervoor de norm van een situatie die gemiddeld eens in de honderd jaar voorkomt en gepaard gaat met een waterbezwaar ter grootte van 17 à 18 miljoen m³/etmaal (volgens beschikbare statistiek). De gemiddelde boezemstand (Nw. Wetering) dient dan niet hoger te komen dan NAP -0,50 m.

8.2 Nadere bepaling van overlast, schade en risico

In het rapport "Normen voor waterbeheer op welke gronden" van WL/SC-DLO opgesteld in opdracht van de Unie van Waterschappen wordt het functioneren van de afwatering in relatie gebracht met twee vormen van overlast:

- overlast en of schade door hoge grondwaterstanden, die worden veroorzaakt door hoge standen van het oppervlaktewater, ofwel de hoge waterstand beïnvloedt/belemmert de *ontwatering*. Bij deze vorm van de door het oppervlaktewater beïnvloede grondwateroverlast spelen ook de grondgesteldheid en de wijze van *ontwatering* een bepalende rol. Deze zijn evenwel de verantwoordelijkheid van de grondgebruiker/eigenaar of gemeente.
- overlast en of schade door oppervlakte water dat over het gebied stroomt of inundatie (niet door kadebreuk)

Bovengenoemde vormen van wateroverlast komen voor wat betreft het kwantiteitsbeheer van Rijnland alleen in het boezemland voor. Daarnaast is er overlast en schade mogelijk in de polders, omdat er maalstops afgekondigd moeten worden. De verwerkingscapaciteit van de boezem is dan niet meer toereikend.

8.2.1 Overlast en schade door hoge grondwaterstanden veroorzaakt door hoge stand boezemwater

In het boezemland wordt een aantal gewassen verbouwd die gevoelig zijn voor hoge grondwaterstanden. In de onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de oppervlakte en de gemiddelde waarde van de jaarlijkse opbrengst van de landbouwgewassen in het boezemland.

SOORT	TOTALE WAARDE IN f/HA	AANTAL HA IN BOEZEMLAND	TOTAAL VOOR BOEZEMLAND IN f MILJ.	INFO
Bollenland	100.000	1700	170	LBO
Glastuinbouw	500.000	200	100	WL/SC-DLO
Grasland	2.600	2250	6	WL/SC-DLO
Vaste planten	500.000	100	50	WL/SC-DLO
Totaal			326	

De WL/SC-DLO rapportage geeft aan dat er thans geen goed inzicht bestaat, in het mogelijke aandeel van de schade als gevolg van te hoge grondwaterstand gevolg van een belemmerde ontwatering door te hoge waterstanden.

Het Laboratorium voor Bollenonderzoek (LBO) geeft over schade aan bolgewassen de volgende inzichten. Bloembollenteelt vereist een grondwaterstand van 0,50 á 0,60 m onder het maaiveld. Hogere grondwaterstanden dan de optimale grondwaterstand kunnen schade geven aan de gewassen door een gebrek aan zuurstof in de

grond. De gevoeligheid van gewassen voor zuurstofgebrek is afhankelijk van het type gewas. Bij bloembollen speelt de temperatuur en de ontwikkeling van de bol een grote rol. In de eerste maand is bij 2°C meer dan 14 dagen lang zuurstofgebrek schadelijk, maar bij 10°C veroorzaakt meer dan 2 dagen zuurstofgebrek al schade. Aangezien de bollen in het najaar de grond in gaan en de langjarig gemiddelde temperatuur in deze tijd van het jaar tussen de 6 en 10°C ligt, kan worden aangenomen dat meer dan 2 dagen zuurstofgebrek schade aan de bollen veroorzaakt. Later, tussen de 30 en 80 dagen na planten kunnen de bollen meer verdragen. Aan het eind van het bollenseizoen (bij opkomst) kunnen tijdelijke hoge grondwaterstanden de bolkwaliteit ernstig schaden. Schommelingen in het grondwaterpeil kunnen de groei van de gewassen eveneens ongunstig beïnvloeden. Bij sterke daling van het peil zal het gewas, dat bij het hoge peil ondiep wortelde, zeer gevoelig zijn voor droogte. Andersom zullen wortels diep in de grond bij sterke stijging van het peil afsterven door zuurstofgebrek. Afgezien van directe effecten op de zuurstofvoorziening van de gewassen, kunnen verhogingen in grondwaterstanden effect hebben op de ziektedruk, de temperatuur van de grond en de structuur van de bodem. De grondwaterstanden in het boezemland worden direct beïnvloed door de neerslag en boezempeil (drooglegging). In zeer natte perioden kunnen hoge boezemwaterstanden daarbij voor een extra verhoging van het grondwaterpeil zorgen, zodat de kans op schade aan de gewassen toeneemt. Om het boezempeil als schadefactor uit te sluiten is het daarom van belang om het boezempeil, indien mogelijk, zoveel mogelijk te handhaven op streefpeil binnen bepaalde marges.

Uit metingen van grond- en boezemwaterpeilen op bollenpercelen in het boezemland blijkt dat de grondwaterstand direct reageert op neerslag. Een hoeveelheid van 1 mm neerslag heeft een grondwaterstijging van globaal 1-2 cm (factor 10-20) tot gevolg. Daarnaast blijkt dat in een natte periode de grondwaterstand zich gedurende meerdere dagen 0.10 tot 0.15 m boven het boezempeil kan bewegen. Bij percelen met een maaiveld dat relatief laag ligt (lager dan NAP-0.10 m) en een pootdiepte van 0.35 m is de kans op gewasschade redelijk groot. Om het boezempeil als schadefactor voor de gewassen uit te sluiten dient het boezempeil dus "laag" te worden gehouden.

Hier in deze rapportage verondersteld dat gegeven de huidige maaiveldliggingen in de bollenstreek (op basis van AHN), er bij **lokale** waterstanden langdurig (meer dan 24 uur) boven NAP -0,55 m een bijdrage in overlast/schade **kan** ontstaan omdat de ontwatering van percelen door de hoge **lokale** boezemwaterstand wordt belemmerd. Een verantwoorde schatting van de potentiële schade veroorzaakt door te hoge boezemwaterstanden is vooralsnog niet mogelijk.

8.2.2 Overlast en schade door inundatie in boezemland

Voor het boezemstelsel van Rijnland, dus boezemwateren en boezemland en indirect voor de inliggende poldergebieden, worden de volgende situaties van overlast en of schade door inundatie geïdentificeerd:

- gemiddelde boezemwaterstand boven NAP -0,55 m, **indien in combinatie** met opwaaiingseffecten van 0,10 m of meer en samengaan met golfslag; op kleine schaal kan lokaal overlast door inundatie door het (gedeeltelijk) onderlopen van **te laag gelegen** (verzakte) tuinen of erven gelegen langs boezemwateren (ervaringsgegevens op basis van klachten over hoge boezemstanden).
- gemiddelde boezemstanden boven NAP -0,50 m, toename van bovenstaand beschreven lokale kleinschalige inundaties
- op basis van de huidige nog beperkte gegevens van de maaiveldligging van het boezemland is op basis van metingen verricht in het kader van AHN (Actueel Hoogtebestand Nederland) begin inundatie op bollenpercelen bij **lokale** boezemwaterstanden boven NAP -0,25 m. Deze waterstand zal in de regel alleen in zeer extreme omstandigheden kunnen voorkomen, omdat voor het bereiken van een dergelijke waterstand reeds veel eerder maalstops zijn uitgevaardigd (NAP -0,35 m resp. NAP -0,30 m). Alleen in de situatie dat de maalstops niet het gewenste resultaat op de normalisering van de waterstand hebben kunnen dergelijke hoge waterstanden ontstaan. Daarnaast zijn er hier en daar lager gelegen oeverlanden/natuurgebieden (bijv. langs de Wijde Aa en Westeinder) waar lokaal bij al lagere waterstanden inundatie kan ontstaan (Momenteel wordt in het kader van het peilbesluit van de boezem het gewenste peilbeheer voor dit soort oeverlanden nader bepaald).

De potentiële inundatieschade van woningen en bedrijventerreinen is afhankelijk van de inundatiediepte. Gemiddelde waarden zijn (WL/SC-DLO):

- woningen f 200.000,- per hectare (bij 20 woningen).
- industrie f 50.000 tot f 250.00,- per bedrijf
- handel f 20.000,- tot f 70.000,-

Zoals uit bovenstaande blijkt zal er alleen in zeer extreme omstandigheden in het boezemland risico zijn voor inundatieschade op grote schaal.

8.2.3 Overlast en schade in polders als gevolg van het instellen van maalstops

Bij een gemiddelde boezemstand hoger dan NAP -0,50 m in combinatie met lokale opwaaiing van 0,10 m of meer en gecombineerd met golfslag, kan een voor boezemkaden (kruinhoogte reglementair NAP -0,10 m) gevaarlijke situatie ontstaan. Bij verhoogde waterstand loopt de stabiliteit van de kade. Bij nog hogere waterstand kan water over de kruin gaan lopen. Een kadebreuk die daaruit kan volgen leidt tot inundatie van de achterliggende polder. Er kan dan een levensbedreigende situatie voor mens en dier ontstaan. Om dit risico zo veel mogelijk te vermijden, wordt door middel van maalstops getracht de boezemwaterstand dan zoveel mogelijk te normaliseren. Instellen van een maalstop kan echter in de polders leiden tot overlast en een andere vorm van inundatie (anders dan door kadebreuk) immers de bemaling is gestopt. Dus om het "grote" risico van inundatie door kadebreuk te minimaliseren wordt gekozen voor de kans/risico's op schade/overlast met eventueel inundatie als gevolg van maalstops.

In de onderstaande tabel is indicatief een overzicht gegeven van de oppervlakten en de gemiddelde waarde van de jaarlijkse opbrengst van de land- en tuinbouwgewassen in de polders.

SOORT	TOTALE WAARDE IN f/HA	AANTAL HA IN HET POLDERGEBIED	TOTAAL VOOR IN F MILJ.	INFO
Bollenland	100.000	1.500	150	LBO
Glastuinbouw	500.000	1.800	900	WL/SC-DLO
Grasland	2.600	35.000	91	WL/SC-DLO
Akkerbouw	6.500	15.000	95	WL/SC-DLO
Planten/heestert eelt	500.000	2200	1100	WL/SC-DLO
Totaal			2336	

In hoeverre lokaal in de polders reeds in eerdere instantie overlast/schade kan zijn ontstaan, wordt bepaald door de dan ter plaatse heersende lokale omstandigheden (lokaal gevallen neerslag) en capaciteit van polderbemaling. Duidelijk is echter wel dat door het instellen van maalstops de overlast en schade in het gehele beheersgebied zal toenemen. Een verantwoorde schatting van de potentiële schade veroorzaakt door het instellen van een maalstop is vooralsnog niet mogelijk.

8.3 Aanleiding tot extreme situaties

Oorzaken die aanleiding kunnen geven tot extreme situaties zijn:

De aanvoer is groter dan verwerking capaciteit boezem door:

- grote hoeveelheid neerslag
- natte voorgeschiedenis en daarna veel neerslag
- zeer snelle afstroming grote hoeveelheid neerslag direct na een vorstperiode waarbij de vorst nog in de grond is
- defecte scheepvaartsluis of keermiddelen bij een boezemgemaal, waardoor er afhankelijk van het defect grote hoeveelheden water Rijnlands boezem in kan stromen.

Beperking van de beschikbare afvoermogelijkheid

- niet beschikbaar zijn van een bemalingseenheid of eenheden door, onderhoud, storing, brand, sabotage, ontbreken energie voorziening
- reductie afvoer door hoge buitenwaterstanden, door terugloop van de capaciteit van de gemalen
- maalstop, naar het Noordzeekanaal, Hollandsche IJssel
- stormvloed bij Katwijk, met terugloop capaciteit tot staking bemaling bij dit gemaal

Onvoldoende bergingsmogelijkheid beschikbaar

- storing of foutieve werking ABR-systeem (inclusief onjuiste meetinformatie)
- beoordelingsfouten boezembeheerder

Lokale effecten

- opwaaiing en golfslag
- bemalingseffecten van poldergemalen, die lokaal hogere waterstanden veroorzaken

Hierna in deze rapportage zal eerst nader ingegaan worden op de "hoofdgebeurtenis" van extreme situaties namelijk veel neerslag en de kans van voorkomen van hoge waterstanden en groot waterbezwaar. Immers zonder (veel) neerslag zal geen er probleem zijn met de verwerking van water. Berekening van kans van voorkomen van dergelijke gebeurtenissen is mogelijk.

Er is een zekere kans dat veel neerslag gelijktijdig samenvalt met één van de andere opgesomde gebeurtenissen (bijvoorbeeld beperking van de afvoermogelijkheid). Kansverdeling van deze gebeurtenissen is moeilijker te bepalen. In deze rapportage zal hierover ook een nadere beschouwing volgen.

8.4 Bepaling van de kans op extreme situaties als gevolg van overvloedige neerslag en opwaaiing

8.4.1 Aanpak en methodiek

Zoals in paragraaf 8.3 is toegelicht, is er een aantal oorzaken of combinaties van oorzaken die leiden tot extreme situaties. De belangrijkste (meest waarschijnlijke) daarvan is overvloedige neerslag al of niet in combinatie met wind (opwaaiingsverschijnselen). Het adviesbureau WL heeft een methodiek en modelinstrumentarium ontwikkeld waarmee de kansen als gevolg van neerslag en wind kunnen worden bepaald. In deze studie is deze rekenmethodiek toegepast. Daarnaast is nog een analyse uitgevoerd over kans op de combinatie van samenvallende gebeurtenissen, zoals bijvoorbeeld veel neerslag gecombineerd met gestremde boezembemaling.

8.4.2 Rekenmethode

De bepaling van extreme situaties in deze studie is gebaseerd op analyse van waterstanden op diverse locaties in de boezem en op de bepaling van de grootte van de waterbezwaren.

Het overschrijden van waterstanden, met daarbij de mate van overschrijding en de tijdsduur, zijn maatgevend voor het ontstaan van overlast of schade. Omdat in de boezem bij waterbezwaar niet overal dezelfde waterstanden zullen optreden (opwaaiing, lokale afmaling door gemalen) dient een analyse per regio gemaakt te worden en dient geanalyseerd te worden welk risico verbonden is met de (te) hoge waterstanden. Bijvoorbeeld een langdurig (meer dan 24 uur) te kleine drooglegging in de bollenstreek kan onder andere situaties en op andere momenten maatgevend zijn dan waterstanden "te hoog" voor boezemkaden.

Daarnaast wordt gebruik gemaakt van het begrip waterbezwaar, oftewel de hoeveelheid water die gedurende een maatgevende periode tot afvoer komt. Het waterbezwaar kan gekoppeld worden aan verwerkingcapaciteit van het boezemstelsel (bemalings- plus bergingscapaciteit). Hierbij is de keuze van de periode waarover het waterbezwaar wordt berekend van invloed op de uitkomsten. De praktijk leert dat deze periode niet constant is maar varieert. *(tot nu toe wordt bij Rijnland gewerkt met een waterbezwaar gedurende een periode van 24 uur)*

Het maatgevend waterbezwaar doet geen uitspraak over de ruimtelijke variatie van situaties waar een maatgevende situatie optreedt.

Bij de waterstanden en waterbezwaren wordt gezocht naar de extreme situaties met een statistisch bepaalde kans van voorkomen. Een beste methode hierbij is gebruik te maken van langjarige reeksen (tientallen jaren) van meetgegevens. Deze gegevens kunnen zodanig statistisch worden bewerkt, dat daaruit een kans op extreme omstandigheden kan worden bepaald. Van het boezemstelsel van Rijnland zijn langjarige meetreeksen beschikbaar van Nieuwe Wetering (waterstand) en van het waterbezwaar. Deze reeksen zijn echter helaas niet bruikbaar, omdat het gebied in de loop der jaren door verstedelijking en verbeterde afvoer uit de polders is gewijzigd (een gegeven van een extreem van 40 jaar geleden is niet meer representatief voor de huidige situatie).

Een alternatieve methode om (meet)gegevens te genereren is, door gebruik te maken van een model van het polder- en boezemstelsel. Dit model berekent waterstanden en waterbezwaren in rijnlands boezem, als functie van historische meteorologische gegevens over hoeveelheid gevallen neerslag (extremen van de laatste 50 jaar) en wind (windgegevens die samenvielen met die perioden van extreme neerslag). Met dit model kan vervolgens de kans op extreme situaties in het huidige systeem worden berekend.

Met dit model kan vervolgens ook op dezelfde wijze de toekomstige situatie in kaart worden gebracht, door effecten van bijvoorbeeld klimaatsverandering of veranderend grondgebruik in het model in te voeren. Tot slot kunnen met het model de effecten van eventuele maatregelen worden gekwantificeerd.

In deze studie is gekozen voor de methodiek die door het WL wordt toegepast. Kenmerk van deze methode is dat in berekeningen gebruik gemaakt wordt van langjarige (historische) reeksen van meteorologische gegevens van neerslag en wind als invoergegevens voor het model. Omdat het beheersgebied van Rijnland groot is wordt daarbij gebruik gemaakt van gegevens van meerdere neerslagstations. Hiermee kan spreiding van neerslag in rekening worden gebracht. De uitkomsten van de berekeningen (waterstanden en waterbezwaar) ofwel het gedrag van het systeem, worden vervolgens statistisch geanalyseerd. Om een dergelijke analyse uit te kunnen voeren is een (nauwkeurig) model van het geïntegreerde polder- en boezemsysteem nodig. Voor deze studie is daarom het hele polder- en boezemsysteem inclusief het gebied van het voormalig Groot Waterschap van Woerden gemodelleerd. Hierbij is gebruik gemaakt van het door WL ontwikkelde computerprogramma SOBEK.

8.4.3 Sobek-Rijnlandmodel

Voor deze studie is het gehele polder- en boezemsysteem van het beheersgebied van het Hoogheemraadschap inclusief het gebied van het voormalig Groot Waterschap van Woerden gemodelleerd met behulp van het modelleninstrumentarium Sobek-RR-CF (Rainfall Runoff / Channelflow) van het WL. Sobek-RR-CF is een combinatie van een neerslagafvoermodel en een stromingsmodel.

In de Sobek RR module wordt het neerslag afvoerproces in de polders en de vrij afwaterende gebieden berekend. Daartoe zijn alle polders en vrij afstromende gebieden in Rijnland en Woerden geschematiseerd.

Het primaire boezemstelsel van Rijnland en Woerden is geschematiseerd in de Sobek-CF module. In deze module worden de waterstanden en debieten in de boezemkanalen berekend.

Door het koppelen van de schematisatie van de polder- en vrij afwaterende gebieden in Sobek-RR aan de schematisatie van het boezemstelsel in Sobek-CF ontstaat een compleet model van het gehele boezemsysteem van Rijnland, het zogenaamde SobekRijnlandmodel. Voor een uitgebreide beschrijving en calibratie van het SobekRijnlandmodel wordt verwezen naar het rapport "Beschrijving en calibratie SobekRijnlandmodel". Conclusie van dit rapport is dat het model goed in staat is om het neerslagafvoerproces in het polder-boezemstelsel van Rijnland te simuleren.

8.4.4 Gebruikte gegevens

Neerslag, wind en buitenwaterstanden bij de boezemgemalen zijn bepalend voor het optreden van extreme waterstanden en de grootte van het waterbezwaar. Daarbij gaat het met name om de kans dat een bepaalde (ongunstige) combinatie van randvoorwaarden gelijktijdig optreedt. De correlatie tussen deze gebeurtenissen is zeer moeilijk expliciet te maken, maar kan impliciet eenvoudig worden meegenomen door langjarige gemeten reeksen van deze gegevens in de simulaties te gebruiken.

Het KNMI heeft van neerslag en wind op uurbasis meetreeksen beschikbaar vanaf 1951. In de berekeningen zijn daarom meteorologische gegevens vanaf 1951 tot 1997 gebruikt. De periode van 46 jaar wordt lang genoeg geacht om daarop statistisch betrouwbare analyses te kunnen verrichten.

Neerslag

Neerslagdata van 7 KNMI-stations in het beheersgebied van Rijnland en Woerden. Elk neerslagstation is met behulp van de Thyssenmethode toegekend aan een bepaald gebied.

Neerslagstations
Nieuwe Wetering
Lijnden
Heemstede
Katwijk
Boskoop
Zoetermeer
Zegveld

In de bijlage is een overzicht gegeven van de gebruikte neerslaggegevens.

Wind

Windsnelheid en richting, van het KNMI-station Schiphol om het effect van opwaaiing in de boezem te kunnen bepalen.

Zeewaterstand

Zeewaterstand te Katwijk om de reductie van de afvoer bij dit gemaal als functie van de zeewaterstand te bepalen. Bij het gemaal Gouda wordt in de berekeningen hiermee geen rekening gehouden omdat dit gemaal voor verhoogde waterstanden in afvoercapaciteit minder gevoelig is.

Verhoogde zeewaterstand (stormvloed) kan voor alle gemalen leiden tot een maalstop (voor Halfweg en Spaarndam via het Noordzeekanaal), dit onderwerp wordt niet in de berekeningen meegenomen maar zal later in een apart hoofdstuk aan de orde komen.

Het is niet noodzakelijk om de weersomstandigheden van gehele periode te analyseren. Volstaan kan worden met de selectie van de grootste neerslaggebeurtenissen per jaar. De statistiek geeft aan dat met de maxima van ieder jaar de kans extreme gebeurtenissen kan worden bepaald. Om deze maximale neerslaggebeurtenissen te kunnen vinden zijn heeft het KNMI reeksen beschikbaar gesteld met de volgende kenmerken:

- Alle neerslaggebeurtenissen van 1951-1997 waarin gedurende 5 opvolgende dagen meer dan 50 mm neerslag is gevallen.
- Van elk jaar die neerslagperiode waar bij Rijnland (historisch) het maximale waterbezwaar van dat jaar heeft voorgedaan.

Na analyse is gebleken dat de 46 neerslagperioden met de jaarmaxima van de waterbezwaren van bovenstaande selecties samenvallen.

8.4.5 Statistische analyse methode en extreme waarden verdeling volgens Gumbel

Door de bovenstaande per jaar maatgevende neerslaggebeurtenissen in te voeren in het SobekRijnlandmodel kunnen waterbezwaren en waterstanden voor ieder van de gebeurtenissen voor de huidige systeem en de toekomstige situatie worden berekend. De uitkomsten van de berekeningen variëren in grootte, afhankelijk van de grootte van de gebeurtenissen. De resultaten van de simulaties worden vervolgens statistisch verwerkt met behulp van de "extreme waarden theorie". Hierbij worden van de 46 gebeurtenissen de waterbezwaren en de hoogste waterstanden (de jaarmaxima) gerangschikt in grootte en worden gekoppeld met een frequentie van voorkomen. De theorie geeft aan dat er een logaritmisches verband is tussen de grootte van het waterbezwaar en of waterstand en de kans van voorkomen. Gebruikelijk is hiervoor een zogenaamde "Gumbel" verdeling te kiezen. Deze verdeling zegt dat er een lineair verband is tussen de grootte van waterbezwaren en of waterstanden en de frequentie van voorkomen (logaritmisches uitgezet). Vervolgens kan door extrapolatie van deze lineaire verbanden een waterbezwaar of waterstand met een extreme kans van voorkomen (bijvoorbeeld eens in de honderd jaar) bepaald worden.

8.4.6 Gumbelverdeling van de waterbezwaren

Bij het analyseren van de maatgevende waterbezwaren moet een periode worden gedefinieerd waarover het waterbezwaar wordt berekend. Tot nu toe is het (bij Rijnland) gebruikelijk het waterbezwaar te berekenen over een periode van 24 uur. De keuze van 24 uur is ingegeven op de gedachte dat een maatgevend waterbezwaar in die periode verwerkt moet kunnen worden. In werkelijkheid zullen grote waterbezwaren zowel korter als langer aanhouden. Bepalend is hierbij of gedurende een dergelijke periode de waterstanden een gegeven peil overschrijden. Het is daarom beter maatgevende situaties te bepalen op basis van waterstanden. Desondanks is een waterbezwaar beschouwd over een periode van 24 uur een goede maat om de extremiteit van het waterbezwaar te kunnen bepalen en ontwikkelingen in de toekomst te analyseren.

De Gumbelverdeling van de waterbezwaren heeft in het specifieke Rijnlandse geval een bijzondere vorm. De hoeveelheid water die uit de polders maximaal op de boezem tot afstroming komt is voor deel begrensd door de totale maximale opgestelde poldergemaalcapaciteit. Deze bedraagt 11,2 miljoen m³/etmaal (130 m³/s). De aanvoer uit het voormalig Groot Waterschap van Woerden via de sluis te Bodegraven is eveneens beperkt, door de maximale capaciteit van de sluis en polderbemaling, namelijk ca. 2,1 milj m³ / etmaal (ca. 24 m³/s). In totaal kan er dus uit de Rijnlandse polders en Bodegraven maximaal 13,3 milj m³ (154 m³/s) tot afstroming naar de boezem komen, ongeacht de extremiteit van de neerslag. De kans van voorkomen van een waterbezwaar vanuit de polders richting boezem kent daarmee een Gumbelverdeling die naar boven is begrensd (13,3 milj. m³/etmaal).

De neerslag die op het boezemland valt komt zonder tussenkomst van kunstwerken direct op de boezem. Deze wateraanvoer vanuit het boezemland is in principe onbeperkt en is alleen afhankelijk van de gevallen neerslag en heeft daarmee een "normale" Gumbelverdeling.

De samengestelde Gumbelverdeling van de waterbezwaren uit de polders en Woerden en vanuit het boezemland is daardoor een "geknipte" verdeling. In de bijlage is de geknipte Gumbelverdeling van de maximale waterbezwaren weergegeven.

8.4.7 Gumbelverdeling van de waterstanden

Zoals in par 8.4.6 aangegeven is het beter om de maximale waterstanden te analyseren. Echter ook hier is een toepassing van de extreme waarden theorie niet zonder meer toe te passen. Doordat namelijk de totale boezembemalingscapaciteit 13,3 miljoen m³ per etmaal bedraagt, kunnen waterbezwaren tot en met 13,3 miljoen m³ per etmaal volledig worden beheerst. De daarbij optredende waterstanden worden niet bepaald door de grote van het waterbezwaar maar door de wijze waarop de bemaling wordt ingezet. Deze waarden zijn daarmee niet "extreem-verdeeld" en kunnen daarom niet beschouwd worden in de kansverdeling. Bij het analyseren van de 43 beschouwde perioden blijkt dat het merendeel (31) van de maximale waterbezwaren kleiner is dan 13,3 miljoen m³ per dag. In deze gevallen zal de waterstand dus niet stijgen boven de -0.60 m NAP. (berging van de boezem wordt nog niet aangesproken= uitgangpunt van het beheer volgens het ABR-systeem). Slechts van die gevallen waarbij het waterbezwaar groter is dan 13,3 miljoen m³ / etmaal zal de waterstand boven de -0.60 m NAP stijgen. Hier wordt verondersteld dat deze waterstanden (behorend bij meer dan 13,3 miljoen m³ / etmaal) wel volgens een Gumbelverdeling kunnen worden geanalyseerd. Omdat het aantal gebeurtenissen (12) gering is zal de bepaling van het lineaire verband niet erg nauwkeurig zijn, zodat de uit extrapolatie gevonden extremen eveneens met een zekere onnauwkeurigheid worden bepaald. In de bijlage zijn gumbelverdelingen van extreme waarden van waterstanden opgenomen.

8.5 Kans op combinatie van veel neerslag, gestremde afvoer of onvolledig functioneren boezembeheer

Het extreme waterstanden kunnen ook door een combinatie van veel neerslag en een gestremde afvoer en of door het falen van het boezembeheer ontstaan. Bij gestremde afvoer kan gedacht worden aan storing aan een pompeenheid, brand bij een gemaal of maalstops voor één of meer boezemgemalen. Kenmerkend van de gestremde afvoer is dat beschikbare bemalingscapaciteit gereduceerd wordt. Bij het falen van het boezembeheer wordt om een of andere reden (beoordelingsfout boezembeheerder, onjuist functioneren meetsysteem of ABR-systeem), te laat gereageerd op grote neerslaggebeurtenissen, waardoor de beschikbare bergingscapaciteit gereduceerd wordt.

Zowel bij gestremde afvoer als bij falend boezembeheer zullen er al bij een minder groot waterbezwaar extreme waterstanden ontstaan. Voorwaarde is dan wel dat de stremmingen en of falen van het boezembeheer **samenvallen** met die extreme neerslag. In de (probabilistische) kansberekening kan theoretisch de totale kans op extrema van een systeem bepaald worden, door eerst alle afzonderlijke kansen te bepalen. De som van de afzonderlijke kansen is vervolgens de totale kans van het systeem.

Met behulp van een "gebeurtenissenboom" kunnen de combinaties van kansen bepaald worden. Bijvoorbeeld er is een bepaalde kans dat er storing in één pompeenheid optreedt tijdens een periode van waterbezwaar. Het systeem bereikt dan een bepaalde extreme waterstand indien het waterbezwaar groter is dan de resterende verwerkingscapaciteit (pompcap. minus cap. uitgevallen eenheid + berging). De kans hierop is de kans op storing maal de kans op bovengenoemd waterbezwaar. De bepaling van de kans op storing is complex, want hierbij zijn storingskansen (hoe groot?) en reparatietijd (hoelang in relatie tot waterbezwaar?) niet goed te bepalen, want betrouwbare statistieken zijn hiervan niet voorhanden. Met name het type van installatie, de ouderdom, onderhoudstoestand, de mogelijkheid tot reparatie (hoe snel kan gerepareerd worden, zijn er reserve onderdelen?) zijn namelijk bepalend voor storingskansen en reparatieduur.

Samenvallen van een waterbezwaar en een maalstop voor de boezemgemalen is altijd gerelateerd aan stormvloed, die ontstaat bij stormwind uit westelijk tot noordelijke richtingen. Een maalstop langs het Noordzeekanaal kan ingesteld worden doordat de lozing/bemaling van het Noordzeekanaal is gestremd door opwaaiing op zee in combinatie met grote watertoevoer naar het Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal. Een soortgelijke situatie kan langs de Hollandsche IJssel ontstaan. Met stormvloed wordt de kering bij Krimpen gesloten. In het dan afgesloten gedeelte van de Hollandsche IJssel kan door toevoer van de gemalen op dat pand de waterstand zodanig stijgen dat er een maalstop (onder meer voor boezemgemaal Gouda) noodzakelijk is. Bij Katwijk is een maalstop aan de orde zodra door storm bij de buitensluis bij een stand NAP +2,80 m wordt bereikt. Bij dat peil dient de kering van de sluis gesloten te worden (overigens zal bij een dergelijke buitenwaterstand de capaciteit van het gemaal sterk zijn teruggelopen).

Er is een zekere correlatie tussen veel neerslag en storm, echter deze relatie is afhankelijk van het verloop de banen die depressies volgen. De correlatie is in ieder geval niet een op een. Ook hier is weer bepalend de tijdsduur van de storm en de tijdsduur van maalstop (al of niet gedeeltelijk) samenvallend met het waterbezwaar. Daarbij komt nog dat bij samenvallen van waterbezwaar en storm niet direct een maalstop volgt. De praktijk bij het Noordzeekanaal laat zien dat "bijna" maalstop situaties orde een etmaal later ontstaan dan het piek in Rijnlands boezem. Een goede statistische benadering van het samenvallen van deze gebeurtenissen (waterbezwaar, storm, moment en duur van instellen maalpeil) is niet voorhanden.

Omdat de combinaties van kansen van groot waterbezwaar en gestremde afvoer en of falend boezembeheer niet "goed" te becijferen zijn, wordt hierna een schatting gemaakt van het effect van de samenvallende gebeurtenissen.

Deze benadering is als volgt:

- er wordt een inschatting gemaakt van de "meest waarschijnlijke" kansen op stremmingen en falen boezembeheer
- er wordt onderzocht of deze "meest waarschijnlijk" kansen significant bijdragen in de totale kans extreme waterstanden van het systeem
- indien deze kansen substantieel bijdragen, moet de verwerkingscapaciteit hierop ingesteld zijn, of met andere woorden er dient "nood"capaciteit opgesteld te worden.
- er is nog een veelheid van andere "minder waarschijnlijke" kansen, deze worden beschouwd als vallend onder de categorie **Bijzondere Omstandigheden**. Hierop wordt het systeem niet ontworpen, en zullen indien ze voorkomen met het Calamiteitenbestrijdingsplan worden bestreden.

Voorbeeld:

Er is een redelijke kans dat één pompeenheid (door storing) niet beschikbaar is tijdens waterbezwaar. Als dit significant bijdraagt in een vergroting van de kans, dan moet overwogen worden een reserve eenheid op te stellen. Er is ook een kans op uitvallen van een compleet gemaal (2 of 3 eenheden) bijvoorbeeld door brand. Indien blijkt dat deze kans niet significant bijdraagt aan de totale kans, dan wordt dit gezien als een Bijzondere Omstandigheid. In Hoofdstuk 9 wordt dit verder uitgewerkt.

9. ANALYSE HUIDIG FUNCTIONEREN BOEZEMSYSTEEM

9.1 Analyse huidige situatie

In dit hoofdstuk wordt het functioneren van het huidige systeem geanalyseerd. Allereerst wordt een analyse gemaakt van de kans van voorkomen van de extreme waterbezwaren en waterstanden op basis van de modelberekeningen. Daarna wordt de kans van voorkomen van de combinatie van waterbezwaar en stremming of falen van het boezembeheer nader bepaald. Tot slot wordt in dit hoofdstuk een conclusie getrokken over de totale kans op extreme situaties van het huidige systeem.

9.2 Kans van voorkomen van extreme waterbezwaren en waterstanden in de huidige situatie

9.2.1 Vergelijking modelberekeningen versus gemeten waterbezwaren

Reeds eerder is aangegeven dat een analyse van waterbezwaren uit het verleden beperkingen heeft omdat in de loop der jaren het systeem veranderd is. Desalniettemin levert een vergelijking van de berekende waterbezwaren versus de gemeten waterbezwaren wel inzicht in de uitkomsten van de modelberekeningen en trends in waterbezwaar als gevolg van het veranderde systeem (in de modelberekening wordt het gevolg van een neerslaggebeurtenis uit de jaren 50 bepaald op het huidige systeem). In de onderstaande figuur zijn de gemeten en berekende waterbezwaren van 1951-1997 weergegeven. Opvallend is dat het model overwegend grotere waterbezwaren (maximum bepaald over 24-uur) berekent dan gemeten. Dit is echter niet in alle gevallen zo. In de daarop volgende figuur zijn de verschillen tussen gemeten en berekend weergegeven. Een middeling van de afwijking laat zien dat in de jaren 50-60 het model gemiddeld ca. 1.5 miljoen m³/etmaal grotere waterbezwaren uitrekent, hetgeen orde 15% meer is dan de gemeten waarden. Vanaf de jaren 80 is deze afwijking gemiddeld 1 miljoen m³/etmaal, ofwel 10% meer dan de gemeten waarde. In de bijlage zijn de verschillen tussen meetwaarden en modelberekeningen weergegeven.

De verschillen tussen de modelberekeningen en gemeten waarden worden als volgt verklaard.

- Het model overschat gemiddeld genomen de grootte van de waterbezwaren. Dit is echter niet altijd het geval. Verklaring kan zijn dat in de modelberekeningen de verzadigingsgraad/grondwaterstand in de onverharde gebieden in de regel "natter" is dan in de werkelijkheid. Weliswaar is bij de modelberekening steeds gestart met een ruime "inspeelperiode" van ca. 10 dagen vooraf aan de maatgevende gebeurtenis, maar of daarmee de werkelijke bij die situatie behorende verzadigingsgraad en berging in de onverzadigde zone is gesimuleerd is de vraag. Feitelijk is de aanvangsstand van de verzadigingsgraad/grondwaterstand eveneens een stochastische variabele die in beschouwing genomen moet worden, hetgeen in deze modelberekeningen niet volledig is meegenomen. Weglaten van deze variabele leidt tot een gemiddelde overschatting.
- Het model gaat uit van een optimale bemaling van polders zoals geen belemmeringen in toevoer naar poldergemalen bijvoorbeeld door afwaaiing, en of afwijkingen in bemalingsinzet (anders dan het model simuleert). Met name het laatste zou van invloed kunnen zijn. Indien de met name grotere poldergemalen (vaak nog bemand bediend) overgaan tot voormalen bij aangekondigd slecht weer (hierdoor wordt er tijdens de piek meer water in de polders geborgen). In werkelijkheid zou er om deze redenen wel eens minder water naar de boezem kunnen komen.
- De berekening van het gemeten waterbezwaar heeft een zekere nauwkeurigheid. Het weggemalen debiet wordt met een nauwkeurigheid van 5-10% bepaald, en het volume van de berging in de boezem wordt met een fout van ca. 0,5 miljoen m³ bepaald. De totale fout van de bepaling van het gemeten waterbezwaar bedraagt daarmee ca. +/- 10%.
- De afname van het gemiddelde verschil in modelberekeningen en gemeten waterbezwaren van 15% in de jaren 50-60 naar 10% in de jaren 80-90 kan het effect zijn van het veranderde systeem (verbeterde afwatering polders en verstedelijking).

9.2.2 Kans op extreme waterbezwaren en waterstanden in de huidige situatie

In paragraaf 8.5 is de methodiek van het bepalen van de kans van voorkomen van extreme waterbezwaren en extreme waterstanden toegelicht. In deze paragraaf worden de resultaten van de berekeningen voor de huidige situatie toegelicht. In de bijlage zijn figuren met extreme waarden verdelingen volgens Gumbel van het waterbezwaar (bepaald over 24 uur) en de waterstanden weergegeven.

Bij de verdelingen van de extreme waterstanden zijn drie locaties weergegeven; Nieuwe Wetering als representatief voor het centrum van het boezemstelsel, bollenstreek bij de Zilk als representatief voor de noordelijke bollenstreek en Stompwijk als representatief voor het opwaaiingsgevoelige gebied in de regio Zoetermeer. Analyse van waterstanden in de omgeving van Aalsmeer (opwaaiingsgevoelig) laat zien dat deze in de extreme waardenverdeling vergelijkbaar is met de verdeling van Nieuwe Wetering, en wordt daarom in deze rapportage verder niet apart beschouwd.

De uitkomsten van de modelberekeningen laten het volgende zien

1. Het huidige maatgevende waterbezwaar met een frequentie van 1/100 bedraagt 18,3 miljoen m³/etmaal. Dit maatgevende waterbezwaar is in orde grootte gelijk aan het in 1985 bepaalde maatgevende waterbezwaar (namelijk 17,4 miljoen m³). Volgens de hier bepaalde lijn heeft 17,4 miljoen m³ een kans van voorkomen van ca. 1/50. Het verschil in grootte kan mogelijk verklaard worden uit de overschatting van de modelberekeningen (zie vorige paragraaf). Het verschil is tevens in orde grootte gelijk aan de nauwkeurigheid van de bepaling van de kans. De foutenmarge (95% van de berekende waarden) bedraagt namelijk ca. 0,5 miljoen m³.
2. Volgens de tot nu toe geldende uitgangspunten, wordt bij een waterbezwaar met een frequentie van 1/100, in het centrum van het gebied (Nw. Wetering) een maximale waterstand van NAP -0,50 m bereikt. Zoals blijkt uit de grafiek van de extreme waterstanden is dat niet zo. Een waterstand van NAP -0,50 m in Nieuwe Wetering komt volgens de berekeningen ca. eens in de 25 jaar voor. De grote aanvoer van water van de dagen volgend op het maximale waterbezwaar zijn bepalend voor het maximale peil dat wordt bereikt. Zolang in die periode de aanvoer nog groter is dan de afvoercapaciteit (van de gemalen) zal er water in de boezem geborgen worden hetgeen gepaard gaat met stijgende waterstanden. In de huidige situatie bedraagt de maximale waterstand met een frequentie van 1/100 volgens de berekeningen ongeveer NAP -0,44 m.
3. Het effect van opwaaiing bij Stompwijk komt in de grafiek tot uitdrukking. De extreme waterstanden zijn hier gemiddeld 5 cm hoger. In de huidige situatie bedraagt de maximale waterstand bij Stompwijk met een frequentie van 1/100 ongeveer NAP -0,41 m. Hierbij wordt opgemerkt dat de gehanteerde methode niet het gehele spectrum van alle kansen van opwaaiing en waterbezwaar bestrijkt. Er wordt namelijk gewerkt met geselecteerde perioden van extreme neerslag met de daarbij dan heersende wind (die al of niet een bepaalde opwaaiing veroorzaakt). Daarnaast zijn er ook combinaties van extreme wind en minder extreme neerslag, die in de kans op extreme waterstanden ter plaatse bijdragen. Met name in dit opwaaiingsgevoelige gebied geeft de hier gehanteerde methode daarom een onderschatting van de kansen en extreme waarden.
4. Aan de lijn van de waterstanden in de bollenstreek is te zien dat de extreme waterstanden in het bollengebied gemiddeld ca. 5 cm lager liggen dan in het centrum van het gebied. Dit is het gevolg van het afmalingseffect van het gemaal Spaarndam (versterkt door Halfweg) dat doorwerkt tot in dit gebied. Hier wordt 1/100 jaar een waterstand van NAP -0,48 m bereikt. In de huidige situatie stijgt de boezemwaterstand in het bollengebied eens in de ca. 15 jaar boven de NAP -0,55 m. Deze waterstand of hoger wordt als kritisch beschouwd in de bijdrage tot het ontstaan van schade.
5. Extrapolatie naar extreme waarden van 1/500 jaar leert het volgende; het daarbij behorende waterbezwaar bedraagt 19,5 miljoen m³/etmaal. In Nieuwe Wetering wordt 1/500 jaar een waterstand van NAP -0,36 m bereikt, in de regio Stompwijk NAP -0,35 m (met de kantenkening onder punt 4 hierboven), en in de bollenstreek NAP -0,43 m. Het relatief geringe verschil in extreme waarden tussen de kansen 1/100 en 1/500 is typerend voor een extreme waarden verdeling. In feite zijn deze verschillen nagenoeg van de zelfde orde grootte als de nauwkeurigheid van de bepaling van de extreme waarden.

In de onderstaande tabellen zijn de kansen op waterbezwaar (in een etmaal) en waterstanden nogmaals weergegeven.

Kans van voorkomen extreme waterbezwaren	
kans	hoeveelheid in miljoen m ³ /etmaal
1/10	15
1/25	17,2
1/50	17,9
1/100	18,3
1/500*)	19,5

*) zonder instelling maalstop

Kans van voorkomen extreme waterstanden in m NAP			
kans	centrum van de boezem	Omgeving Stompwijk **)	bollenstreek
1/10	-0,55	-0,49	-0,58
1/25	-0,51	-0,44	-0,54
1/50	-0,47	-0,43	-0,51
1/100	-0,44	-0,41	-0,49
1/500*)	-0,36*)	-0,35	-0,43*)

*) zonder instelling maalstop, waarden zijn een overschatting

**) de waarden in deze kolom zijn een onderschatting, zie hiervoor

9.3 Schatting kans op combinatie van waterbezwaar en stremming van afvoer of falen boezembeheer

In paragraaf 8.6 is toegelicht dat er een aantal combinaties van kansen is die kunnen leiden tot een substantiële bijdrage in de kans op extreme situaties in het systeem. Er is ook een aantal combinaties, de meer zeldzame, die onder de categorie "bijzonder" vallen, en indien die zich voordoen onder het **Boezembeheer onder Bijzondere Omstandigheden** zullen vallen. Bij het bepalen van de gewenste verwerkingscapaciteit wordt met deze omstandigheden geen rekening gehouden.

9.3.1 Stremming van de afvoer

Stremming van de afvoer kan ontstaan door:

- **Onderhoud aan gemalen;** In principe wordt onderhoud gepleegd in de "droge" periode van april-augustus, de periode waar er kleiner risico van maatgevend waterbezwaar is. Onderhoud valt hiermee buiten de risico benadering. Opgemerkt moet worden dat tot 1998 ook de maand september beschikbaar was voor onderhoud. Door recente wateroverlasten (1994 en 1998) in de maand september is in 1998 besloten deze periode niet meer als beschikbaar voor onderhoud te stellen.
- **Storing in boezemgemalen;** De bemaling geschiedt met behulp van per gemaal 3 pompeenheten en 2 eenheden bij Spaarndam. Er is daarmee een totaal van 11 eenheden die min of meer zelfstandig (kunnen) functioneren. In deze beschouwing is storing relevant indien de bemaling van een of meer eenheden gedurende langere tijd niet mogelijk is. In de hierna volgende beschouwing wordt een storing bepalend geacht als deze 24 uur of langer duurt. In dat geval is gedurende 24 uur ca. 10% van de bemalingcapaciteit niet beschikbaar en op het totaal van de huidige verwerkingscapaciteit (bemaling +berging) is dat ca. 8%. Goede statistiek van de kans op dergelijke storingen bij Rijnlandse boezemgemalen is niet voorhanden. Ieder gemaal heeft daarbij zijn eigen karakteristiek met; Halfweg met een nieuwe installatie en afhankelijkheid van stroomvoorziening, Spaarndam met na de renovatie aanvankelijk veel storingen, gemalen Gouda en Katwijk met technisch oude installaties waar in geval van ernstige storingen rekening gehouden moet worden met lange reparatietijden (onderdelen gemaakt moeten worden). De praktijk tot nu toe laat zien dat storingen zoals hierboven is gedefinieerd zich in het recente verleden niet hebben voorgedaan.
Een beschikbaarheidsanalyse van het gemaal IJmuiden (elektrisch aangedreven gemaal) uitgevoerd door RWS geeft een kans op niet-levering van gevraagde capaciteit van een eenheid van orde 1/100 jaar. Hoewel de rijnlandse gemalen niet vergelijkbaar zijn met het gemaal in IJmuiden, wordt hier geschat dat de kans op 24 uur of langer niet beschikbaar zijn van de afzonderlijke bemalingseenheden van de rijnlandse gemalen van dezelfde orde grootte is, namelijk 1/100 jaar.
- **Brand;** De kans op brand, waarbij in het ernstigste geval het gehele gemaal lange tijd niet beschikbaar is wordt geschat op 1/1000 (waarde gebruikt door verzekeringsmaatschappijen). Na brand zal altijd gezorgd worden voor vervangende noodbemaling. Het risico van falen beperkt zich dan tot de kans dat de brand ontstaat als de bemalingcapaciteit gevraagd wordt en of de noodinstallatie nog niet operationeel is. Ervaring bij het gemaal bij IJmuiden leert dat het operationeel maken van een grote bemalingsinstallatie enkele weken vraagt.
- **Terugloop in capaciteit;** Het gemaal Katwijk en in mindere mate de gemalen Gouda, Spaarndam en Halfweg lopen terug in capaciteit indien de benodigde opvoerhoogte (door hoge buitenwaterstanden) groter wordt. Hierbij moeten opwaaiing op zee en de Hollandsche IJssel bij harde wind en in extremere gevallen

door storm, resp. hoge standen in het Noordzeekanaal samenvallen met een bemalingsinzet. Bemalingsinzet en samenvallende hoge buitenwaterstanden zijn niet 1 op 1 gecorreleerd, maar vallen wel vaak samen. Geschat wordt dat in orde 20% van de tijd sprake is van samenvallen van verhoogde buitenwaterstanden en bemalingsinzet. Gemiddeld (over een inzet van 24 uur) loopt in zo'n geval de capaciteit van de gemalen in orde grootte als volgt terug:

- Katwijk; 10-15%, is 5-8 m³/s
- Gouda; 5-10%, is 2-4 m³/s
- Spaarndam; 5%, is 2 m³/s
- Halfweg; 5%, is 2 m³/s

In totaal loopt in een dergelijke situatie de totale capaciteit terug met ca. 14 m³/s, en is daarmee equivalent aan de capaciteit van ongeveer één bemalingseenheid, ofwel ca. 10% van het totaal.

Nb.

In de berekeningen met het model is rekening gehouden met de terugloop van capaciteit van het gemaal Katwijk, door de buitenwaterstanden op zee in de berekeningen mee te nemen. Echter hier geldt, evenals bij de opwaaiing bij Stompwijk dat niet het gehele spectrum van kansen op hoge buitenwaterstanden in de berekeningen in beschouwing is genomen.

Maalstop; De afvoer van de gemalen Halfweg, Spaarndam en Gouda kan gestremd worden door de afkondiging van maalstops langs het Noordzeekanaal resp. de Hollandsche IJssel (op grond van waterakkoorden). Nu is de kans van voorkomen van dergelijke maalstops voor beide orde minder vaak dan 1/100 jaar. De duur van de maalstops bedragen minimaal orde 6-8 uur en of langer bij extreme stormen (kleinere kans van voorkomen dan 1/100).

Bij het gemaal Katwijk kan de afvoer gestremd zijn vanwege stormvloed. Bij stormvloed NAP +2,80 m dient de kering in de uitwateringssluis gesloten te worden. De afvoer van dit gemaal is dan gestremd. Overigens zal bij dergelijke zeestanden de capaciteit van het gemaal al sterk teruggelopen zijn vanwege de grote opvoerhoogte (zie hiervoor). Het samenvallen van stormvloed met het maatgevend waterbezwaar heeft een kleine kans (minder dan 1/100 jaar). In de afgelopen 50 jaar is het echter wel 2 maal voorgekomen dat de afvoer gestremd was tijdens een (minder groot) waterbezwaar. Afhankelijk van de zwaarte van een stormvloed duurt een stremming 4 uur tot meer dan 24 uur. Dit geeft aan dat er rekening gehouden moet worden met een kans dat afvoer gestremd is bij Katwijk.

Hoe groot de kans is dat, tegelijkertijd en langs het Noordzeekanaal en langs de Hollandsche IJssel een maalstop afgekondigd wordt en of dan ook nog tegelijkertijd de bemaling bij Katwijk gestremd is, is niet bekend. Het is wel zo dat de oorzaak van de maalstop gelegen is in zware storm in combinatie met veel afvoer (en dus groot waterbezwaar) langs het Noordzeekanaal en Hollandsche IJssel. Hier wordt verondersteld dat deze kans aanzienlijk kleiner is dan de 1/100 van de kans op de afzonderlijke maalstops. Deze kans wordt als zeer uitzonderlijk gezien en onder de categorie Boezembeheer Bijzondere Omstandigheden geschaard.

9.3.2 Falen van het boezembeheer

Falen van het boezembeheer kan diverse oorzaken hebben, het meetinformatie systeem en het ABR-systeem kunnen falen door storing, computer crash, enz. Daarnaast is er de boezembeheerder die een foutieve inschatting kan maken voor de inzet van de gemalen. Het ABR-systeem is voorzien van alarmen en noodstroomvoorziening, die de boezembeheerder waarschuwen bij disfunctioneren. Het meetsysteem waarschuwt op zijn beurt de boezembeheerder indien er een bepaalde waterstand (setpoint) overschreden wordt. Bepalend bij het al of niet falen van het boezembeheer is **niet** tijdig inzetten van gemaalcapaciteit, waardoor de eenmalig in te zetten bergingscapaciteit van de boezem te vroeg wordt aangesproken en daardoor niet meer beschikbaar is bij de verwerking van de piek van het waterbezwaar.

De boezembeheerder is en zal in de toekomst altijd eindverantwoordelijk blijven voor een juiste inzet van de bemalingscapaciteit. Hij wordt hierbij ondersteund door het ABR-systeem, dat automatisch een deel van de bemalingscapaciteit inzet, en advies geeft over de inzet van de niet automatisch draaiende gemalen. Een goed functionerend ABR-systeem (zonder kinderziektes) verkleint de kans dat het boezembeheer faalt.

In de literatuur wordt vaak gesteld dat bij ca. 1000 handelingen door een mens, eenmaal een verkeerde beslissing wordt genomen of verkeerde handeling wordt uitgevoerd. Gesteld dat in het natte seizoen van 150 dagen (per jaar) gemiddeld eenmaal per dag een beslissing door de boezembeheerder wordt genomen, dan zal ca. 1/7 jaar de boezembeheerder een verkeerde beoordeling maken die leidt tot een te late inzet van

bemalingscapaciteit. Deze te late inzet van bemalingscapaciteit heeft tot gevolg dat ca. 1/4 van de bergingscapaciteit, ca. 1 miljoen m³, niet meer beschikbaar is. Hier wordt verondersteld dat een goed functionerend ABR-systeem de kans op te late inzet van bemalingscapaciteit met een orde 10 verkleint, zodat de kans op falen van het boezembeheer wordt geschat op orde 1/70 jaar.

9.3.3 Bepaling van de afzonderlijke kansen en totale kans op extrema

In de voorgaande paragrafen zijn schattingen gemaakt van de kansen van stremming van de afvoer en het falen van het boezembeheer. Er ontstaat een falen van het systeem indien deze gebeurtenissen **samenvallen** met een zodanig groot waterbezwaar dat dit waterbezwaar niet meer verwerkt kan worden zonder dat waterstanden overschreden worden (berging volledig benut). De kans dat beide gebeurtenissen samenvallen is het product van de kansen. De totale kans is de som van de afzonderlijke kansen.

De onderstaande tabel geeft het resultaten van een vereenvoudigd rekenvoorbeeld. In de berekening wordt verondersteld wordt dat het systeem zijn extreme toestand bereikt (NAP -0,50 m) als de **resterende capaciteit** (uitgedrukt in een hoeveelheid per etmaal) volledig benut moet worden.

Gebeurtenis	kans op gebeurtenis stremming of falen boezembeheer	resterende capaciteit in miljoen m ³ /etmaal	kans van voorkomen benutting resterende capaciteit	kans op NAP -0,50 m
alleen waterbezwaar		18	1/100	1/100
storing één eenheid	1/100	17	1/25	1/2500
brand gemaal	1/1000	15	1/10	1/10000
terugloop capaciteit	1/5	17	1/25	1/125
maalstop NZK	1/100	12	1/3	1/300
maalstop Holl IJssel	1/100	15	1/10	1/1000
falen boezembeheer	1/70	17	1/25	1/1750
totale kans = som bovenstaande kansen				ca. 1/40

Het resultaat uit bovenstaande tabel leert, waarbij met **nadruk** wordt gesteld dat dit **schattingen** zijn, dat door de mogelijke combinaties van kansen de totale kans van op NAP -0,50 m van ca. 1/100 ten gevolge van slechts alleen neerslag, geschat orde 1/40 zal zijn. De totale kans op het ontstaan van extreme waterstanden neemt door de combinaties van kansen dus toe. Nadere beschouwing van de getallen leert dat met name de terugloop in capaciteit daarin een dominante bijdrage levert. Als tweede levert de maalstop langs het Noordzeekanaal een bijdrage in de toename van de kans

Wordt het bovenstaande rekenvoorbeeld toegepast met de opstelling van extra of reservecapaciteit van 1 miljoen m³/etmaal (die uiteraard altijd gebruikt wordt indien nodig), dan verloopt de berekening als in de onderstaande tabel.

Gebeurtenis	kans op gebeurtenis stremming of falen boezembeheer	resterende capaciteit in miljoen m ³ /etmaal	kans van voorkomen benutting resterende capaciteit	kans op NAP -0,50 m
alleen waterbezwaar		19	1/400	1/400
storing één eenheid	1/100	18	1/100	1/10000
brand gemaal	1/1000	16	1/20	1/20000
terugloop capaciteit	1/5	18	1/100	1/500
maalstop NZK	1/100	13	1/5	1/500
maalstop Holl IJssel	1/100	16	1/20	1/2000
falen boezembeheer	1/70	18	1/100	1/7000
totale kans = som bovenstaande kansen				ca. 1/140

Opstellen van de reservecapaciteit van 1 miljoen m³/etmaal (equivalent aan 11 m³/s) brengt de kans terug van 1/40 naar 1/140. Toevoegen van orde 5% -10% aan de verwerkingscapaciteit verkleint de kans daarmee met een factor 3,5 (van 1/40 naar 1/140).

Dit resultaat laat overigens eveneens zien hoe de gevoelig de uitkomst van de totale kans is voor de waarden die gebruikt worden bij schatting van de kansen.

Op grond van deze beschouwing kunnen de conclusies getrokken worden:

- opstellen van een extra of reservecapaciteit brengt de kans op extreme waterstanden terug op een lager niveau

of;

- door het minimaliseren van terugloop in capaciteit (bijv. bij Katwijk) en door de kwetsbaarheid voor maalstops te minimaliseren door naar verhouding meer capaciteit naar de Noordzee op te stellen kan de totale kans op het gewenste niveau gebracht worden.

10. BESCHRIJVING EN ANALYSE VAN DE TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN

10.1 Inleiding

De grootte van het waterbezwaar in een beheersgebied wordt bepaald door een combinatie van factoren. De veranderingen die deze factoren in de komende tijd zullen ondergaan bepalen de grootte van het toekomstige waterbezwaar. Deze zullen in de hierna volgende paragrafen worden beschreven, waarna het gecombineerde effect wordt bepaald.

10.2 Effecten klimaatswijzigingen en zeespiegelrijzing

Het klimaat, de zeespiegel en de hoogte van het maaiveld zijn belangrijke randvoorwaarden voor de waterhuishouding. Veranderingen in deze randvoorwaarden kunnen op de lange termijn gevolgen hebben voor het waterbeheer en/of landgebruik.

Ondanks dat over klimaatveranderingen en, in mindere mate, zeespiegelrijzing nog een grote mate van onzekerheid bestaat, kan op grond van bestaande meetreeksen geconcludeerd worden dat een mondiale temperatuurstijging en zeespiegelrijzing zich in de volgende eeuw zullen voortzetten.

Voor de vierde Nota waterhuishouding zijn door de werkgroep klimaatverandering (projectteam NW4) de gevolgen van de klimaatveranderingen voor Nederland onderzocht. Uit dit onderzoek volgt dat de gemiddelde temperatuur in de periode tot 2050 met 0,5 tot 2°C zal stijgen. Doordat temperatuur en neerslag direct aan elkaar gerelateerd zijn, wordt verwacht dat de gemiddelde jaarlijkse neerslag ten gevolge van deze temperatuurstijging met 2 tot 5 % zal toenemen, waarbij de toename zich concentreert in de winter met een stijging van 5 tot 10%. Over het windklimaat en de stormkracht worden geen uitspraken gedaan omdat deze direct gerelateerd zijn aan specifieke circulatie patronen waarover nog geen voorspellingen kunnen worden gedaan.

n.b.

In het landelijke onderzoek Waterbeheer 21^e eeuw (WB21) zal nader bepaald worden met welk scenario gewerkt moet worden. Vooralsnog wordt hier in deze notitie gewerkt met de hiervoor genoemde uitgangspunten

Langs de Nederlandse kust worden al sinds 100 jaar stijgende waterstanden gemeten. Niet alleen de gemiddelde zeestand, maar ook het getij is aan verandering onderhevig. Het tijverschil neemt op bijna alle plaatsen in Nederland toe. Uitgaande van schattingen, wordt voor Nederland een relatieve zeespiegelrijzing verwacht van zo'n 25 cm voor 2050 en 60 cm voor de komende 100 jaar. Als bovengrens wordt een stijging van respectievelijk 40 en 85 cm geschat. De relatieve zeespiegelrijzing voor de Nederlandse kust zal naar verwachting ten opzichte van 1990 in 2025 circa 25 cm bedragen.

Voor het Rijnlandse systeem heeft de zeespiegelrijzing direct gevolgen voor de uitmalingscapaciteit voor de boezemgemalen Katwijk en Gouda. Indirect is er ook effect voor de gemalen Halfweg, Spaarndam en Gouda omdat er voor het Noordzeekanaal en Hollandsche IJssel (zie hierna) frequenter maalstops zullen worden ingesteld.

In de onderstaande tabel zijn meest pessimistische schattingen als gevolg van de veranderingen van het klimaat op de neerslag en de zeespiegelrijzing weergegeven.

	2025 boven schatting	2050 boven schatting	2100 boven schatting
Langdurige winterneerslag	+ 10%	+ 20%	+40%
Relatieve zeespiegelrijzing	+ 25 cm	+ 45 cm	+ 110 cm

10.3 Bodemdaling

De klink van klei en veenbodems door ontwatering is een onomkeerbaar proces. In Rijnland wordt de bodemdaling voornamelijk veroorzaakt door klink en oxidatie als gevolg van ontwatering in veen- en kleigebieden. Het steeds aanpassen van de polderpeilen leidt met name in veengebieden tot een bodemdaling

van 40 tot 100 cm per eeuw. Bij een gelijkblijvend boezempeil zullen de boezemkaden daarmee een steeds grotere kerende hoogte krijgen. Voldoende stabiliteit van de kaden is daarbij een zorgpunt. In de ruimtelijke bestemming dient er daarom rekening mee gehouden te worden dat er in de toekomst meer ruimte voor boezemkades nodig zal zijn.

In de veenweidepolders, die thans voornamelijk tot het infiltrerend systeem behoren, zal de infiltratie afnemen en mogelijk op een zeker moment kunnen omkeren in een kwellend systeem. In sommige situaties zou dan op den duur vervolgens zoute kwel kunnen ontstaan, die vooral kwalitatieve gevolgen voor de waterhuishouding in de polders en boezem heeft. Dit effect speelt op lange termijn (meer dan 100 jaar).

De bodemdaling heeft tevens tot gevolg dat poldergemalen het overtollige water steeds hoger moeten opmalen, wat tot een verhoging van de kosten leidt (meer energie, nieuwe gemalen e.t.c.). De toename van het waterbezwaar (minder infiltratie of meer kwel) als gevolg van de bodemdaling is vooralsnog op de beschouwde termijn 2050 verwaarloosbaar klein.

10.4 Effecten wijziging grondgebruik

10.4.1 Verstedelijking

De toenemende verstedelijking (uitbreiding van het verharde gebied) veroorzaakt een versnelde afvoer naar het oppervlaktewater en leidt daarmee tot een vergroting van het waterbezwaar. Aan de hand van diverse bestemmingsplannen en beleidsnotities kan tot en met 2010 een redelijk goede voorspelling van de ontwikkelingen gemaakt worden. Voor de periode na 2010 neemt de onzekerheid over de ruimtelijke ontwikkelingen sterk toe.

Op basis van een *nog uit te voeren inventarisatie* van bestemmingsplannen en ontwikkelingen, gecombineerd met huidige inzichten over stedelijk waterbeheer kan een beeld worden geschetst van de toekomstige ruimtelijke inrichting en bijbehorende functies van het beheersgebied tot het jaar 2010. Tevens zal er dan een doorkijk naar 2030 gemaakt worden. Verwacht wordt dat deze inventarisatie en analyse halverwege het jaar 2000 wordt afgerond.

Op basis van "De nieuwe kaart van Nederland" kan echter vooralsnog een globale schatting van de ontwikkelingen worden gemaakt. Op deze kaart staan in principe alle ruimtelijke plannen voor de periode 2005-2010 aangegeven. Volgens "De Nieuwe Kaart van Nederland" neemt het verhard oppervlak tot 2010 nog met $\pm 15\%$ toe. Verwacht wordt dat de groei van het verhard gebied zal afnemen en het accent meer zal gaan liggen op het leefmilieu. Hier wordt *vooralsnog* ervan uit gegaan dat het verhard gebied op de langere termijn ten opzicht van het jaar 2000 nog met 25% zal groeien.

	2010	langere termijn
toename van het verhard gebied in % t.o.v. 1999 ca. 13.000 ha	15 %	25 %

Het effect van de toename van 25% op het totaal van de polderbemalingscapaciteit (door toepassing van de norm van 10 naar 15 m³/min/100 ha) is gering. Het totaal van de polder bemalingscapaciteit neemt dan toe met 2,5 m³/s. Wordt bij de stedelijke uitbreidingsplannen een ruim percentage open water gepland dan kan dit tot resultaat hebben dat de polderbemalingscapaciteit niet of nauwelijks uitgebreid wordt. Hiermee is effect van verstedelijking op de toename van het waterbezwaar op de boezem klein.

10.4.2 Veranderingen waterbeheersing land- en tuinbouwgebieden

In de land- en tuinbouwgebieden zullen zich ontwikkelingen voordoen op het gebied van:

- extensivering teelt en productiewijze, inrichting van natuurgebieden, gewijzigde waterhuishouding met variabel peil en gewijzigde normering polderbemaling. Hierdoor zullen de maatgevende waterbezwaren in de polder kleiner worden en er in die polders eerder wateroverlast ontstaan, die overigens dan ook acceptabel geacht wordt. De belasting naar de boezem wordt kleiner omdat de polderbemalingscapaciteit verkleind is.
- verkleining van drooglegging in kleigebieden en normalisering van drooglegging (geen grote droogleggingen meer) in het veenweidegebied heeft tot gevolg dat er bij waterbezwaar tijdelijk minder water

geborgen kan worden. Dit kan tot gevolg hebben dat de polderbemalingscapaciteit versterkt moet worden. De belasting van de boezem wordt daarmee vergroot.

Het gecombineerde effect in de polder zal van situatie tot situatie afhankelijk zijn en het totale effect op de boezem is niet zonder meer goed in te schatten. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen welk effect dit heeft op het waterbezwaar.

10.4.3 Functiewijzigingen

Momenteel zijn er tal van functiewijzigingen in het gebied, hiervan zijn te noemen:

- Bentwoud (1000-2000 ha), waterhuishouding nog niet bepaald, planning onbekend
- Haarlemmermeer; groengebieden samen met verstedelijking, gewijzigde waterhuishouding (op polderniveau)
- Groen-Blauwe Slinger (GBS); creatie waterberging/schoonwatersysteem/recreatiegebied; planning realisatie ca. 2010.
- Steden-Driehoek Haarlem-Leiden-Amsterdam; uitwerking nog onbepaald,
- regeneratieprojecten Duingebied; inrichting bufferzones duinrand, met in het algemeen kleinschalige ingrepen
- Landinrichtingsplannen.

Hoewel het effect van deze plannen op het waterbezwaar nog niet goed te bepalen is, kan gesteld worden dat in de plannen rekening gehouden wordt met waterberging. Dit heeft tot gevolg dat de polderbemalingscapaciteiten aangepast worden. Bijvoorbeeld de inrichting van een gebied van 1000 ha met veel waterberging waar met een bemalingsnorm van $8 \text{ m}^3/\text{min}/100 \text{ ha}$ in plaats van de huidige $10 \text{ m}^3/\text{min}/100 \text{ ha}$ toegepast wordt reduceert de polderbemalingscapaciteit met $20 \text{ m}^3/\text{min}$ ($=0,33 \text{ m}^3/\text{s}$). Voor de belasting van de boezem is dit een marginale verandering. Dit betekent dat alleen grootschalige herinrichting (meerdere duizenden hectaren) effect op het waterbezwaar van de boezem zal hebben.

10.5 Effect wijziging in normstelling wateroverlast

10.5.1 Invulling huidige norm polderbemalingscapaciteit

Analyse van de invulling van normstelling van de polderbemalingscapaciteit in het beheersgebied leert het volgende;

- totaal opgestelde polderbemalingscapaciteit bedraagt ca. $130 \text{ m}^3/\text{s}$
- er is een totaal aan *onder* de norm opgestelde bemalingscapaciteit van $28 \text{ m}^3/\text{s}$,
- er is een totaal aan *boven* de norm opgestelde bemalingscapaciteit van $15 \text{ m}^3/\text{s}$,

Deze afwijkingen van de norm zijn een gevolg van :

- in het verleden gegroeide situatie
- lager dan norm opgestelde capaciteit in enkele grote droogmakerijen
- de wijze waarop flexibel invulling gegeven wordt aan normstelling (afpraak waterakkoord) waarbij lokale situatie aanleiding kan zijn af te wijken van de norm

Gegeven de discussie over wateroverlast is er een ontwikkeling *denkbaar* waar de norm van de "te laag" opgestelde capaciteit wordt opgevuld, terwijl de "te hoog" opgevoelde norm niet wordt gecorrigeerd. De te hoog opgevoelde norm zal niet zo gauw gecorrigeerd worden omdat in het verleden er redenen (kwetsbaarheid van een gebied) zijn geweest om van deze norm af te wijken

Bij opvulling van de norm worden de totale Rijnlandse polderbemalingscapaciteit en boezembemalingscapaciteit dan nagenoeg even groot (ca. $155 \text{ m}^3/\text{s}$). Vanuit Woerden wordt maximaal $25 \text{ m}^3/\text{s}$ afgevoerd en vanuit het boezemland (vrij afstromend 15.000 ha) wordt orde $20\text{-}30 \text{ m}^3/\text{s}$ afgevoerd (in feite is de toevoer vanuit het boezemland zelfs onbegrensd).

Het totaal van de afstroming van de boezem bedraagt dan door deze wijze van opvulling van de norm orde $200 \text{ m}^3/\text{s}$ ten opzicht van thans orde $175 \text{ m}^3/\text{s}$. Daarmee kan ten opzichte van thans, de balans tussen aanvoer naar boezem en afvoer+berging uit evenwicht kan raken.

Nadere toelichting

Voor de maatgevende situatie is berging van maximaal 4,5 miljoen m³ beschikbaar (= equivalent aan 50 m³/s gedurende 24 uur) gedurende één etmaal kan dan in totaal ca. 200 m³/s verwerkt worden. In de daarop volgende etmalen is maximaal 150 m³/s aan boezembemalingscapaciteit beschikbaar omdat de berging benut is. Indien dan de toevoer uit de polders, Woerden en boezemland groter dan 150 m³/s zullen er ongewenste waterstanden optreden.

10.5.2 Toekomstige normstelling

Voor de verwerkingscapaciteit van de boezem van Rijnland wordt een ontwerpnorm van circa eens de 100 jaar overschrijdingskans gehanteerd. Op het niveau van de polderbemalingscapaciteit wordt een overschrijdingskans van eens in de 10 jaar gehanteerd. Gegeven de grote economische belangen, potentiële schade, is het niet uit te sluiten dat de normen aangescherpt worden voor kapitaalintensieve land- en tuinbouwpolders en boezemstelsels. Consequentie is dat extremere waterbezwaren zonder overlast en schade zullen moeten worden verwerkt.

Het is echter niet zonder meer te verwachten dat over de gehele linie van grondgebruiken (veenweide, akkerbouw, tuinbouw, bollenteelt, natuurgebieden en polderplassen) de norm aangescherpt zal worden.

Extensivering van grondgebruik bijv. in veenweidegebieden, natuurgebieden en polderplassen leidt wellicht tot een aanpassing van de norm naar beneden.

Hierdoor is het nu niet te voorspellen hoe de gewijzigde normstelling het totaal van de opgestelde polderbemalingscapaciteit zal wijzigen

10.6 Relaties met de omgeving en ontwikkelingen

10.6.1 Effect afvoer beperkingen naar het Noordzeekanaal, Hollandsche IJssel en Katwijk

De afvoer van de gemalen Halfweg, Spaarndam en Gouda kan gestremd worden door de afkondiging van maalstops langs het Noordzeekanaal resp. de Hollandsche IJssel (op grond van waterakkoorden). Nu is de kans van voorkomen van dergelijke maalstops orde 1/100 jaar of minder. In de toekomst wordt met name door de zeespiegelrijzing de kans van instellen van maalstops groter.

Bij het Noordzeekanaal (NZK) zal RWS bemalingscapaciteit bijplaatsen (toename van 50%, thans 160 m³/s). Dit is echter deels ter compensatie van het verlies van spuicapaciteit (thans 500 m³/s) bij IJmuiden als gevolg van de zeespiegelrijzing. Hoewel nu niet te kwantificeren lijkt ook in de toekomst een kwetsbaarheid langs het NZK aanwezig, omdat er dan veel meer gebruik gemaakt zal moeten worden van de beperktere bemalingscapaciteit. Bij de Hollandsche IJssel zal volgens berekeningen de kans op maalstop als gevolg van de zeespiegelrijzing met een factor orde 2 toenemen.

Bij het gemaal Katwijk kan de afvoer gestremd zijn vanwege stormvloed. De zeespiegelrijzing zal deze kans vergroten. Goede gegevens zijn echter nog niet voorhanden omdat er onzekerheid is over de ontwikkelingen in windklimaat en windkracht als gevolg van klimaatwijzigingen.

10.6.2 Afvoer vanuit Woerden

De ontwikkelingen in het stroomgebied van Woerden zullen een zelfde ontwikkeling doormaken als in het beheersgebied zelf. Vooralsnog wordt er vanuit gegaan dat er in de afwateringssituatie (via Bodegraven) geen wezenlijke wijzigingen in het beheer zullen voordoen.

10.7 Gecombineerd effect van ontwikkelingen in 2025 en 2050

In deze rapportage is het effect van een aantal verwachte ontwikkelingen in de jaren 2025 en 2050 bepaald op basis van:

- de veranderingen in het klimaat en zeespiegelrijzing
- de verstedelijking
- de opvulling norm polderbemaling op basis van de huidige uitgangspunten en beleid van normering polderbemaling

Nog niet in rekening zijn genomen:

- eventuele verandering normstelling wateroverlast van de polders
- effecten van functiewijzigingen grondgebruik anders dan verstedelijking
- wijzigingen in het waterbeheer (introduktie flexibel peilbeheer, kleinere drooglegging, hogere eisen waterbeheer bij intensieve teelten)

In een tweede fase van deze studie (samen met de Inliggende Waterschappen) zullen deze zaken verder uitgewerkt moeten worden.

10.7.1 Analyse en gevolgen van de toekomstige ontwikkelingen

Met modelberekeningen zijn effecten van de verwachte ontwikkelingen voor het boezemstelsel van Rijnland te bepalen. In de onderstaande figuren zijn de extreme waarden van de waterbezwaren en waterstanden voor de jaren 2025 en 2050 weergegeven.

figuren extreme waarden 2025 en 2050 van waterbezwaar en waterstanden

Een nadere analyse van de effecten van de *afzonderlijke* ontwikkelingen (klimaatverandering, zeespiegelrijzing en verstedelijking en opvulling norm polderbemaling) is in de onderstaande tabel weergegeven. Tussen haakjes staan de berekende maximale waterstanden en waterbezwaren weergegeven.

	2025		2050	
	toename waterbezwaar in milj m ³ /etmaal	stijging waterstand 1/100 jaar Nw. Wet. in cm	toename waterbezwaar in milj m ³ /etmaal	stijging waterstand 1/100 jaar Nw. Wet. in cm
invloed toename neerslag	0,3 (18,6)	4 (-0.41)	0,7 (19,0)	10 (-0.35)
invloed zeespiegelrijzing	n.v.t.	1 (-0.45)	n.v.t.	1 (-0.45)
invloed uitbreiding verhard oppervlak en opvulling norm	1,0 (19,3)	6 (-0.39)	1,4 (19,7)	10 (-0.35)
gecombineerde invloed	1,3 (19,6)	10 (-0.35)	2,1 (20,4)	20 (-0.25)

De foutmarge op de waterbezwaren bedraagt +/- 0,5 milj. M3

Uit de tabel blijkt dat, **gegeven de huidige normstelling en ongewijzigd beleid**, de opvulling van de norm van de polderbemalingscapaciteit gecombineerd met het effect van uitbreiding van het verhard oppervlak de grootste bijdrage levert aan de toename van het (maatgevende) waterbezwaar. De toename van de neerslag draagt in mindere mate bij aan de toename van het maatgevende waterbezwaar (slechts één derde van het totaal). De relatief geringere bijdrage van toename van de neerslag is echter ook deels een gevolg van ongewijzigde normstelling. In deze berekeningen is een eventuele aanpassing (versterking) van de polderbemalingscapaciteit (**als variant**) aan het gewijzigde klimaat nog niet in rekening gebracht. Indien dit wel het geval zou zijn, dan zal het effect van de toename van de neerslag sterker zijn. In deze berekening is als het ware gesimuleerd alsof alle effecten van toename van neerslag in de vorm van berging in de polders wordt opgevangen.

In de onderstaande tabel is het effect van de toekomstige ontwikkelingen op kans van voorkomen in beeld gebracht.

jaar	kans van voorkomen		
	waterbezwaar 18 miljoen m ³ /etmaal	waterstand NAP -0,50 m bij Nw. Wetering	Maalstop NAP -0,35 m
2000	1/100	1/25	minder dan 1/500
2025	1/20	1/10	1/100
2050	1/10	1/2	1/20

Waterbezwaren kleiner dan 18 miljoen m³ / etmaal zullen in 2025 en 2050 steeds frequenter gaan voorkomen. Komt in de huidige situatie een waterbezwaar van 18 miljoen m³ per etmaal eens in de 100 jaar voor in 2025

wordt dit eens in de 20 jaar en in 2050 eens in de 10 jaar. Door de toenemende waterbezwaren nemen ook de maximale waterstanden die kunnen optreden toe. In de huidige situatie komen waterstanden hoger dan NAP - 0,50 m eens in de 25 jaar voor. In 2025 zullen deze waterstanden eens in de 10 jaar voorkomen en in 2050 zelfs eens in de 2 tot 3 jaar. Het bereiken van NAP -0,35 m bij Nw. Wetering (maalpeil) heeft momenteel een frequentie kleiner dan 1/500, in 2025 wordt dit ca. 1/100, maar in 2050 wordt dit ca. 1/20 jaar.

De invloed van de zeespiegelrijzing op de boezem is verwaarloosbaar klein. Door de toename van de benodigde opvoerhoogte zal de capaciteit van gemaal Katwijk afnemen. In 2025 met ongeveer 2% en in 2050 met ongeveer 6%. Een reductie van 6% bij Katwijk heeft nog weinig gevolgen voor de waterstanden in de boezem.

11. GEWENSTE SITUATIE, NORMERING

11.1 Inleiding

Voor de verwerkingscapaciteit van de boezem van Rijnland wordt thans een ontwerpnorm van circa eens de 100 jaar overschrijdingskans gehanteerd. Bij het overschrijden van de norm van 1/100 jaar voor het boezemstelsel, is er in de regel grote kans op, in eerste instantie partiele, maaltstops. Hiermee wordt, ter vermindering van het "grotere" risico van kadebeuk, het risico van overlast en schade naar de polders afgewenteld. De keuze van de normering in de polders en boezem, maar ook die van de boezemkades, hangt hiermee aan elkaar samen.

Een onderbouwing van deze normen in de vorm van risico's en schade gekoppeld aan grondgebruik (met toenemende economische waarde in het beheersgebied) ontbreekt nog. De wateroverlast van de laatste jaren heeft deze discussie opnieuw voeding gegeven. De vraag rijst welke normen in de toekomst gehanteerd moeten worden. In de rapportage van WL/SC-DLO in opdracht van de Unie van Waterschappen is hiertoe een aanzet gegeven. De Commissie Waterbeheer 21^e eeuw zal hieraan vervolg geven.

In de discussie over normering dient het begrip falen in relatie tot overschrijding van de norm nader gedefinieerd te worden. In het verlengde hiervan speelt tevens de gedachte om de normering en de methodiek om het falen van het systeem te bepalen, te uniformeren. Binnen een polder-boezemwatersysteem of binnen een systeem waar partners een waterakkoord hebben afgesloten kan dan tot een evenwichtige afstemming van verwerkingscapaciteiten worden gekomen. Hiermee wordt een "overdijkingseffect" vermeden.

Vooruitlopend op de uitkomsten van deze discussie wordt in deze rapportage een voorstel gedaan voor een gewenste normering voor het boezemstelsel van Rijnland.

11.2 Systematiek van normering polder-boezem en boezemkade

In het rapport "Normen voor waterbeheer op welke gronden" van WL/SC-DLO wordt het functioneren van de afwatering in relatie gebracht met twee vormen van overlast en schade:

- overlast en of schade door hoge grondwaterstanden, die worden veroorzaakt door hoge standen van het oppervlaktewater, ofwel de hoge waterstand beïnvloedt/belemmert de *ontwatering*.
- overlast en of schade door oppervlakte water dat over het gebied stroomt of inundatie (niet door kadebreuk)

Op basis van deze vormen van overlast dienen normen te worden vastgesteld. In de rapportage wordt voor de eerste vorm van overlast vooralsnog geen normering voorgesteld omdat er nog geen eenduidige relaties zijn tussen ontstaan van overlast/schade en belemmerde ontwatering. Ten aanzien van overlast en schade door **inundatie** worden wel normen voorgesteld. De voorgestelde normen zijn gedifferentieerd naar bodemgebruik. De aangegeven range is 1/5 tot 1/10 voor weidegrond, 1/10 tot 1/20 voor akkerbouw, 1/30 tot 1/60 voor hoogwaardige landden tuinbouw, en 1/50 tot 1/150 voor bedrijventerreinen, woongebieden en glastuinbouw.

Ten aanzien van de normering van het boezemstelsel en de kans op een afkondiging van maaltstops wordt de gedachte ontwikkeld deze normering zo te ontwerpen, dat door het instellen van maaltstops de overlast/schade in de polder slechts met 5-10% mag doen toenemen. Daarnaast wordt geopperd dat hogere eisen op grond van psychologische redenen ook gerechtvaardigd zijn, "want maaltstops zijn ingrijpende aangelegenheden". Er worden geen getallen genoemd maar feitelijk betekent een en ander dat de te hanteren norm voor een boezemstelsel een orde hoger (ofwel de faalkans een orde kleiner) dient te zijn dan voor een polder.

11.3 Normering boezemstelsel en veiligheid boezemkaden

De keuze van de normering van het boezemstelsel is direct gerelateerd aan de kans op het ontstaan van extreme waterstanden in de boezem, en daarmee op de kans op extreme belastingen van de boezemkaden.

In principe zijn tot het bereiken van de norm de waterstanden in de boezem begrensd (bijvoorbeeld in het centrum Rijnlands boezem gemiddeld niet hoger dan NAP -0,50 m). Daarna zal bij stijgende boezemstanden sprake zijn van maaltstops, met als doel de waterstand in de boezem te normaliseren. Omdat de ca. 17.000 ha vrij afstromend boezemland in principe niet beheersbaar (begrensbaar) is, zal ondanks de maaltstops van de polders, in extreme situaties sprake kunnen zijn van nog oplopende boezemwaterstanden. Bij het beheersbaar maken van boezemwaterstanden speelt in die situatie dan ook de effectiviteit van de besluitvorming en maatregelen bij het dan in werking zijnde calamiteitenplan een belangrijke rol. De keuze van normering de verwerkingscapaciteit van het boezemstelsel beïnvloedt daarmee direct de grootte van de kans op (over)belasting/kadebreuk voor de boezemkaden.

11.4 Voorstel normering boezemstelsel

Op basis van voorgaande hoofdstukken kan voor het boezemstelsel normering worden geïdentificeerd op de volgende twee aspecten:

3. **Normering** in verband met **belemmerde ontwatering** van het boezemland, van met name de kwetsbare bollenteelt. Eerder is gesteld dat een waterstand **lokaal** in die streek langdurig (meer dan 24 uur) hoger dan NAP -0,55 m bij kan dragen aan het ontstaan van gewasschade.
4. **Normering** in verband met het partieel dan wel geheel **instellen van maalstops**.

Inundatie op grote schaal in het boezemstelsel (boezemland) ontstaat alleen bij zeer extreme situaties nadat maalstops zijn ingesteld. De kans op inundatie is hiermee feitelijk direct gekoppeld aan de normering in verband met het instellen van maalstops, en die kans is daarmee is daarmee een orde kleiner. Een zelfde redering geldt ten aanzien van de veiligheid van de boezemkaden.

De keuze van de norm is een bestuurlijke aangelegenheid. Risico's van overlast en schade in relatie tot te nemen maatregelen vereisen een maatschappelijke en daarmee een bestuurlijke afweging. Daarnaast is er de directe relatie met het binnenkort opnieuw te nemen peilbesluit van de boezem. In het peilbesluit zal (wenselijk) moeten vastgelegd onder welke omstandigheden rekening gehouden dient te worden met extreme (hier hoge) waterstanden. Feitelijk zal hier ook de belangafweging plaats moeten vinden.

Voorgesteld wordt de normering als volgt te benaderen:

1. Er wordt voor een **range** van toelaatbare overschrijdingsfrequenties gekozen, bijvoorbeeld 1/10 tot 1/25. Er wordt voor een range gekozen en niet voor één waarde omdat a) de kansbepaling onnauwkeurigheden kent en b) verschil in orde grootte van (in dit geval) veroorzakende waterbezwaren met die kansen van voorkomen ook van de zelfde orde grootte zijn (waterbezwaar 1/10 = 15 miljoen m³ en waterbezwaar 1/25 = 17,2 miljoen m³)
2. Er wordt voor een **range** van waterstanden gekozen, bijvoorbeeld NAP -0,50 tot NAP -0,45 m, die bij bijbehorende range van overschrijdingsfrequenties behoren. Ook hier wordt gekozen voor een range en niet voor één waarde, omdat bij het overschrijden waterstanden bij die range begin van overlast/schade gaat ontstaan. Er is geen duidelijke grens (één waterstand) die kan worden aangewezen waarbij bij overschrijding overlast en schade zal optreden. Daarnaast is de bepaling van de waterstand, uit meting of uit (model)berekening aan onnauwkeurigheid onderhevig.
3. Toetsing van de norm geschiedt als volgt:
 - zijn de kansen van voorkomen van de gehele de range van waterstanden altijd kleiner dan de gestelde range van overschrijdingskansen, dan voldoet het systeem aan de gestelde normen
 - is de kans van voorkomen van waterstanden deels groter dan de gestelde overschrijdingskansen; de toetsing **voldoet nog** maar het systeem wordt **kritiek**.
 - is de kans op voorkomen van de gehele range van waterstanden groter dan de gestelde range van overschrijdingskansen, dan voldoet het systeem niet aan de gestelde norm.

Voor wat betreft de normering van de **belemmerde ontwatering van het boezemland** wordt voorgesteld een range van overschrijdingsfrequenties van 1/10-1/25 en een bijbehorende range van waterstanden van NAP -0,55 m tot NAP -0,50 m te hanteren. Deze keuze is gebaseerd op de eerder genoemde kritieke waterstand van NAP -0,55 m en mogelijke bijdrage tot schade bij hogere waterstanden, en de relatie tot de door in WL/SC-DLO rapportage genoemde norm 1/30-1/60 ten aanzien van de kans op **inundatie** voor hoogwaardige land- en tuinbouw. Kans op overschrijding belemmerde ontwatering wordt ten opzicht hiervan weer een orde lager gesteld.

Voor wat betreft de normering ten aanzien van **afkondigen partiele of volledige maalstop** wordt hier een range overschrijdingsfrequenties van 1/50-1/100 en een bijbehorende range van waterstanden van NAP -0,50 m tot NAP -0,45 m voorgesteld. De range van 1/50-1/100 wordt voorgesteld op basis van het idee dat maalstops niet meer dan 5-10% extra bijdragen in het falen van polders en op basis van psychologische factoren, waardoor **geschat** een genoemde frequenties gekozen kunnen worden. De range van waterstanden is gebaseerd op uitgangspunten in het huidige Calamiteitenplan Boezembeheer Bijzondere Omstandigheden, dat zegt dat bij waterstanden langdurig en stijgend boven NAP -0,50 m in eerste instantie partiele (vrijwillige) maalstops ingesteld kunnen worden, en er bij waterstanden hoger dan deze range door lokale opwaaiingsverschijnselen en golfploop (ook door scheepvaart), voor kades mogelijk kritieke waterstanden kunnen ontstaan.

Zoals al eerder gesteld is de keuze van de normering een bestuurlijke aangelegenheid. Aangezien met name de landelijke discussie over normering en toe te passen berekenings- en toetsingsmethode nog niet is afgerond, moet het bovenstaand voorstel als indicatief gezien worden.

De volgende normen worden voorgesteld

norm	range van overschrijdingskansen	range van waterstanden in m NAP
belemmerde ontwatering	1/10 - 1/25	-0,55 tot -0,50
begin van maalstop	1/50 - 1/100	-0,50 tot -0,45

Is andere (bijv. strengere) normering gewenst, dan dient deze significant anders te zijn, omdat anders het verschil teveel een schijn van extra zekerheid biedt. Voor de afkondiging van maalstops betekent dat bijvoorbeeld een aanpassing van de norm naar de range van 1/250-1/500. Gegeven de thans gevoerde landelijke discussie over normering wordt voor deze rapportage voorgesteld, deze aangescherpte normering vooralsnog niet verder uit te werken.

11.5 Toetsing huidige toekomstige situatie aan de voorgestelde normen

Worden het huidige systeem (anno 2000) en de toekomstige situaties 2025 en 2050 getoetst aan de voorgestelde normering dan levert dit het volgende resultaat:

Bollenstreek

Waterstanden in de bollenstreek worden getoetst aan **belemmerde ontwatering**:

jaar	range waterstanden in m NAP	kans van voorkomen op basis resultaten berekeningen	vereiste kans van voorkomen	resultaat toetsing
2000	-0,55 - 0,50	1/15 1/75	1/10 - 1/25	voldoet
2025	-0,55 - 0,50	1/8 1/20	1/10 - 1/25	voldoet niet
2050	-0,55 - 0,50	1/2 1/4	1/10 - 1/25	voldoet niet

centrum van het gebied

Waterstanden in het centrum van de boezem worden getoetst aan **begin maalstop**:

jaar	range waterstanden in m NAP	kans van voorkomen op basis resultaten berekeningen	vereiste kans van voorkomen	resultaat toetsing
2000	-0,50 -0,45	1/25 1/80	1/50 - 1/100	kritiek
2025	-0,50 -0,45	1/10 1/20	1/50 - 1/100	voldoet niet
2050	-0,50 -0,45	1/3 1/5	1/50 - 1/100	voldoet niet

omgeving Stompwijk

waterstanden bij Stompwijk worden getoetst aan **begin maalstop**:

jaar	range waterstanden in m NAP	kans van voorkomen op basis resultaten berekeningen	vereiste kans van voorkomen	resultaat toetsing
2000	-0,50	1/8	1/50 - 1/100	voldoet niet
	-0,45	1/30		
2025	-0,50	1/4	1/50 - 1/100	voldoet niet
	-0,45	1/10		
2050	-0,50	1/2	1/50 - 1/100	voldoet niet
	- 0,45	1/3		

Uit bovenstaande toetsing blijkt dat volgens de hier toegepaste toetsing de norm in huidige situatie (jaar 2000) in de bollenstreek voldoet, dat in het centrum van de boezem de toetsing *kritiek* is en niet voldoet in de omgeving van Stompwijk. Op grond daarvan zou er voor de huidige situatie al maatregelen gewenst zijn. Zonder maatregelen wordt in de jaren 2025 en 2050 nergens aan de norm voldaan.

11.6 Wateroverlast volgens de IPO-benadering

In verband met de landelijk discussie over wateroverlast en het zoeken naar mogelijkheden van berging hebben WL en SC-DLO in opdracht van het Inter Provinciaal Overleg (IPO) een "eerste orde" benadering van het probleem van wateroverlast gemaakt. Hierbij is voor heel Nederland modelmatig bepaald waar wateroverlast zal ontstaan indien er in 24 uur resp. 50 mm en 75 mm valt. Op de gekozen benadering is het nodige af te dingen. Zo zijn de afzonderlijke watersystemen gemodelleerd op niet altijd actuele gegevens en zijn er algemene uitgangspunten gebruikt (zoals mate van beschikbare berging in het oppervlaktewater) die lokaal kunnen afwijken.

Daarnaast is met name de keuze van 75 mm in één etmaal, *als zou het een norm zijn*, discutabel. In het Rijnlandse beheersgebied (polders en boezem) waarbij met name in de winter maatgevende condities ontstaan is 75 mm in 24 uur zeer extreem. KNMI -statistiek voor winterextremen (periode oktober-maart) van 75 mm in 24 uur wordt niet gegeven, maar moet een kans van voorkomen van ruim minder vaak dan 1/100 jaar hebben.

Voor zomerextremen (periode april-september) geeft KNMI voor buien van 75 mm of meer een kans van voorkomen van 1/125 jaar. Voor stedelijke gebieden en kleine polders met kassen en of tuinbouw (met snelle afvoer) kan dit **lokaal** wel tot maatgevende omstandigheden leiden.

Voor een maatgevende situatie voor Rijnlandsboezem geldt echter in de regel de winterperiode als kritiek, met recent in 1994 en 1998 ook de "zomer" maanden september. In september is er echter in de regel nog berging in de grond mogelijk zodat bij overvloedige neerslag de piekafvoeren niet maximaal worden. Gegeven de grootte van het beheersgebied (100.000 ha) is er dan ook altijd nog spreiding in de hoeveelheid neerslag. In dat opzicht kan gebiedsdekkend 75 mm in een etmaal als bijzonder extreem gezien worden.

Indien niettemin het effect van de bui van 75 mm in 24 uur wordt bepaald met het in deze studie gebruikte model (het Rijnlandse model en niet de IPO-modellering) dan blijkt voor de boezem een duidelijk extreme situatie te ontstaan. Gedurende ruim een etmaal wordt bij Nieuwe Wetering NAP-0,45 m bereikt en in de bollenstreek is de waterstand gedurende ca. 36 uur boven de NAP 0,50 m.

Gegeven de uitzonderlijkheid van de neerslaggebeurtenis (minder vaak dan 1/100 jaar) kan op grond van de op grond van de in deze rapportage voorgestelde benadering gesteld worden, dat deze situatie en de daarbij optredende waterstanden tot de categorie "bijzonder" behoren. De IPO-benadering, zou deze tot norm worden verheven, zal leiden tot een "overdimensioneren" van de verwerkingscapaciteit.

11.7 Schatting van frequentie van inzet van calamiteitenberging

Op basis van de voorgestelde normering kan een frequentie van inzet van calamiteitenberging worden geschat. Indicatief is voor de huidige situatie de kans op inzet als onder in de tabel aangegeven.

maatregel	capaciteit in m ³ /s	capaciteit in miljoen m ³	capaciteit cumulatief incl. reguliere huidige verwerkingscap.	geschatte kans op inzet
beperkte maalstop voor de eerste 1/3 deel van poldergemalen	40	3,5 (per etmaal)	21 (per etmaal)	1/100 tot 1/500
beperkte maalstop voor de eerste 1/2 deel van poldergemalen	60	5 (per etmaal)	22,5 (per etmaal)	1/500 tot 1/1000
volledige maalstop	130	11,2 (per etmaal)	28,7 (per etmaal)	minder dan 1/1000 *)
inundatie polders (variabel) <i>in te zetten nadat maatregel maalstop ontoereikend is</i>	-	van 0,1 tot maximaal 15	29-44	minder dan 1/1000 *)

*) valt ver buiten de extreme waardenverdelingen, extrapolatie is speculatief.

12. MAATREGELEN

12.1 Oplossingsrichtingen

In dit hoofdstuk wordt een aantal oplossingsmogelijkheden ten aanzien van de verwerking van het waterbezwaar verkend. Hier liggen keuzen tussen het wegmalen van water enerzijds en bergen van water anderzijds. Uiteraard zijn combinaties ook denkbaar. Het doel van deze verkenning is, om in deze fase richting te geven aan vervolgstappen van uitwerking van maatregelen, waaronder het leggen van mogelijke claims ten aanzien van bergingsmogelijkheden (invulling van waterkansenkaarten, (her)inrichting van gebieden). Omdat berging ten aanzien van watervraag (in de zomer) om reden van waterconservering en weren gebiedsvreemd water ook in discussie is (Nota Waterhuishouding 21^{ste} eeuw beheersgebied van Rijnland), moet bij de oplossingsrichtingen steeds de combinatie van bergingsmogelijkheden overwogen worden.

Bij de oplossingrichting van het wegmalen van het water speelt de locatie keuze van de versterking van de bemaling een rol (is er ruimte voor een extra gemaal) en in hoeverre is de capaciteit van de toevoerkanaalen beperkend. Energetische overwegingen, in de afweging malen versus bergen, spelen geen (of ondergeschikte rol) omdat bij berging van waterbezwaar geen sprake kan zijn van conservering, omdat het water **tijdelijk**, (enkele dagen) geborgen zal worden alvorens het weggemalen wordt.

Ten aanzien van de verkenning van bergingsmogelijkheden moeten de volgende aspecten aan de orde komen:

- Afweging in keuze met berging in de polder en of in de boezem
- Het ruimtebeslag van bergingslocaties
- Geohydrologische overwegingen
- Aspecten van de waterkwaliteit en het ecosysteem bij het bergingssysteem
- Operationele beheersaspecten, met vragen als wanneer (waterstand) berging moet plaatsvinden
- de gewenste ledigingstijd van de berging, want de berging moet in principe weer snel leeg zijn om een eventueel volgend waterbezwaar te kunnen opvangen
- Overige operationele beheersaspecten zoals oeverbeheer, waterkwaliteit

Opmerking

De hier beschouwde berging wordt **niet** beschouwd als calamiteitenberging. Deze berging wordt **normaal** operationeel ingezet als zou het een gemaal zijn. **Calamiteitenberging** wordt benut in extreme bijzondere situaties indien de normale capaciteit (bemaling+berging) ontoereikend is en er zich een situatie voordoet waarbij de norm overschreden wordt.

Uitgangspunt bij de uitwerking van de hiernavolgende varianten is steeds dat overal in het watersysteem (polder-boezem) het waterbezwaar toeneemt. Op elk niveau van deze keten zal daarom een oplossing gekozen moeten worden. Kiezen voor meer berging in de polder, leidt tot minder of geen uitbreiding van de polderbemalingscapaciteit en tot minder uitbreiding van de capaciteit van de boezem. Dit is echter een keuze die afgewogen moet worden tegen uitbreiding capaciteit van de boezem. Een integrale benadering (polder-boezem) van de uitwerking van de varianten zal leiden tot een optimale afweging. In de tweede fase van deze studie samen met de Inliggende Waterschappen moet hieraan een nadere invulling gegeven worden. De in de volgende paragrafen uitgewerkte varianten zijn met name gericht op varianten voor het boezemstelsel.

12.2 Variant uitbreiding bemalingscapaciteit

12.2.1 Mogelijkheden van uitbreiding

In voorgaande studies (Nota uitbreiding uit 1985) is reeds bepaald waar het beste uitbreiding van de bemalingscapaciteit kan plaatsvinden. Zonder aanpassing aan de buitensluis kan er bij Katwijk 20 m³/s bijgeplaatst worden. Bij grotere capaciteitsuitbreiding dient nagegaan te worden of de buitensluis aangepast moet worden. Al of niet verbreding van het Oegstgeesterkanaal dient bij uitbreiding overwogen te worden. Bij de noordelijke gemalen kan nog 10% uitgebreid worden = 6 m³/s zonder aanpassing aan het kanalenstelsel. Uitbreiding bij Gouda wordt niet als een voor de handliggende mogelijkheid gezien. De capaciteit van de Gouwe als toevoerkanaal is bij uitbreiding te beperkend.

Uit strategische overwegingen is er voorkeur direct naar de Noordzee te malen i.v.m. malen minst geringe afhankelijkheid van beheer op Hollandsche IJssel en Noordzeekanaal (maalstops).

Andere mogelijkheden zijn nog :

- Uitbreidingen bij Katwijk, Halfweg en Spaarndam.
- Nieuw gemaal naar Noordzee (bijv. bij Noordwijk), bijv. toepassen boortechneik door toepassen 10 km lange perskokers (bijvoorbeeld 2 x rond 5 m) onder de duinen door naar de Kagerplassen (daar staat het gemaal).
- Gemaal bij Schinkelsluis: voor grote capaciteiten geen optie i.v.m. afvoerweg door Amsterdam.

12.2.2 Uitbreiding gemaal Katwijk

Met het model is het effect van de uitbreiding van het gemaal Katwijk voor het jaar 2000, 2025 en 2050 onderzocht. Daarbij zijn beschouwd:

3. Uitbreiding naar 75 m³/s (vergroting cap. met 21 m³/s)
4. Uitbreiding naar 100 m³/s (vergroting cap. met 46 m³/s)

De resultaten van de berekeningen zijn gepresenteerd in de onderstaande tabel.

	norm		2000	2025	2050
	freq. / waterstand		freq.	freq.	freq.
huidige cap. 54 m³/s					
bollenstreek	1/10	-0,55	1/15	1/8	1/2
	1/25	-0,50	1/75	1/20	1/4
centr. v/d boezem	1/50	-0,50	1/25	1/10	1/3
	1/100	-0,45	1/80	1/20	1/5
omg. Stompwijk	1/50	-050	1/8	1/4	1/2
	1/100	-0,45	1/30	1/10	1/3
uitbr. naar 75 m³/s					
bollenstreek	1/10	-0,55	1/500	1/10	1/4
	1/25	-0,50	1/1000	1/25	1/10
centr. v/d boezem	1/50	-0,50	1/50	1/10	1/4
	1/100	-0,45	1/250	1/25	1/10
omg. Stompwijk	1/50	-050	1/10	1/4	1/2
	1/100	-0,45	1/50	1/12	1/5
uitbr. naar 100 m³/s					
bollenstreek	1/10	-0,55	nb	1/75	1/12
	1/25	-0,50		1/1000	1/50
centr. v/d boezem	1/50	-0,50	nb	1/40	1/12
	1/100	-0,45		1/200	1/30
omg. Stompwijk	1/50	-050	nb	1/8	1/5
	1/100	-0,45		1/40	1/15

nb) niet berekend

Bovenstaande laat het volgende zien:

- bij een uitbreiding naar 75 m³/s wordt in de huidige situatie met uitzondering van de regio Stompwijk aan de norm voldaan.
- in 2025 is een uitbreiding naar 75 m³/s niet genoeg om in het centrum van het gebied aan de norm te voldoen, een uitbreiding naar 100 m³/s is daarvoor noodzakelijk
- in 2050 is behalve voor de bollenstreek een uitbreiding naar 100 m³/s niet toereikend.

Uitbreiding van de capaciteit van gemaal Katwijk heeft invloed op de stroomsnelheden in de wateraanvoerende kanalen. Hoge stroomsnelheden veroorzaken de volgende effecten:

- Groot verval in de wateraanvoerende kanalen zodat waterstand in de omgeving van het gemaal te laag kan komen te staan. Een verval van tussen 0,10 m tot 0,15 m wordt als aanvaardbaar geacht. Bij een boezemstand van -0,65 m en een verval van 0,15 m is dan de waterstand bij het gemaal NAP -0,80 m. Indien er dan bij westerstorm ook nog een afwaaiing van 0,05-0,10 m in de boezem ontstaat kunnen de waterstanden in de omgeving van het gemaal tot NAP -0,90 m reiken. Dergelijke waterstanden zijn een grens ten aanzien van het ontstaan van overlast voor droogvallende sloten in de omgeving van het gemaal

een overlast bij scheefhangende woonboten. Tevens wordt met een dergelijke waterstand sterk afgeweken van het peil zoals vastgelegd in het peilbesluit.

- Kans op uitschuring van de wateraanvoerende boezemkanalen: bij stroomsnelheid boven de 0,30 m/s kan erosie in de watergangen ontstaan.
- hinder voor scheepvaart: stroomsnelheden boven de 0,30 m/s kunnen hinder voor de (plezier) scheepvaart veroorzaken, met name bij de jachthaven in de omgeving van het gemaal.

Bij de huidige afmetingen van de kanalen, waarbij het Katwijkskanaal en het Oegstgeesterkanaal nog niet op leggerafmetingen zijn gebracht, ontstaan er de volgende stroomsnelheden en vervallen naar Katwijk toe.

kanalen op huidige diepte	Katwijk 54 m ³ /s	Katwijk 75 m ³ /s	Katwijk 100 m ³ /s
verval vanaf centrum boezem naar gemaal Katwijk in m	0,13	0,24	0,47
	stroomsnelheid in m/s	stroomsnelheid in m/s	stroomsnelheid in m/s
Katwijkskanaal	0,30	0,45	0,65
Oegstgeesterkanaal	0,20	0,35	0,40
Oude Rijn	0,20	0,35	0,40
Maandagse Watering	0,15	0,20	0,30

nb. de stroomsnelheden in de tabel zijn op 0,05 m afgerond

Indien het Katwijkskanaal en het Oegstgeesterkanaal op leggerafmetingen zijn gebracht, ontstaan er de volgende stroomsnelheden en vervallen naar Katwijk toe.

Oegstgeester en katwijkskanaal op leggerafmetingen	Katwijk 54 m ³ /s	Katwijk 75 m ³ /s	Katwijk 100 m ³ /s
verval vanaf centrum boezem naar gemaal Katwijk in m	0,09	0,15	0,29
	stroomsnelheid in m/s	stroomsnelheid in m/s	stroomsnelheid in m/s
Katwijkskanaal	0,20	0,30	0,45
Oegstgeesterkanaal	0,20	0,30	0,40
Oude Rijn	0,15	0,20	0,30
Maandagse Watering	0,10	0,15	0,25

nb. de stroomsnelheden in de tabel zijn op 0,05 m afgerond

Voor een eventuele toekomstige uitbreiding van capaciteit van het gemaal Katwijk zijn langs het Katwijks- en Oegstgeesterkanaal stroken van 25 m breed gereserveerd voor een eventuele verbreding van deze kanalen.

Indien het Katwijkskanaal en het Oegstgeesterkanaal met 25 m verbreed worden en tevens op leggerdiepte worden gebracht, ontstaan er de volgende vervallen en stroomsnelheden naar Katwijk toe.

Oegstgeester en katwijkskanaal verbreed en op leggerdieptes	Katwijk 75 m ³ /s	Katwijk 100 m ³ /s
verval vanaf centrum boezem naar gemaal Katwijk in m	0,09	0,17
	stroomsnelheid in m/s	stroomsnelheid in m/s
Katwijkskanaal	0,20	0,30
Oegstgeesterkanaal	0,20	0,25
Oude Rijn	0,15	0,20
Maandagse Watering	0,10	0,15

nb. de stroomsnelheden in de tabel zijn op 0,05 m afgerond

Uit resultaten zijn de volgende conclusies te trekken:

- In de huidige situatie, met het Katwijks- en Oegstgeesterkanaal nog niet op leggerafmetingen, wordt voldaan aan de hierboven gestelde criteria (afmaling niet meer dan 0,10 m -0,15 m en stroomsnelheid lager dan 0,30 m/s).
- Bij uitbreiding naar 75 m³/s is het op leggerafmetingen brengen van het Katwijks- en Oegstgeesterkanaal juist voldoende om aan de criteria te voldoen. Verbreding van het kanaal is nog niet noodzakelijk.
- Bij uitbreiding naar 100 m³/s is het op leggerafmetingen brengen van het Katwijks- en Oegstgeesterkanaal **niet** voldoende om aan de criteria te voldoen. Verbreding van het kanaal is dan wel noodzakelijk. Hieraan moet toegevoegd worden dat er behalve de in de tabel vermelde wateren er nog meer wateren zijn, zoals de Warmonderlee, waar stroomsnelheden van orde 0,30 m/s zullen ontstaan.

12.2.3 Combinaties van uitbreiding gemaalcapaciteit

De effecten van andere combinaties van uitbreiding zoals bijv. uitbreiding bij Katwijk+uitbreiding met 6 m³/s bij Halfweg+Spaarndam (met een totaal van 21 resp. 46), of een nieuw gemaal naar de Noordzee (geboorde buis uit Kaag) zijn (nog) niet uitgerekend. Op grond van overeenkomst in ligging van de versterking van bemaling in het boezemstelsel zullen deze uitbreidingen nagenoeg dezelfde effecten op de waterstanden hebben, met andere woorden met relatief effectief op het centrum van het gebied en de bollenstreek, maar niet effectief om de omgeving Stompwijk. In deze fase van oriëntatie worden deze varianten in de beoordeling op het effect op de waterstanden gelijk beoordeeld met de variant uitbreiding alleen bij Katwijk.

Uit het oogpunt van het minimaliseren van de kwetsbaarheid is de variant met een vergroting van capaciteit naar het Noordzeekanaal minder gewenst.

12.2.4 Aanscherping normstelling en vergroting bemalingscapaciteit

Uit bovenstaande berekeningsresultaten blijkt dat bij een verscherpte normstelling voor het **begin van maalstop** naar 1/250-1/500, al in 2025 niet realiseerbaar is met een uitbreiding van Katwijk naar 100 m³/s. De bemalingscapaciteit dient dan nog verder uitgebreid te worden.

12.3 Variant berging

12.3.1 Inleiding

Naast het uitbreiden van de gemaalcapaciteit is er de mogelijkheid bergingscapaciteit van de boezem te vergroten. Het voordeel van deze oplossingsrichting is dat deze mogelijk worden gecombineerd kan worden met waterconservering (watervraag in de zomer), alhoewel beide typen berging operationeel andere eisen stellen. In principe moet berging voor waterbezwaar altijd leeg beschikbaar zijn, opdat bij groot waterbezwaar deze berging benut kan worden. Deze eisen maken dat de bergingssystemen apart aangelegd moeten worden, tenzij er aan de inrichting en het operationele beheer van de systemen speciale eisen worden gesteld.

Het nadeel van deze oplossingsrichting is het ruimtebeslag. Daarnaast is berging voor een beperkte tijd inzetbaar (is op een zeker moment vol) en daarom is het juiste moment van inzet van belang. Hierbij is berging het meest effectief als het op het moment van de piek wordt ingezet, of als er een bepaalde hoge waterstand wordt overschreden.

Er zijn verschillende manieren om de bergingscapaciteit te vergroten:

4. berging in de bestaande boezem door vergroting oppervlak en of toelaten grotere peilstijgingen;
5. Aflaten van water naar bergingsystemen in polders;
6. Vasthouden van water in (retentie) polders.

12.3.2 Vergroting berging in de boezem

Vergroting oppervlak

Vergroting van berging in de boezem door vergroting van het oppervlak bij gelijkblijvende toelaatbare maximum peilen is niet effectief. Om een verdubbeling van de (huidige) bergingscapaciteit te krijgen moet het huidige oppervlak van 4500 ha verdubbeld worden naar 9000 ha. Gezien het gevraagde ruimtebeslag en efficiëntie van benutting van de ruimte (geringe toelaatbare peilfluctuatie) wordt deze optie als inefficiënt beoordeeld.

Vergroting berging door extra toelaatbare peilfluctuatie

Een extra peilfluctuatie van 0,10 m in de boezem (dus totaal 0,20 m inclusief de huidige 0,10 m) levert orde 5 miljoen m³ extra berging op. Hierbij wordt **bijvoorbeeld** gedacht aan:

- verlaging van het winterpeil met 0,05 m, naar gemiddeld NAP -0,67 m, met een regelmarge van NAP -0,70 m tot -0,65 m
- een maximaal toelaatbare operationele stijging voor berging van 0,20 m toe naar maximaal NAP -0,45 m in het centrum van het gebied.

De volgende consequenties van de structurele verlaging van het winterpeil zullen moeten worden overzien in een procedure van een peilbesluit, in ieder geval zijn te noemen :

- heeft mogelijk gevolgen voor fundaties oude binnensteden
- mogelijk worden natuurwaarden aangetast
- scheepvaart komt nog meer in de knel op huidige knelpunten (overigens oplosbaar, door wijziging maalregime en baggerwerk)
- mogelijk te grote drooglegging bollenteelt.

Toestaan van een operationele stijging tot NAP -0,45 m betekent:

- meer overlast van bij langs boezemwater gelegen percelen
- hoge eisen aan hoogteligging kades (dienen op NAP -0,10 m te liggen)
- mogelijk partiële kadeverhoging in opwaaiingsgevoelige gebieden.
- te hoge grondwaterstanden in bollenteelt, indien berging wordt benut en boezemstanden boven NAP -0,50 komen.

In termen van normen voor de waterstanden betekent dit dat waterstanden voor de norm **begin van maalstop** aangepast worden naar NAP -0,45 en NAP -0,40 m. Bij een dergelijk beheer (streefpeil 0,05 m lager en 0,20 toelaatbare berging) en zullen de kansen van voorkomen van de waterstanden als volgt zijn.

	norm		2000	2025	2050
	freq.	waterstand	freq.	freq.	freq.
vergroting berging boezem					
bollenstreek	1/10	-0,55	1/100	1/20	1/5
	1/25	-0,50	1/1000	1/50	1/10
centr. v/d boezem	1/50	-0,45	1/250	1/50	1/10
	1/100	-0,40	1/750	1/125	1/20
omg. Stompwijk	1/50	-0,45	1/100	1/40	1/5
	1/100	-0,40	1/500	1/100	1/10

Uit de tabel blijkt dat:

- in de huidige situatie (2000) aan de norm wordt voldaan
- in 2025 aan de norm wordt voldaan maar de toetsing bij Stompwijk **kritiek** is
- in 2050 niet aan de norm kan worden voldaan

Betrouwbaar weerbericht

Stel KNMI is over ca. 10-20 jaar in staat om circa 2 dagen vooraf zeer betrouwbare weersvoorspellingen te maken over neerslaghoeveelheden. In dat geval zou in de polder en de boezem, tijdelijk in het bijzondere geval dat het nodig is (gebaseerd op een neerslagvoorspelling), enkele dagen vooraf naar een lager peil gemalen kunnen worden (bijv. in de boezem naar NAP -0,70 m). Er is dan vervolgens 0,20 m berging tot NAP -0,50 m mogelijk. De nadelen van een lager peil zijn daardoor tijdelijk en waarschijnlijk overzienbaar en minimaal. Er ontstaat in de boezem een extra bergingsmogelijkheid van 5 miljoen m³. Kosten van en dergelijke maatregel zijn minimaal (wellicht kosten investering verbeteren weerbericht mee betalen). Aanpassingen aan kades en nadelen van verlaging van peil zijn in deze variant niet van toepassing.

In termen van normen voor de waterstanden betekent dit dat waterstanden voor de norm **begin van maalstop** is weer NAP -0,50 en NAP -0,45 m. De kansen van voorkomen van de waterstanden zijn als volgt:

	norm		2000	2025	2050
	freq. / waterstand		freq.	freq.	freq.
betrouwbaar weerbericht					
bollenstreek	1/10	-0,55	*)	1/50	1/8
	1/25	-0,50		1/125	1/15
centr. v/d boezem	1/50	-0,50	*)	1/50	1/10
	1/100	-0,45		1/100	1/20
omg. Stompwijk	1/50	-0,50	*)	1/40	1/5
	1/100	-0,45		1/100	1/10

*) anno 2000 geen oplossing

Uit de tabel blijkt dat:

- in 2025 aan de norm wordt voldaan maar bij Stompwijk de toetsing *kritiek* is
- in 2050 niet aan de norm kan worden voldaan

Vergroting berging in boezem door compartimentering

Door de boezem te compartimenteren en in het compartiment veel peilfluctuaties toe te staan kan een berging systeem worden gecreëerd. In werking is een dergelijk systeem vergelijkbaar met de hierna volgende **berging in polders**. In de te realiseren voorzieningen moet het compartiment **bijvoorbeeld** als volgt gedacht worden:

- Berging in een zandwinplas bijvoorbeeld in een deel van de Kaag of Braassem, door een oppervlakte van deze wateren af te zonderen met een ringdijk. Binnen de ringdijk wordt de berging gevormd. Buiten de ringdijk blijft scheepvaart in het meer mogelijk. Gemalen en inlaten zorgen voor aan en afvoer van het geborgen water. Desnoods wordt een sluis gemaakt voor de pleziervaart.

12.3.3 Bergingsystemen buiten de boezem in polders door tussenboezem of inundatiepolder

Bergingsystemen kunnen ook buiten de boezem in polder(s) gezocht worden door indien nodig water uit de boezem af te laten in a) een te inunderen droge polder of b) in een plas die vervolgens een peilstijging ondergaat. Het effectiviteit van een bergingspolder is afhankelijk van de locatie. Wanneer de bergingspolder zich in het midden van het beheersgebied bevindt, kan het water van alle zijden toestromen. Wanneer de polder zich aan de rand van het gebied bevindt, kan deze bijvoorbeeld worden ingezet om opwaaiingseffecten te bestrijden.

Door dit type berging bij het bereiken van een bepaalde waterstand in te zetten, bijvoorbeeld als waterstand NAP -0,50 m of NAP -0,45 m is, kan steeds aan de norm ten aanzien van begin van maalstop worden voldaan onder voorwaarde dat het beschikbare volume van de berging toereikend is.

Deze variant biedt geen verbetering voor de norm van de belemmerde ontwatering in de bollenstreek, tenzij de berging bij al bij lagere waterstanden wordt ingezet. Wordt dit gedaan dan is er het risico dat de berging al "vol" is voordat de piek van het waterbezwaar zich aandient. De berging is dan nutteloos.

In deze rapportage is bij wijze van **oriëntatie** aan de volgende locaties te denken:

- Binnenpolder;
- Driemanspolder;
- Haarlemmermeerpolder.

De Binnenpolder

Toepassing van berging in de Binnenpolder (of een andere polder in de omgeving Bodegraven) is gebaseerd op de volgende gedachten:

- tijdelijk bergen van het water afkomstig van het gebied van Woerden
- verlaging of lage waterstanden in rijnlandsboezem bij Bodegraven verlaagt tevens de waterstanden in de boezem van Woerden, en verlaagt daarmee ook de kans op maalstops in die boezem.

Toelichting

In delen van het boezemstelsel van Woerden, dat bij Bodegraven op Rijnlandsboezem loost, wordt thans bij waterbezwaar regelmatig de waterstand incidenteel zo hoog dat maalstops moeten worden afgekondigd. Een

lagere waterstand bij Bodegraven in rijnlandsboezem door de inzet van een berging, veroorzaakt een nagenoeg evenredige verlaging van de waterstand in de boezem van Woerden.

De Binnenpolder (450 ha) ligt direct aan de Oude Rijn, is relatief onbewoond en heeft uitgaande van het gemiddelde maaiveld niveau van -1,70 m NAP, en met inundatie tot aan boezempeil $\pm 5,00$ miljoen m³ berging beschikbaar.

Driemanspolder

Momenteel wordt in het kader van de "Groen Blauweslinger" de mogelijkheid onderzocht de Driemanspolder op grond van planologische overwegingen onder water te zetten. De Driemanspolder ligt in de buurt van Stompwijk en zou daarmee kunnen dienen als overlaat voor de boezem, zodat de waterstanden in de omgeving van Stompwijk beheersbaar blijven. In dit geval zou tijdelijk de waterstand in de nieuw aan te leggen plas moeten oplopen. Het natte oppervlak van de inrichting van de polder is nog niet bepaald. Stel er is ± 300 ha. beschikbaar en er van uitgaande dat er tijdelijk 0,5 m water kan worden geborgen, bedraagt de totale berging $\pm 1,5$ miljoen m³.

Een mogelijke oplossing zou er als volgt uit kunnen zien:

Een koppeling ter plaatse van de splitsing KJ Koenensloot / Meer- of Buurwatering met de bergingspolder. Deze koppeling zou bijvoorbeeld kunnen bestaan uit een inlaat die inwerking treedt als het boezempeil in deze omgeving NAP -0,45 m NAP bereikt. Uit berekeningen blijkt dat de capaciteit van de inlaat minimaal 10 m³/s moet zijn om wezenlijke waterstands dalingen te kunnen veroorzaken. Een berging met een volume van 1,5 miljoen m³ en een inlaat van 10 m³/s, kan gedurende maximaal ca. 42 uur ingezet worden. Daarna is de berging vol.

Haarlemmermeerpolder

Het zuidelijk deel van de Haarlemmermeerpolder is een geschikte locatie vanwege de centrale ligging, en omdat dit een diepe polder is. Door de diepe ligging kan op een kleiner oppervlak meer berging gerealiseerd worden. Ook kan gezien de ligging in de boezem het effectief de waterstand in de bollenstreek worden beïnvloed. Uitgaande van bijvoorbeeld 200 ha en het maaiveld op ± -4.50 m NAP is er bij inundatie tot boezempeil ca. 8 miljoen m³ beschikbaar.

Het benodigde volume de kans van voorkomen van benodigde inzet van de berging is in de onderstaande tabel weergegeven.

	2000	2025	2050
inzet berging bij waterstand	freq. inzet berging	freq. inzet berging	freq. inzet berging
bollenstreek bij NAP - 0,50 m	1/75	1/20	1/4
centr. v/d boezem bij NAP -0,45 m	1/80	1/20	1/5
omg. Stompwijk bij NAP -0,45 m	1/30	1/10	1/3
benodigd totaal bergings volume in miljoen m ³	ca. 2	ca. 3	ca. 5

De tabel laat zien dat in 2025 en 2050 de bergingsystemen frequenter worden aangesproken. Of dit gewenst is indien deze bergingsystemen ook een ander functie vervullen is punt van nadere afweging.

12.3.4 Aanscherping normstelling en berging

Indien bij verscherpte normstelling **begin maalstop** naar 1/250-1/500 wordt overgegaan, zal het benodigde bergingsvolume moeten toenemen. Naar schatting wordt dan het volume zoals hieronder in de tabel aangegeven.

	2000	2025	2050
benodigd totaal bergings volume in miljoen m ³ bij norm 1/250 -1/500	ca. 4	ca. 6	ca. 7

12.3.5 Bijkomende voorzieningen bergingspolders

Om een bergingsysteem te kunnen vullen dient er een inlaat met voldoende capaciteit te zijn. Geschat wordt dat het totaal benodigde volume in 2x24 uur gevuld moet kunnen worden, dit vraagt een inlaatcapaciteit van ca. 6 m³/s per miljoen m³. De vereiste ledigingstijd van de berging wordt gesteld op 10 dagen, hetgeen een pompinstallatie van ca. 1 m³/s per 1 miljoen m³ berging vraagt..

12.4 Combinatie van extra bemaling en berging

De combinatie van extra berging en bemaling door uitbreiding van Katwijk naar 75 m³/s laat de volgende resultaten zien. Waterstanden zijn weer beheersbaar omdat bij een bepaalde waterstand de berging wordt ingezet. De frequentie van inzet van berging is geringer dan bij de variant van berging alleen en het benodigde volume is eveneens geringer.

Het benodigde volume de kans van voorkomen van benodigde inzet van de berging **in combinatie met een capaciteitsuitbreiding bij Katwijk 75 m³/s** is in de onderstaande tabel weergegeven.

	2000	2025	2050
inzet berging bij waterstand	freq. inzet berging	freq. inzet berging	freq. inzet berging
bollenstreek bij NAP - 0,50 m	1/500	1/25	1/10
centr. v/d boezem bij NAP -0,45 m	1/400	1/25	1/10
omg. Stompwijk bij NAP -0,45 m	1/40	1/12	1/5
benodigd totaal bergings volume in miljoen m ³	ca. 1	ca. 2	ca. 4

12.5 Sturingsmaatregelen in afvoer van polders

Via sturingsmaatregelen in de afvoer van de polder naar de boezem zijn maatregelen te treffen. Gedacht wordt aan twee maatregelen:

- Een "stop" op verdere uitbreiding bemalingscapaciteit polderbemaling. Eerder is aangetoond dat de toename van het waterbezwaar naar de boezem deels ontstaat doordat er een "opvulling" van de norm zal plaats kunnen vinden. Indien deze "opvulling" niet plaatsvindt zal het waterbezwaar in de boezem minder groot zijn maar nog steeds toenemen vanwege het boezemland en het feit dat de maximale polderbemalingscapaciteit frequenter ingezet zal worden. De maximaal mogelijke afvoer wordt dan vaker bereikt. Er zal tevens meer berging in ieder polder afzonderlijk gezocht moeten worden. Voorgesteld wordt deze variant in de tweede fase van de studie, samen met de Inliggende Waterschappen te onderzoeken.
- Op operationeel gebied kan door tijdelijke beperking van inzet van polderbemaling reductie in de afvoer naar de boezem gevonden worden. Bij waterbezwaar wordt de bergingsruimte in de polder benut daar waar dat nog mogelijk is. Deze ruimte zou aanwezig kunnen zijn omdat er spreiding van neerslag in het gebied

is. Niet iedere polder hoeft zijn volledige bemalingscapaciteit dan te benutten, maar kan in plaats daarvan tijdelijk water bergen. Feitelijk is er dan sprake van een vroegtijdig partiele maalbeperking/maaltstop, waarmee dan toevoer naar de boezem deels wordt beperkt. Naar alle waarschijnlijkheid zal deze werkwijze in de extreme situaties geen oplossing bieden omdat dan waarschijnlijk overal in de polder wateroverlast verwacht kan worden. Voorgesteld wordt ook deze variant in de tweede fase van de studie, samen met de Inliggende Waterschappen nader te onderzoeken.

12.6 Maatregelen in het boezemland

In de analyse van het falen blijkt dat voor de bollenteelt toepassing van de normering eisen stelt aan te nemen maatregelen. Afkoppelen van het systeem (inpolderen) is dan vanuit deze optiek een gedachte. Nadere beschouwing leert dat ondanks een dergelijke maatregel er nog steeds vanwege de norm **begin van maaltstop** maatregelen genomen moeten worden. Daarnaast zijn er in de nieuw te vormen polder maatregelen nodig om aan de norm **belemmerde ontwatering** te voldoen. Voorgesteld wordt ook deze variant in de tweede fase van de studie, samen met de Inliggende Waterschappen te onderzoeken.

13. KOSTEN

In dit hoofdstuk worden de kosten van de onderzochte maatregelen vermeld. Deze kosten zijn *indicatief*, en dienen in een later stadium beter geschat te worden.

Gebruik is gemaakt van de volgende kentallen:

- uitbreiding (boezem)bemalingscapaciteit : fl 1.000.000,- per m³/s
- inlaatvoorzieningen : fl 200.000,- per m³/s
- verbreding verdieping bestaand boezemkanaal : fl 8.000.000,- per km +)
- inrichting bergingspolder incl. kades (excl. inlating en bemaling) : fl 400.000,- per ha *)
- kades nieuw aan te leggen ringdijk : fl 2.000.000,- per km
- verhoging bestaande boezemkaden : fl 200.000,- tot 1.000.000,- per km

+) cijfers gebaseerd op kosten verbreding Oegstgeesterkanaal (exclusief kosten verbreding bruggen en afkoop erfpacht), met daarbij rekening houdend 50% van de grond **niet geschikt** voor hergebruik is en dat deze grond gereinigd of afgevoerd moet worden (deze kostenpost draagt voor 60% bij aan de totale kosten!)

*) cijfers van DLG en Grontmij bij raming van kosten inrichting berging in polder Tempel-Middelburg en Driemanspolder geven orde fl 200.000,- ha.

1. Kosten uitbreiding katwijk

• 1.a Uitbreiding katwijk naar 75 m³/s vergroting capaciteit met 21 m³/s:

geen bijkomende maatregelen:

kosten gemaal	fl 21.000.000,-
baggeren Oegstgeesterkanaal	fl 9.000.000,-
Baggeren Katwijkskanaal	fl 26.000.000,-

totaal	fl 56.000.00,-

• 1.b Uitbreiding katwijk naar 100 m³/s vergroting capaciteit met 46 m³/s:

kosten gemaal	fl 46.000.000,-
baggeren Oegstgeesterkanaal en katwijkskanaal	fl 35.000.000,-
verbreding Oegstgeesterkanaal en katwijkskanaal , totaal 6000 m :	fl 48.000.000,-
aanpassing buitensluis aan capaciteit 100 m ³ /s	fl 4.000.000,-

totaal	fl 133.000.000,-

*) exclusief kosten aanpassen bruggen en afkoop erfpacht

2. Kosten vergroting berging boezem

Door hoger toelaatbaar peil tijdens benutting operationele berging tot NAP hogere eisen aan kruinhoogte en stabiliteit boezemkaden. Stel 1/4 deel van de kades moet dan verbeterd worden, kosten:

- verbeteren en verhogen 1/4 (veronderstelling!) deel van de kades ca. 200 km : fl 40.000.000,- tot fl 200.000.000,-

3. kosten verbeterd weerbericht

kosten nihil

4. Bergingspolders

• 4.a Binnenpolder ca. 450 ha, ca. 5 miljoen m³

kosten inrichting en aankoop :	fl 180.000.000,-
inlaat en bemaling 30 m ³ /s, resp. 5 m ³ /s:	fl 11.000.000,-

totaal	fl 191.000.000,-

- 4.b Driemanspolder, ca. 300 ha, ca. 1,5 miljoen m³**

kosten inrichting en aankoop :	fl 120.000.000,-*)
inlaat en bemaling 10 m ³ /s, resp. 2 m ³ /s:	fl 4.000.000,-

totaal	fl 124.000.000,-

*) Hier is om andere reden al een inrichting van een watersysteem, kosten en inrichting zijn daarmee niet alleen ten laste van de waterbeheerder. **De kosten voor Rijnland zullen hiermee lager zijn**, en orde f 10.000.000,- bedragen

- 4.c Haarlemmermeerpolder, ca 200 ha, ca. 8 miljoen m³**

kosten inrichting en aankoop :	fl 80.000.000,-
inlaat en bemaling 48 m ³ /s, resp. 8 m ³ /s:	fl 18.000.000,-

totaal	fl 88.000.000,-

14. BEOORDELING MAATREGELEN NAAR OVERIGE ASPECTEN

Naast het kostenaspecten moeten de maatregelen ook beoordeeld worden naar, voldoen aan normering, haalbaarheid ("Nimby-effect"), realisatietijd en aantrekkelijkheid ten aanzien een eventuele meerwaarde/multifunctionaliteit van het watersysteem (recreatie, ecosysteem). Het laatste aspect van aantrekkelijkheid *kan ontstaan* indien bergingsystemen aantrekkelijk ingericht worden, bijvoorbeeld als recreatieve waterpartij zoals bijv. bij de Driemanspolder). In de onderstaande tabel zijn deze per jaar 2000, 2025 en 2050 positief, neutraal of negatief gescoord.

	kosten in miljoen fl	voldoet aan normering			haalbaarheid			realisatietijd			aantrekkelijkheid		
		2000	2025	2050	2000	2025	2050	2000	2025	2050	2000	2025	2050
1.a. uitbreiding katwijk tot 75 m ³ /s	56	+/*	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-
1.b. uitbreiding katwijk tot 100 m ³ /s	133	+	+/-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-
2. vergroting berging boezem (verh. kades)	40-200	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. verbeteren weerbericht	nihil	nvt.	+	-	-	+?	+?	-	+?	+?	-	-	-
4.a Binnenpolder (5 miljoen m ³)	191	+/*	+/*	+/*	-	+	+	-	+?	+?	+	+	+
4.b Driemanspolder (1,5 miljoen m ³)	124 (**)	+/*	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+
4.c. Haarlemmermeerpolder (8 miljoen m ³)	88	+/*	+/*	+/*	-	+	+	-	+?	+?	+	+	+
5. combinatie 1a.+ 4.b	180	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6. combinatie 1.a+4.b+4.a of 4.c	350	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+

(**) kosten totale inrichting en aankoop gronden, kosten voorzieningen alleen voor berging waterbezwaar ca.

f 10 miljoen

+/-) niet in Stompwijk en bollenstreek

+/*) niet effectief bij Stompwijk

+/-* wel effectief bij Stompwijk maar niet toereikend voor de gehele boezem

Nader toelichting bij de scoring in de tabel:

- bij haalbaarheid wordt negatief gescoord indien er ruimte voor water en kades nodig is, met al zijn consequenties, van verlenging bruggen, kadeverbetering bij lintbebouwing, enz.
Uitzondering in de beoordeling hierop vormt de Driemanspolder, want daar is het proces reeds al ver gevorderd. Op lange termijn wordt ruimte voor water wel haalbaar beoordeeld als resultante van thans opgestarte discussie in de RO.
- realisatietijd hangt met name samen met procedures/acceptatie van gekozen oplossingen. Berging wordt anno 2000 wordt nog niet direct realiseerbaar geacht, op lange termijn wel.

Uit de tabel blijkt dat:

- voor het jaar 2000, de combinatie van uitbreiding van Katwijk tot 75 m³/s met de berging in de Driemanspolder, wat betreft voldoen aan normering, haalbaarheid en aantrekkelijkheid het beste scoort.
- in 2025 en 2050 is er een "beste" maatregel is door nog een extra berging in te zetten (combinatie 6)

15. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

15.1 Conclusies

Op basis van de in deze studie gehanteerde rekenmethodiek, voorgestelde normering en mogelijke maatregelen worden de volgende conclusies geformuleerd:

Ten aanzien van de gehanteerde rekenmethoden

- De met de modelberekeningen bepaalde extreme waterstanden bij groot waterbezwaar zijn vermoedelijk lichte overschattingen van de werkelijke situatie, omdat in vergelijking met meetwaarden het model gemiddeld 10% grotere waterbezwaren berekent.
- Er is een bepaalde onnauwkeurigheid in de bepaling van de kans van voorkomen van extreme waterstanden en waterbezwaren
- De totale kans op extreme situaties wordt significant groter door een zekere kans op samenvallen van (gedeeltelijk) gestremde afvoer van de boezemgemalen (met name door terugloop van de beschikbaar nominale capaciteit) en groot waterbezwaar.

Ten aanzien van normering wordt het volgende geconcludeerd:

De boezembemaling kan "falen" ten aanzien van twee aspecten:

1. overlast en of schade door hoge grondwaterstanden in het boezemland, die worden veroorzaakt door hoge standen van het oppervlaktewater, ofwel de hoge waterstand beïnvloedt/belemmert de *ontwatering*.
2. het moeten instellen van partiele of volledige maalstops voor polderbemaling ter vermindering van het risico van kadebreuk

Inundatierisico (anders dan door kadebreuk in de polder) is in het boezemland wel aanwezig, maar alleen in zeer uitzonderlijke gevallen waarbij maalstops en maatregelen in calamiteitenplannen falen. Dit aspect is hier niet nader beschouwd.

Op grond kenmerken van het systeem blijkt dat drie delen van de boezem afzonderlijk beschouwd moeten worden namelijk:

1. Nieuwe Wetering als representatief voor het centrum van het boezemstelsel met kans op het moeten instellen van maalstops
2. De bollenstreek bij de Zilk als representatief voor de noordelijke bollenstreek, in verband met belemmerde ontwatering
3. Omgeving Stompwijk als representatief voor het opwaaiingsgevoelige gebied in de regio Zoetermeer.

Analyse van waterstanden in de omgeving van het opwaaiingsgevoelige gebied bij Aalsmeer laat zien dat deze in de extreme waterstanden vergelijkbaar is met die van Nieuwe Wetering, en worden als zodanig verder niet beschouwd.

Ter beoordeling van de capaciteit van de boezem bij de verwerking van waterbezwaar wordt voorgesteld een gedifferentieerde normering te hanteren met:

- een **range** van overschrijdingsfrequenties van bijvoorbeeld 1/50-1/100.
toelichting
Er wordt voor een range gekozen en niet voor één waarde omdat a) de kansbepaling onnauwkeurigheden kent en b) verschil in orde grootte van (in dit geval) veroorzakende waterbezwaren bij die kansen van voorkomen ook van de zelfde orde grootte zijn
- een **range** van waterstanden van bijvoorbeeld NAP -0,50 tot NAP -0,45 m bijbehorende bij de range van overschrijdingsfrequenties
toelichting
Ook hier wordt gekozen voor een range en niet voor één waarde, omdat bij het overschrijden waterstanden bij die range begin van overlast/schade gaat ontstaan. Er is geen duidelijke grens (één waterstand) die kan worden aangewezen waarbij bij overschrijding overlast en schade zal optreden. Daarnaast is de bepaling van de waterstand, uit meting of uit (model)berekening aan onnauwkeurigheid onderhevig.

Toetsing van de norm geschiedt als volgt:

- zijn de kansen van voorkomen van de gehele de range van waterstanden altijd kleiner dan de gestelde range van overschrijdingskansen, dan voldoet het systeem aan de gestelde normen

- is de kans van voorkomen van waterstanden deels groter dan de gestelde overschrijdingskans; de toetsing **voldoet nog** maar het systeem wordt **kritiek**.
- is de kans op voorkomen van de gehele range van waterstanden groter dan de gestelde range van overschrijdingskansen, dan voldoet het systeem niet aan de gestelde norm.

Is andere (bijv. strengere) normering gewenst, dan dient deze significant anders te zijn, omdat anders het verschil teveel een schijn van extra zekerheid biedt. Voor de afkondiging van maaltops betekent dat bijvoorbeeld een aanpassing van de norm naar de range van 1/250-1/500.

De volgende normen worden voorgesteld

Norm	range van overschrijdingskansen	range van waterstanden in m NAP
Belemmerde ontwatering	1/10 - 1/25	-0,55 tot -0,50
Begin van maaltop	1/50 - 1/100	-0,50 tot -0,45
<i>Verscherpte norm maaltop</i>	<i>1/250-1/500</i>	<i>-0,50 tot -0,45</i>

Bij toetsing van de normen in de huidige situatie en in de jaren 2025 en 2050 ontstaat het volgende beeld:

- In huidige situatie (jaar 2000) in de bollenstreek het systeem aan de toetsing voldoet, dat in het centrum van de boezem de toetsing **kritiek** is en **niet voldoet** in de omgeving van Stompwijk. Gecombineerd met de verhoogde kwetsbaarheid doordat er een kans is dat de bemaling deels belemmerd is tijdens waterbezwaar, kan op grond daarvan geconcludeerd worden dat er voor de huidige situatie al maatregelen gewenst zijn.
- Zonder maatregelen wordt in de jaren 2025 en 2050 nergens aan de norm voldaan.

Ten aanzien de beoordeling van de mogelijk te nemen maatregelen wordt het volgende geconcludeerd:

- Voor het jaar 2000 is de combinatie van uitbreiding van Katwijk tot 75 m³/s met de berging in de Driemanspolder, wat betreft voldoen aan normering, haalbaarheid en aantrekkelijkheid de beste combinatie van maatregelen.
- In 2025 en 2050 is een er een "beste" maatregel is door boven de genoemde maatregelen nog een extra bergingsstelsel in te zetten

15.2 Aanbevelingen

Op grond van de in deze studie gehanteerde rekenmethoden en gehanteerde normering wordt vastgesteld dat in de huidige situatie (jaar 2000) in extreme situaties de huidige verwerkingscapaciteit (bemaling plus berging) een kritieke grens bereikt wordt. Met name door de kans dat de nominaal beschikbare bemalingscapaciteit tijdens een groot waterbezwaar niet optimaal ingezet kan worden bereikt de kans op falen van de verwerkingscapaciteit een kritieke grens. Op grond daarvan wordt aanbevolen de volgende maatregelen te overwegen:

- De capaciteit van het gemaal Katwijk uit te breiden naar minimaal 75 m³/s of een bergingslocatie in te richten.
- Op korte termijn hierover planstudies uit te voeren.
- Op basis van deze planstudies tot een keuze te komen
- Omdat uitbreiding met alleen bemalingscapaciteit alleen geen oplossing is voor het voorkomen van ongewenst hoge waterstanden in de omgeving Stompwijk en voor de jaren 2025 en 2050; wordt aanbevolen de reeds in gang gezette initiatieven voor een bergingsmogelijkheid in de Driemanspolder samen met de Provincie Zuid-Holland en het Waterschap Wilck en Wiericke verder uit te werken
- In het licht van het voorgaande de discussie in de ruimtelijke ordening over ruimte voor waterberging de komende tijd voort te zetten (met als eerste door het aangeven van bergingsmogelijkheden in de waterkansenkaarten), ten einde in de toekomst de mogelijkheid te hebben om noodzakelijke extra bergingslocaties te kunnen inrichten.
- De mogelijkheden tot het treffen van maatregelen voor de lange termijn (uitwerking diverse varianten van bergingsmogelijkheden en aanpassingen polder-boezembemaling) nader uit te werken, in de tweede fase van deze studie samen met de waterschappen Wilck en Wiericke, de Oude Rijnstromen en Groot Haarlemmermeer.
- In deze tweede fase van de studie met name ook de resultaten, waaronder normering en rekenmethodiek, en aanbevelingen van de Commissie Waterbeheer 21 eeuw te verwerken.

- In geval van uitbreiding van het gemaal Katwijk is het volgens de huidige inzichten noodzakelijk dat het Oegstgeesterkanaal en Katwijkskanaal op (legger)diepte worden gebracht. Verbreding van het kanaal is noodzakelijk bij uitbreiding bij een capaciteit boven de 75 m³/s.
- De uitbreiding van het gemaal en bestaande installatie (door renovatie), de installatie zodanig te ontwerpen (of de mogelijkheid daarvan te onderzoeken) dat terugloop in capaciteit bij hoge zeestanden van het gemaal zo klein mogelijk is, en dat bovendien de bemaling mogelijk blijft bij stormvloed (hoogwaterkering bij het gemaal)

16. LITERATUURLIJST

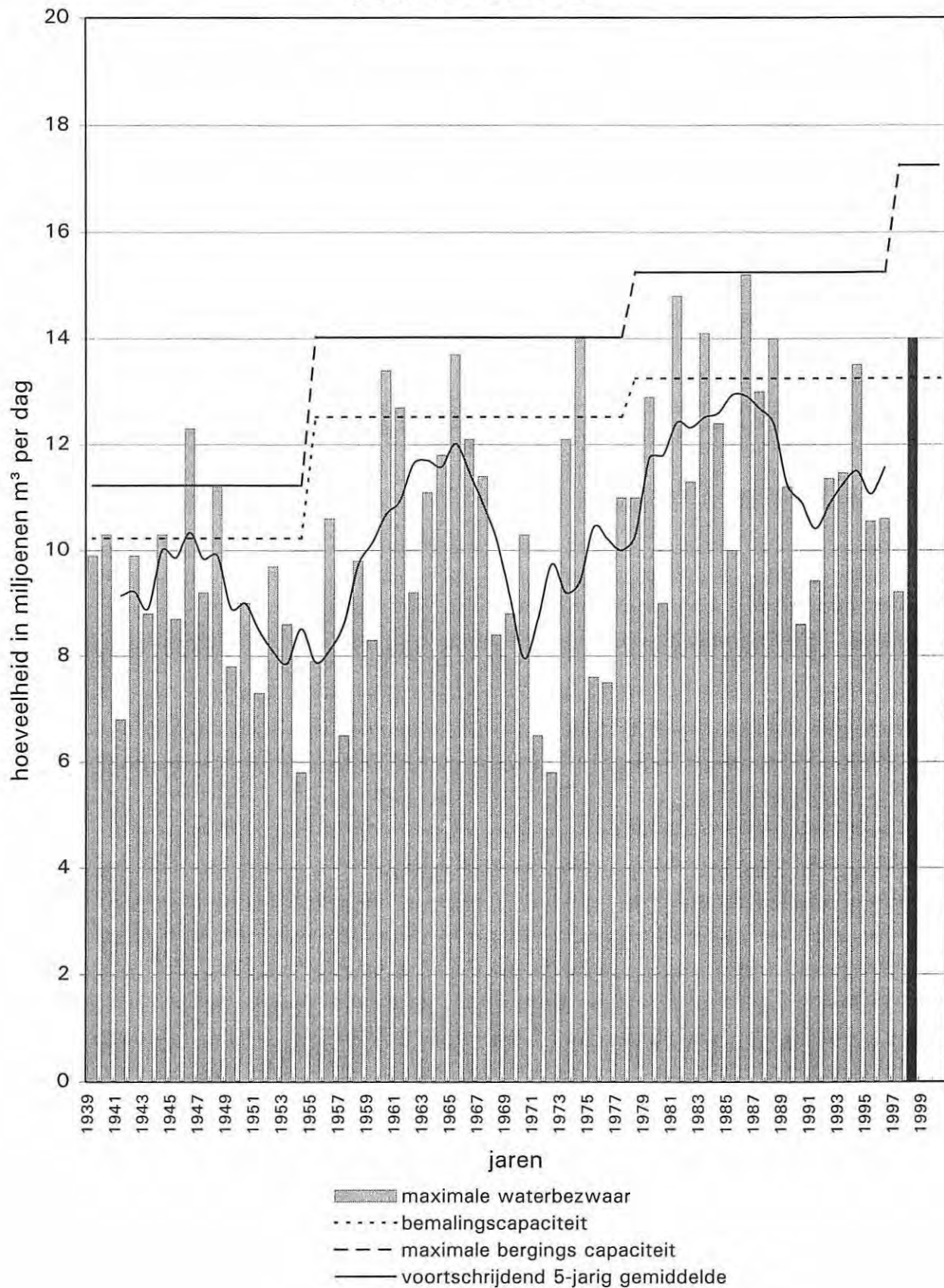
- Hoogheemraadschap van Rijnland; Inundatiepolders, 1998
- Hoogheemraadschap van Rijnland; Calamiteitenplan Rijnland, 1998
- Hoogheemraadschap van Rijnland; Nota toekomstige bemalingscapaciteit, 1985 (Riemens)
- Hoogheemraadschap van Rijnland, WBP-2000, 1999
- Hoogheemraadschap van Rijnland; Rijnlands Boezem, 1975 (De Gruyter)
- KNMI; T.A. Buishand en C.A. Velds, Neerslag en verdamping, 1981
- Rijkswaterstaat; Veiligheidsstudie watersystemen Vecht & Amstel en ARK/NZK, 1999
- Rijkswaterstaat; Beschikbaarheidsanalyse gemaal IJmuiden, 1997
- Cultuurtechnische vereniging; Cultuurtechnisch vademecum, 1998
- E. Peijnenborgh; Afstudeerverslag analyse van het polder- en boezemsysteem van Rijnland, 1997
- CUR, DG-Rijkswaterstaat, Kansen in de civiele techniek, deel 1, Probabilistisch ontwerpen in theorie, 1997
- WL/SC-DLO; Normen voor Waterbeheer op welke gronden?, oktober 1999
- KNMI; De toestand van het klimaat in Nederland 1999
- IPO, WL/delft Hydraulics-Alterra, Landelijk onderzoek naar mogelijkheden voor waterberging voor wateroverlast, 1999
- Crisis Onderzoek Team (COT) Universiteit van Leiden, Extreme regen 1998, Schurende ketens in het waterbeheer binnen het openbaar bestuur, 1999

17. BIJLAGEN

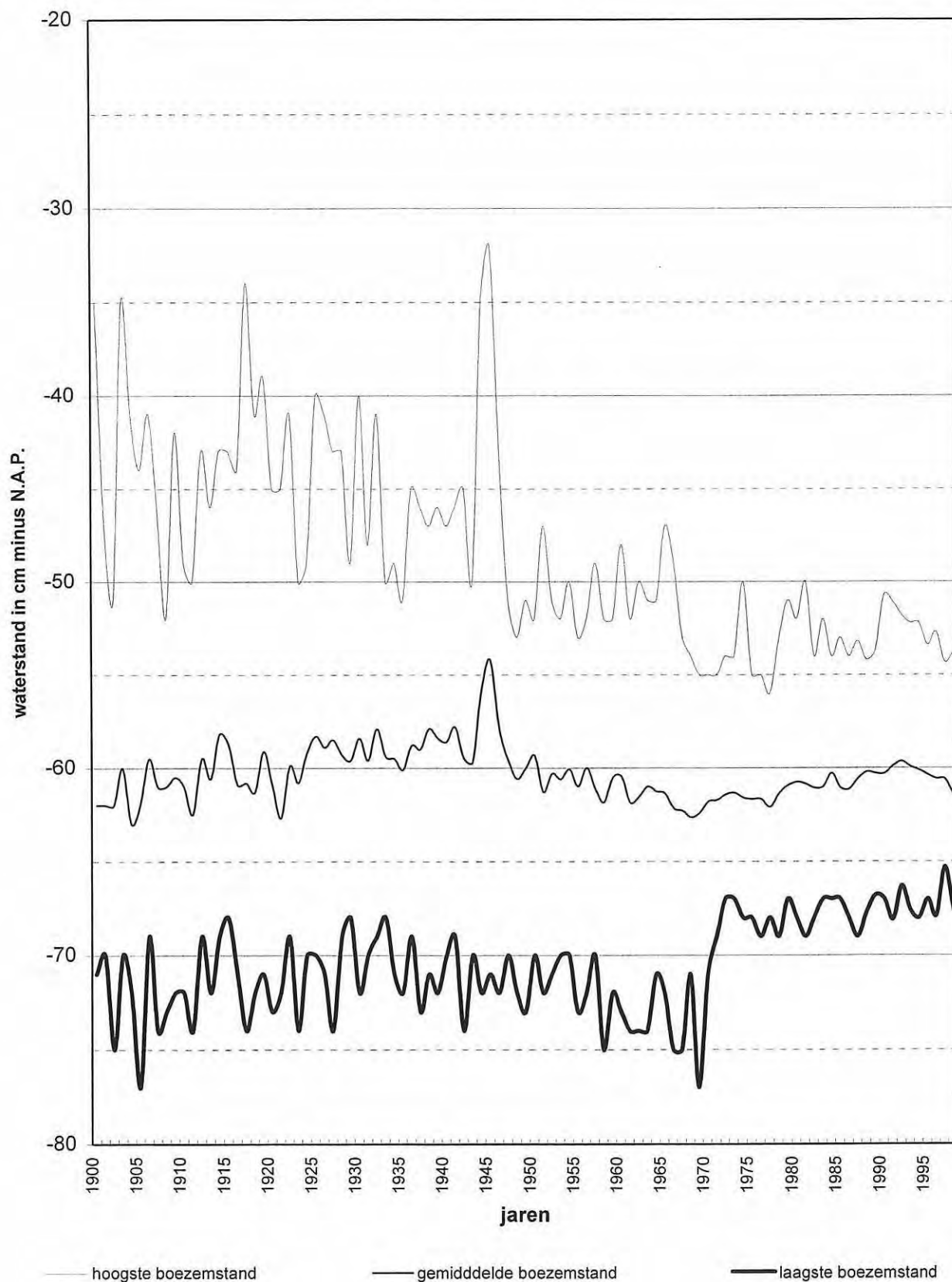
Figuren

- Jaarlijks maximale waterbezwaren
- Overzicht boezemstanden
- Maximale dag neerslagen
- Gebruikte neerslag gegevens 1951-1997
- Vergelijking gemeten en berekende waterbezwaren
- Percentuele afwijking gemeten en berekende waterbezwaren
- Gumbelverdeling waterbezwaren jaar 2000
- Gumbelverdeling waterstanden jaar 2000
- Gumbelverdeling waterbezwaren jaar 2025
- Gumbelverdeling waterbezwaren jaar 2050
- Gumbelverdeling waterstanden jaar 2025
- Gumbelverdeling waterstanden jaar 2050
- Gumbelverdeling waterstanden jaar 2000, Katwijk 75 m³/s
- Gumbelverdeling waterstanden jaar 2000, Katwijk 75 m³/s
- Gumbelverdeling waterstanden jaar 2050, Katwijk 75 m³/s
- Gumbelverdeling waterstanden jaar 2025, Katwijk 100 m³/s
- Gumbelverdeling waterstanden jaar 2050, Katwijk 100 m³/s

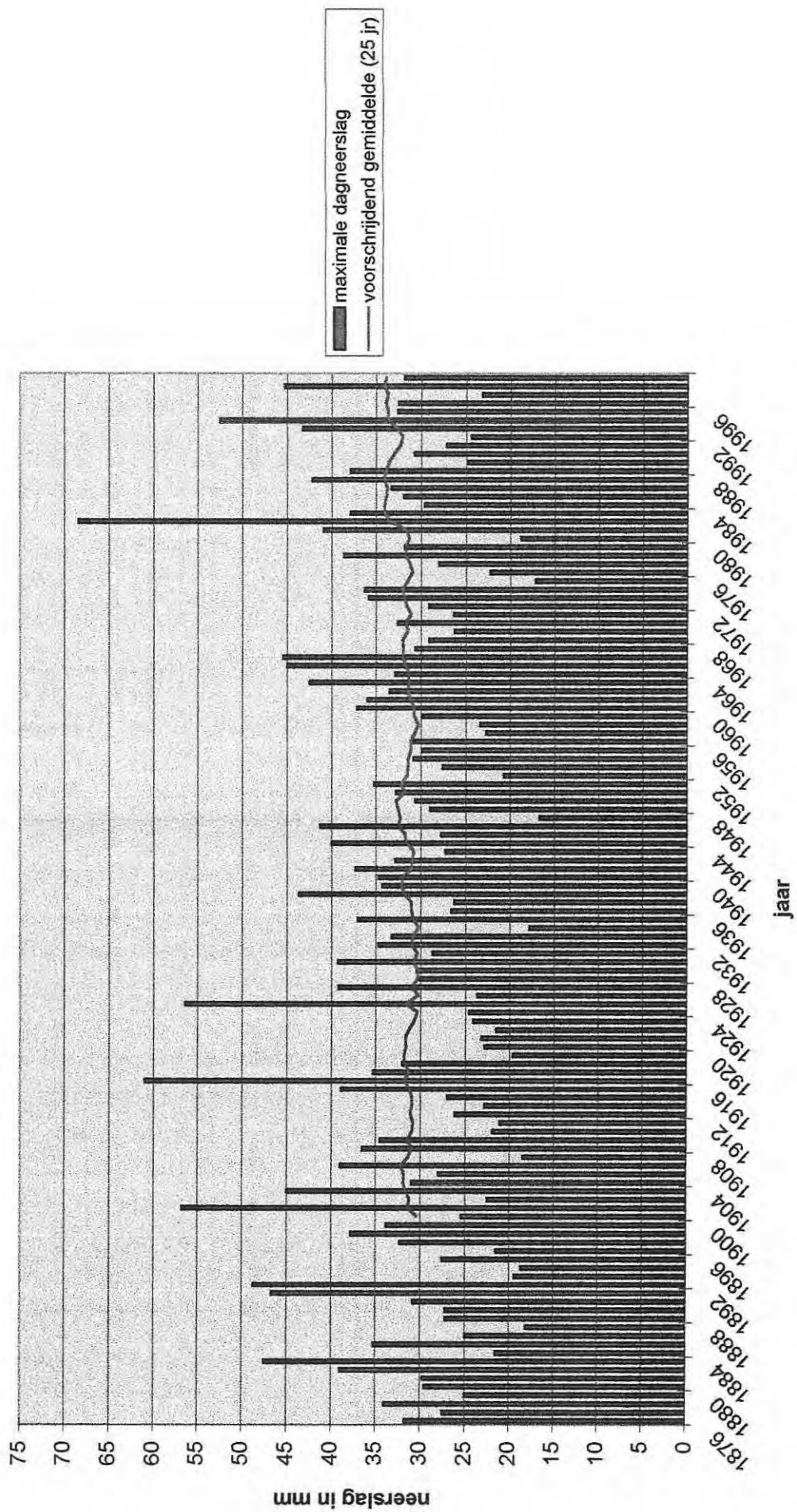
JAARLIJKSE MAXIMALE WATERBEZWAREN periode 1939-1998



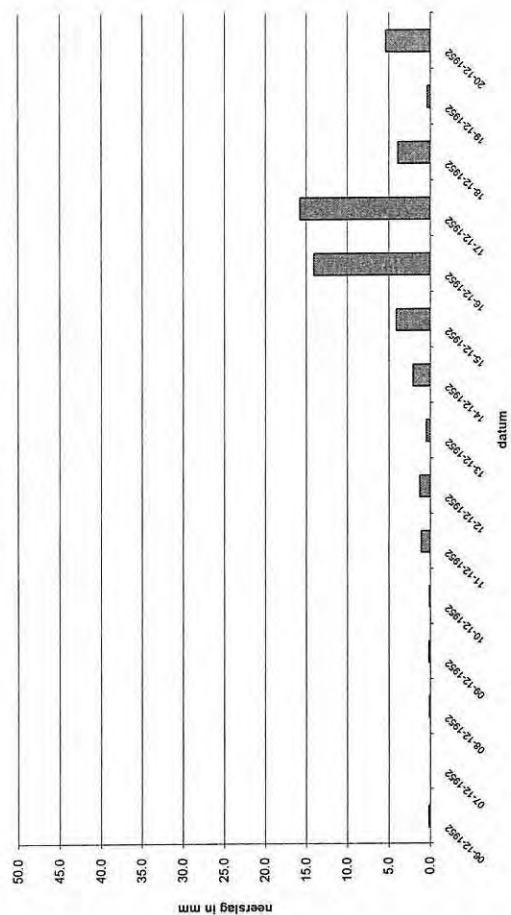
Overzicht Boezemstanden Oude/Nieuwe Wetering **periode 1900-1998**



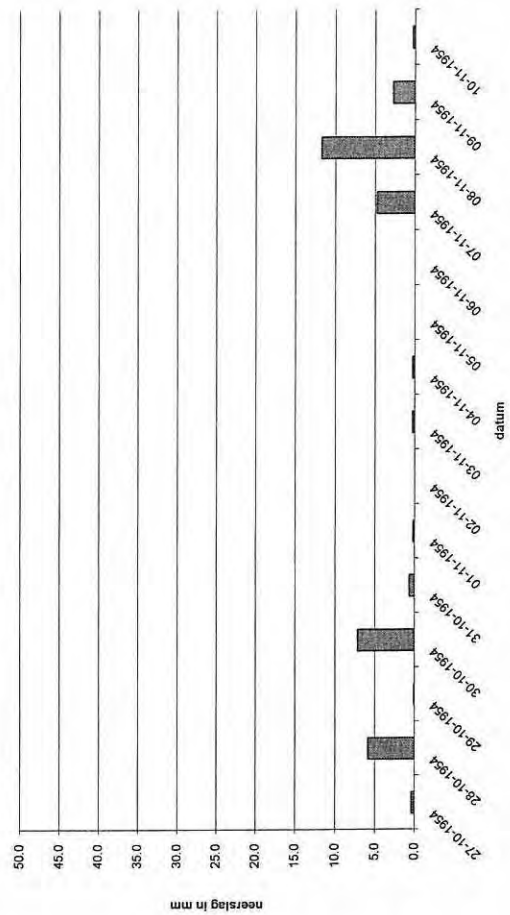
Maximale dagneerslag per jaar periode 1876 - 1999



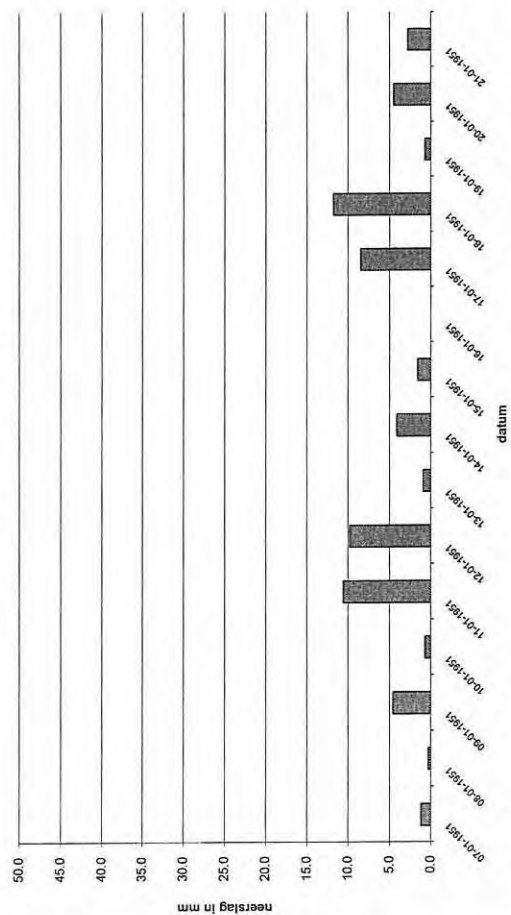
1952 totale neerslag = 49.3 mm



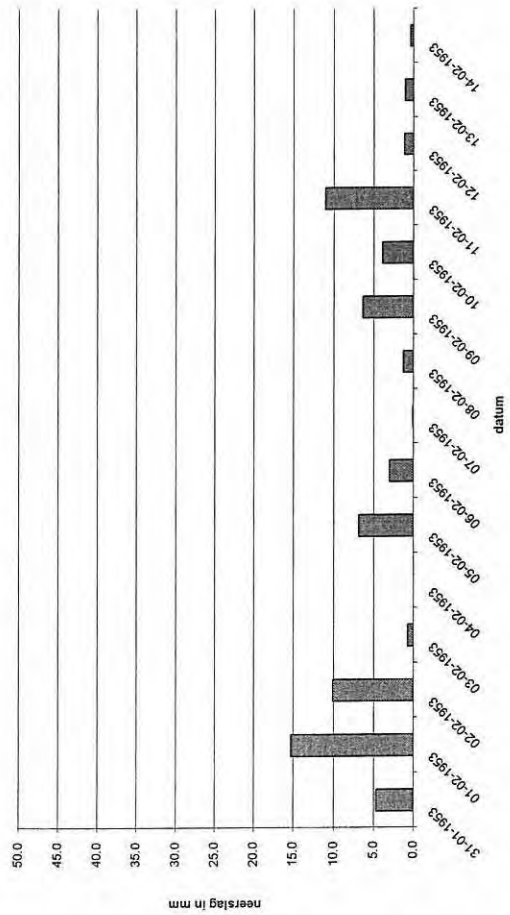
1954 totale neerslag = 34.8 mm



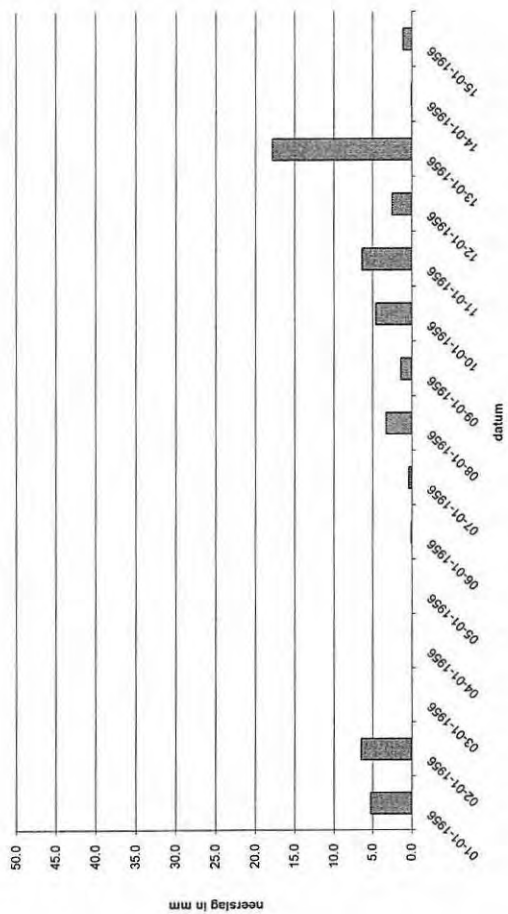
1951 totale neerslag = 62.1 mm



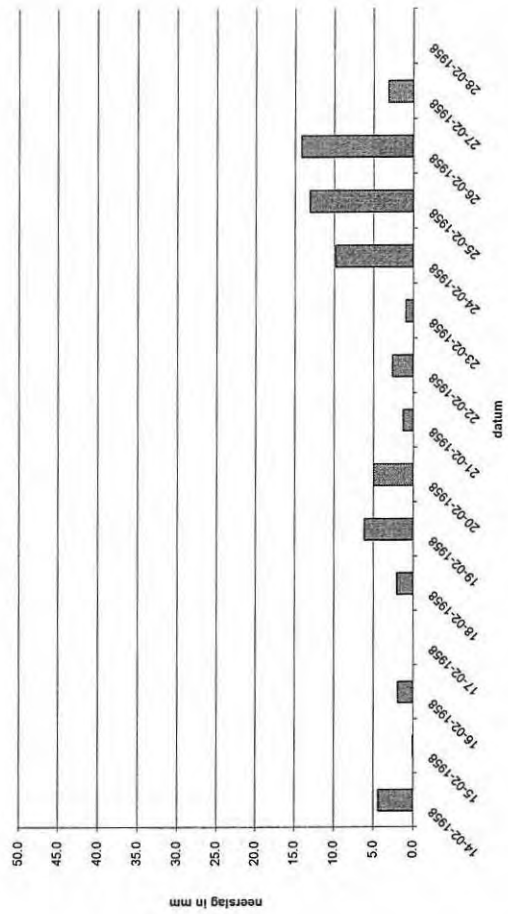
1953 totale neerslag = 66.3 mm



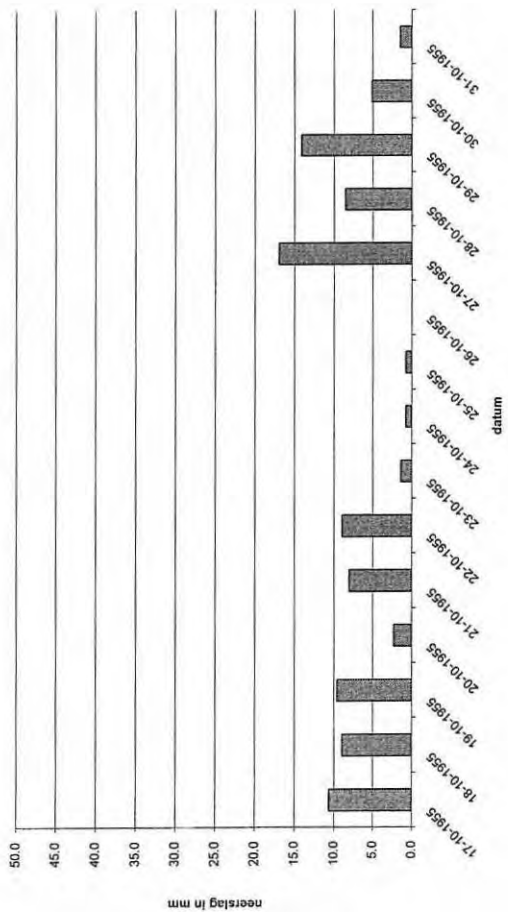
1956 totale neerslag = 49,6 mm



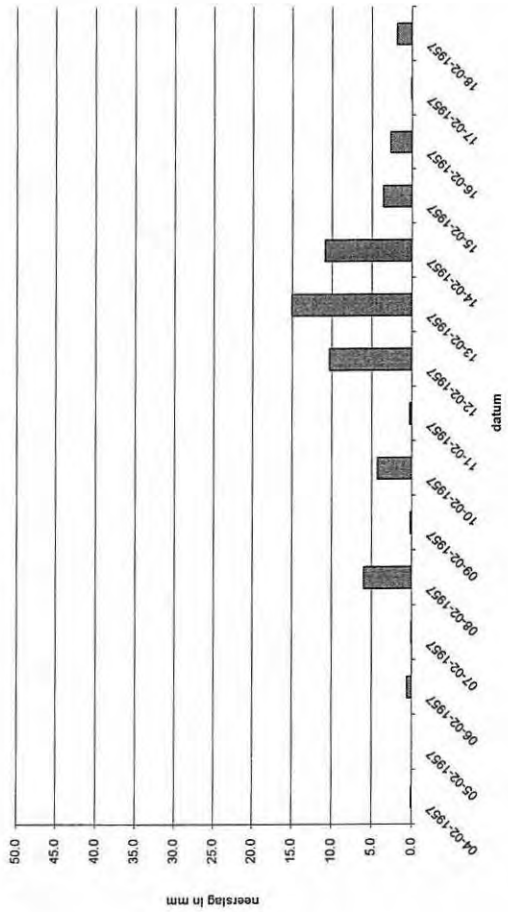
1958 totale neerslag = 65,1 mm



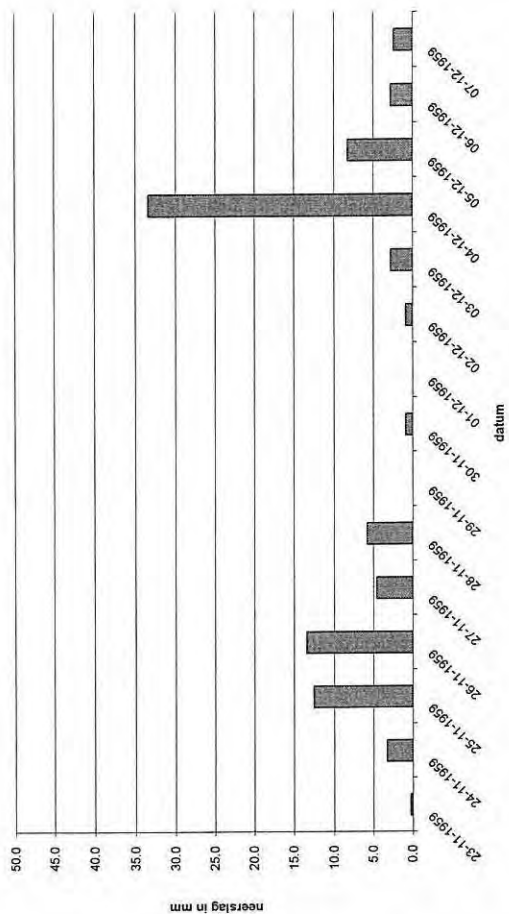
1955 totale neerslag = 98,1 mm



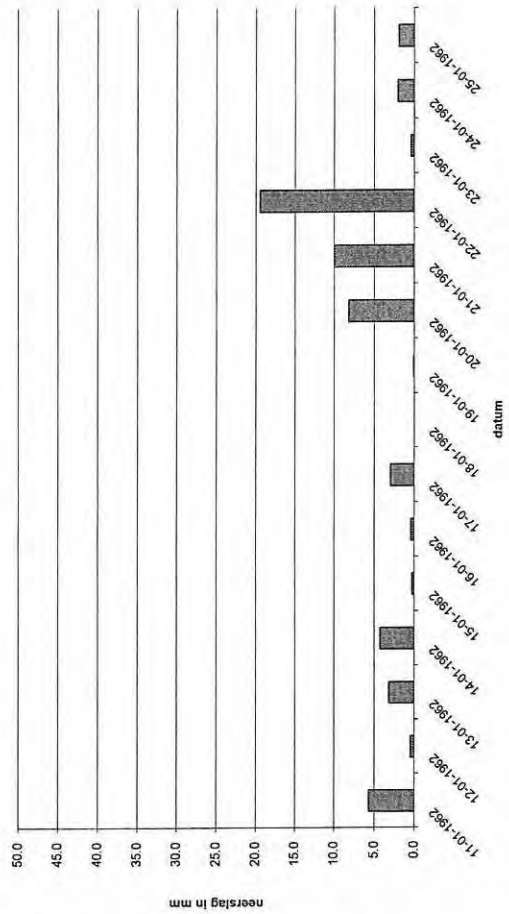
1957 totale neerslag = 56,2 mm



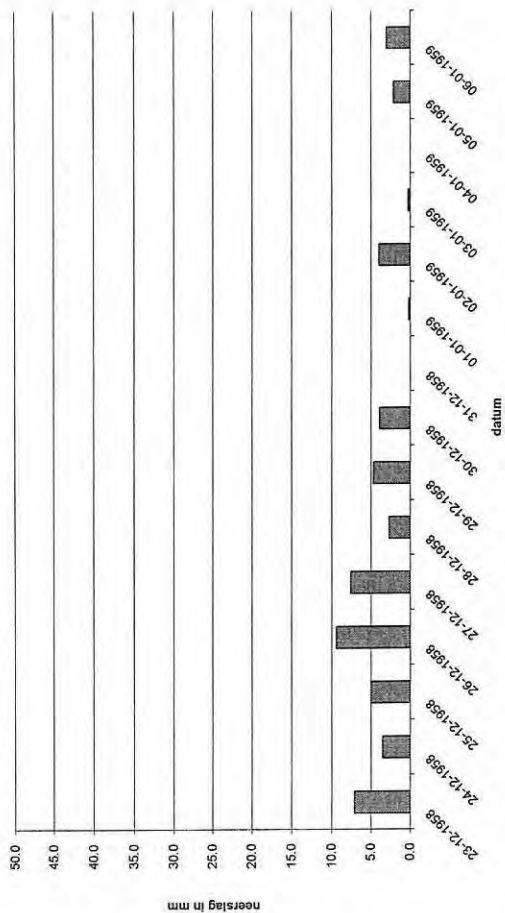
1960 totale neerslag = 91.6 mm



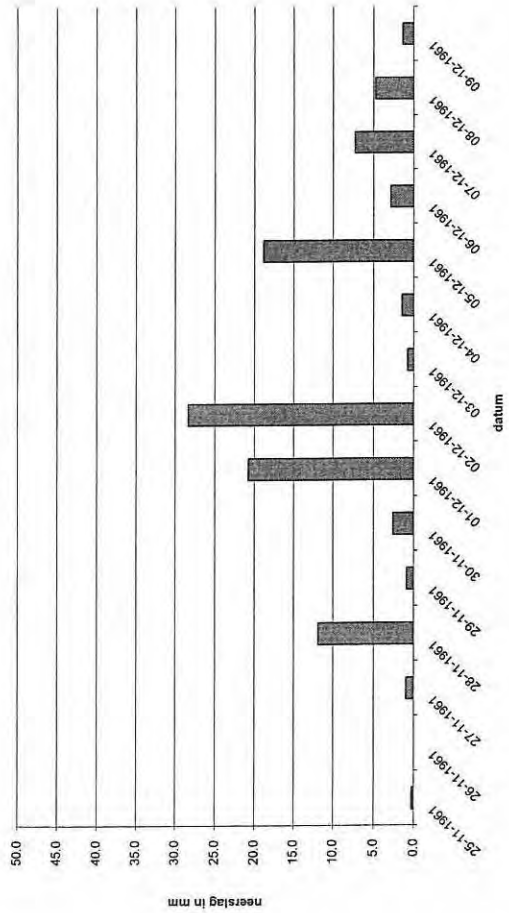
1962 totale neerslag = 59.7 mm



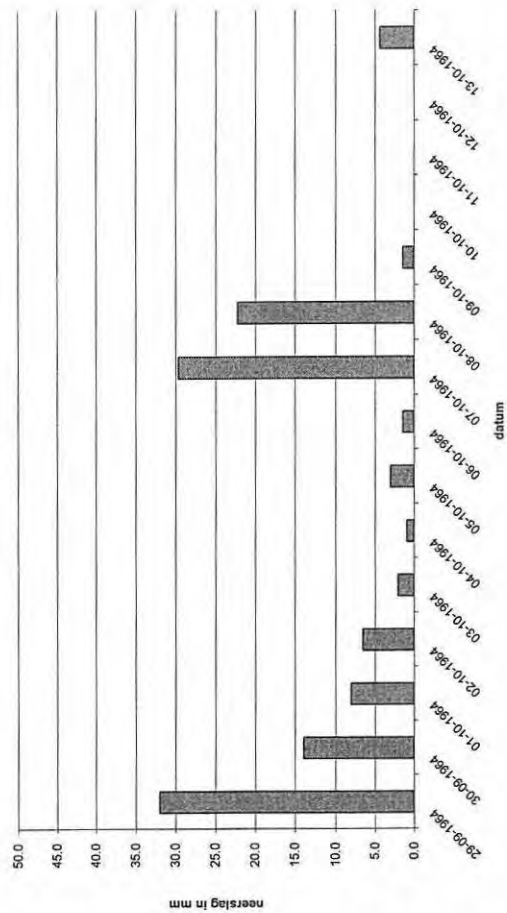
1969 totale neerslag = 53.5 mm



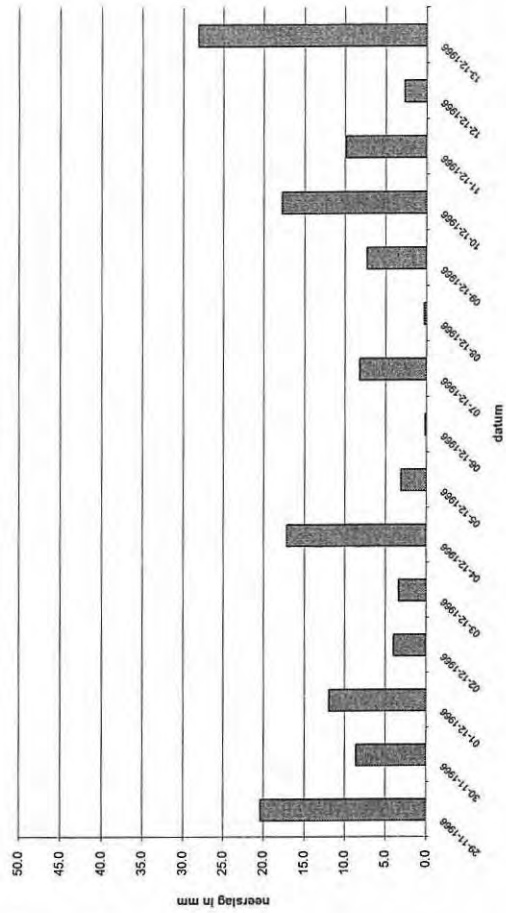
1961 totale neerslag = 103.5 mm



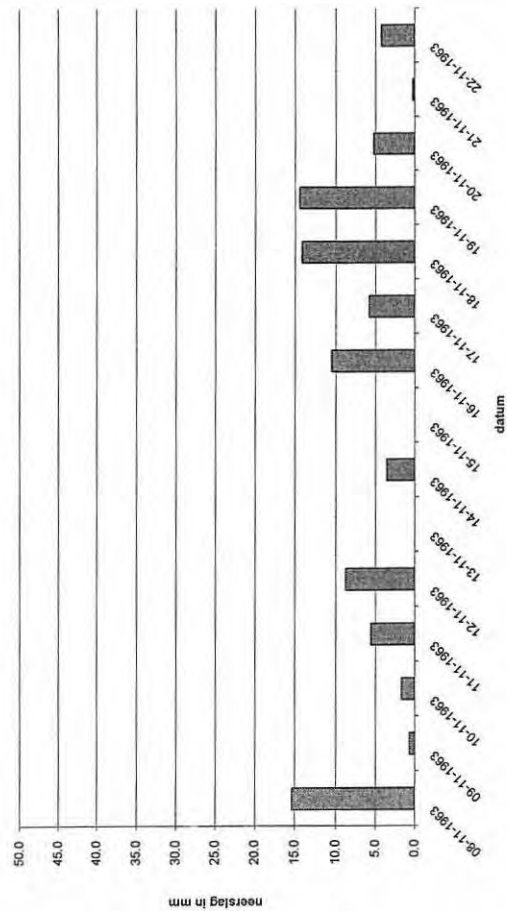
1964 totale neerslag = 126.3 mm



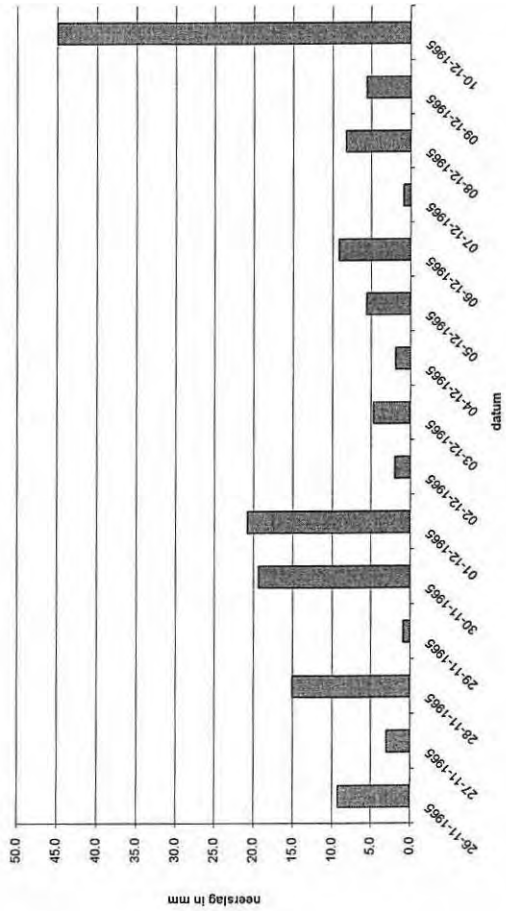
1966 totale neerslag = 143.2 mm



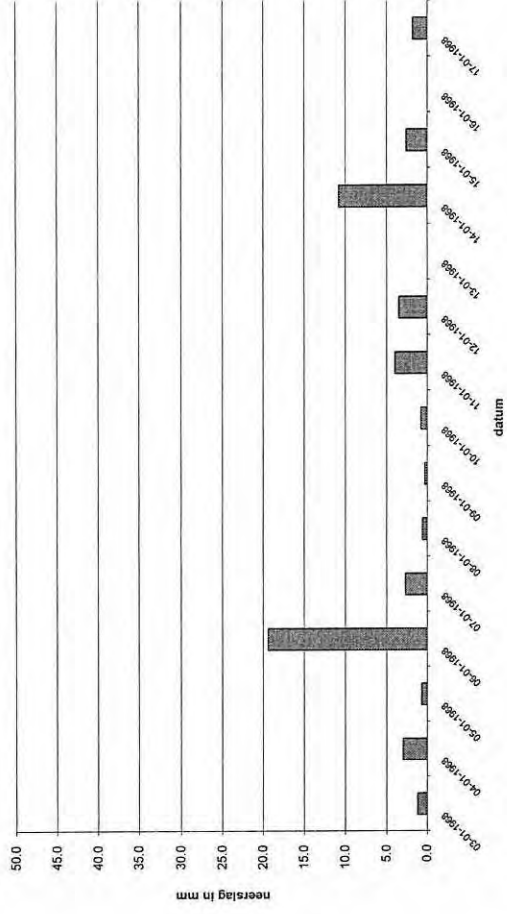
1963 totale neerslag = 90.7 mm



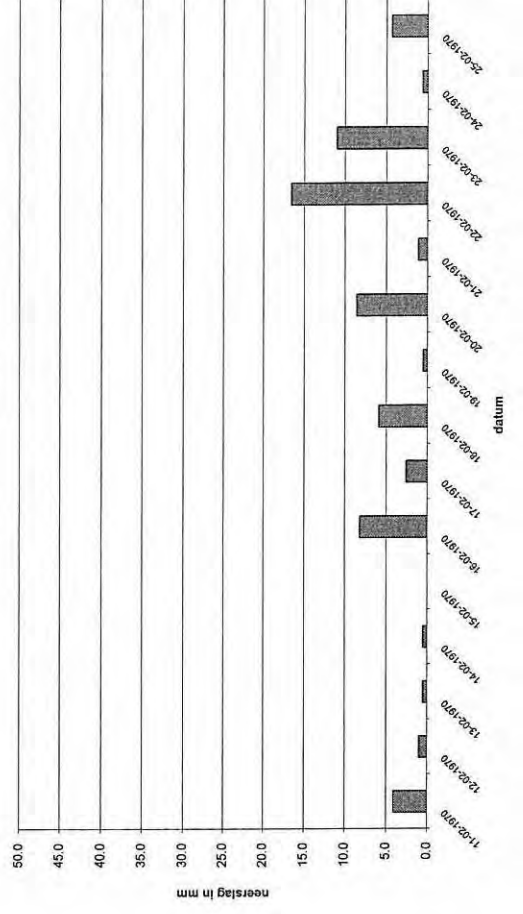
1965 totale neerslag = 151.7 mm



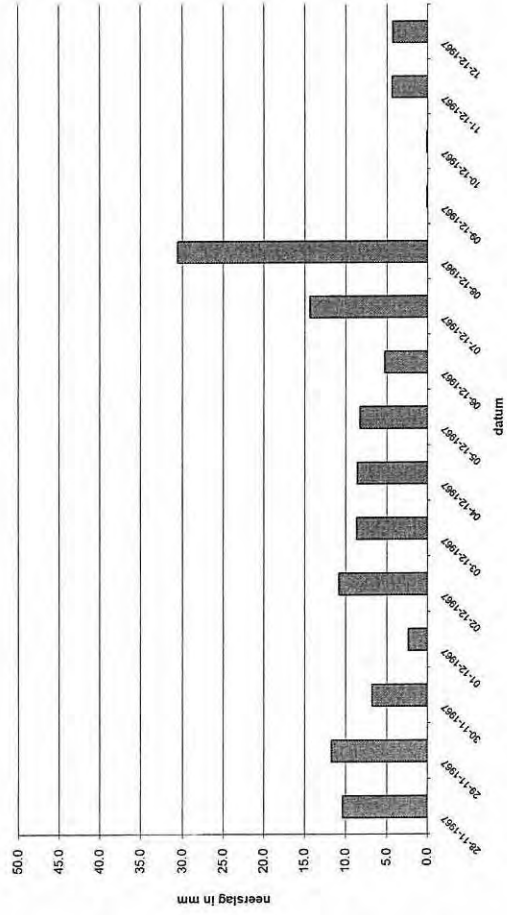
1968 totale neerslag = 51.4 mm



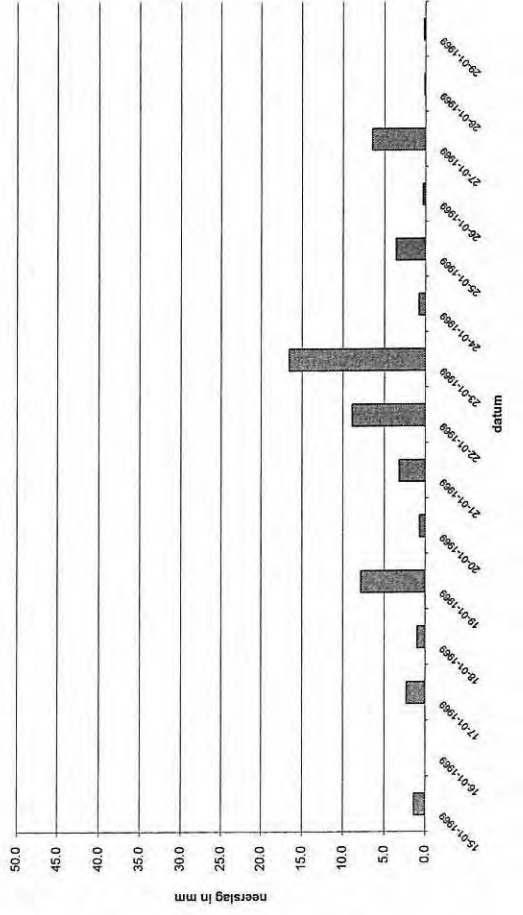
1970 totale neerslag = 65.6 mm



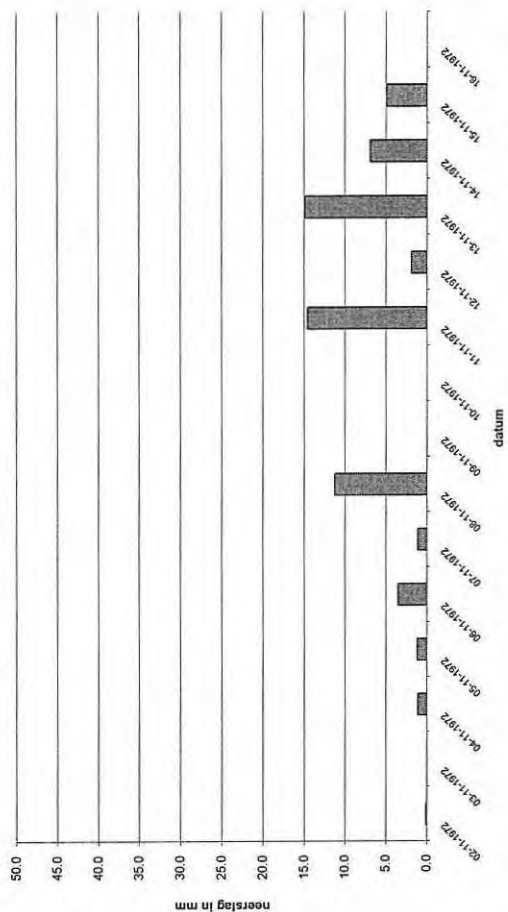
1967 totale neerslag = 127.1 mm



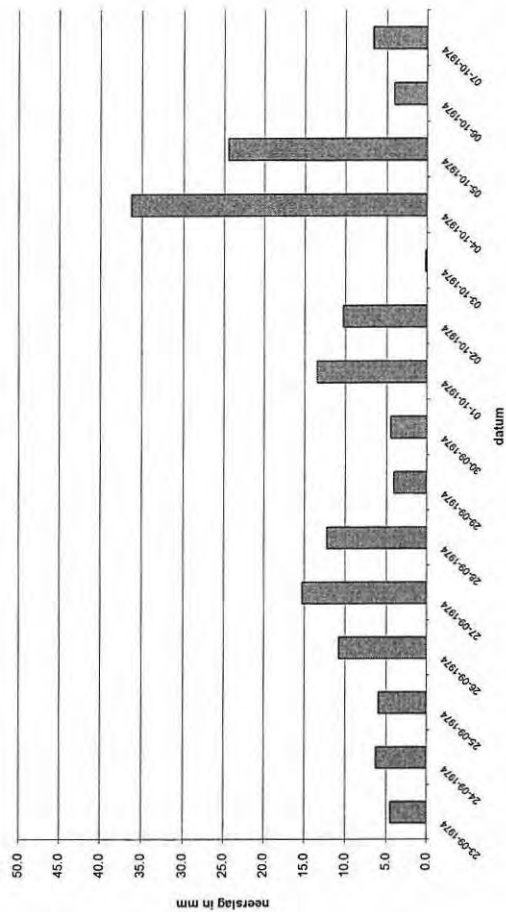
1969 totale neerslag = 53.4 mm



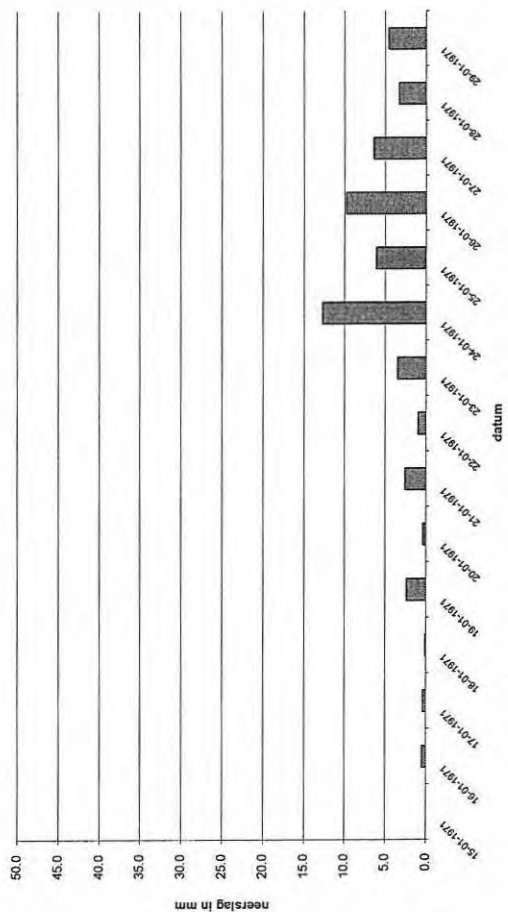
1972 totale neerslag = 61.5 mm



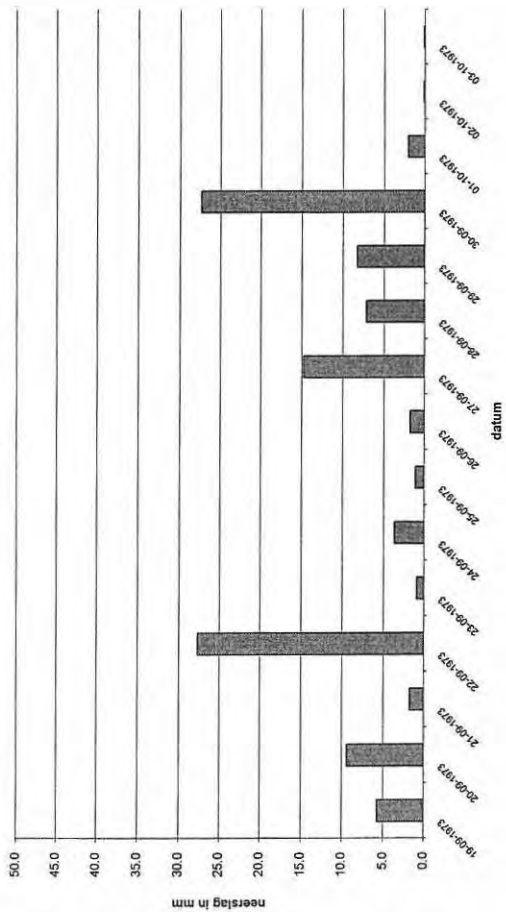
1974 totale neerslag = 169.4 mm



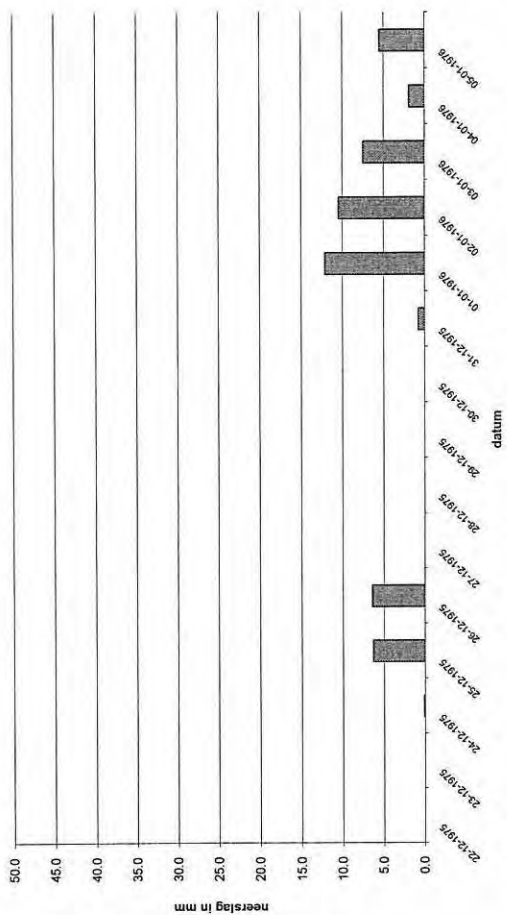
1971 totale neerslag = 53.8 mm



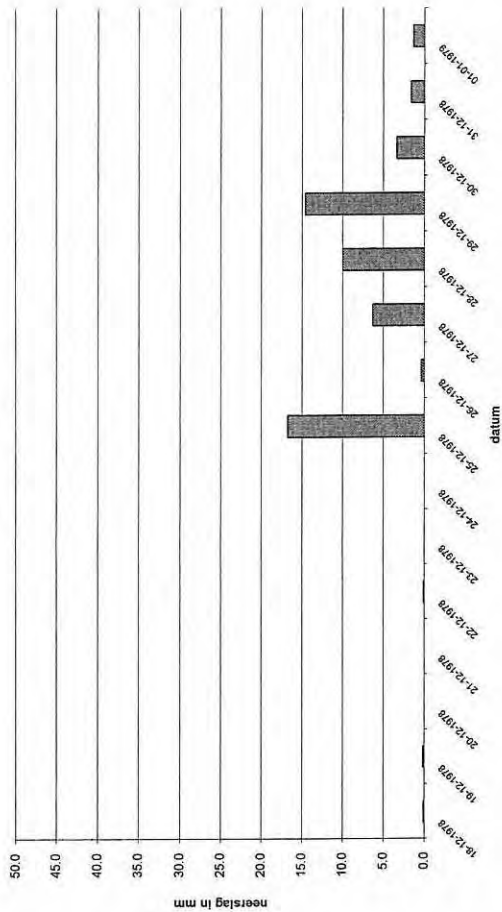
1973 totale neerslag = 112.2 mm



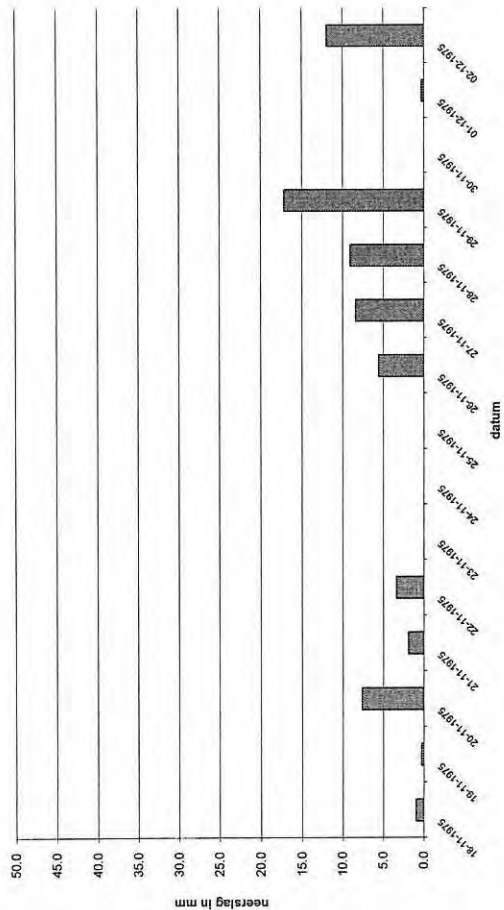
1976 totale neerslag = 51.2 mm



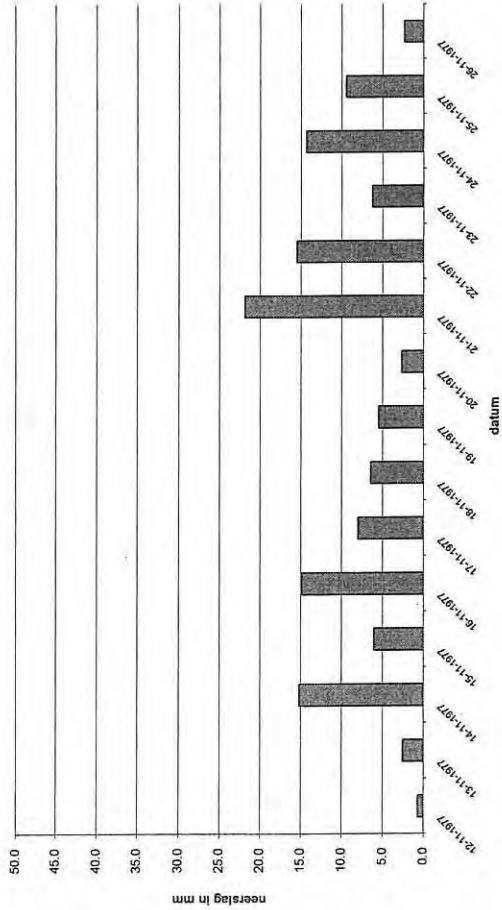
1978 totale neerslag = 54.8 mm



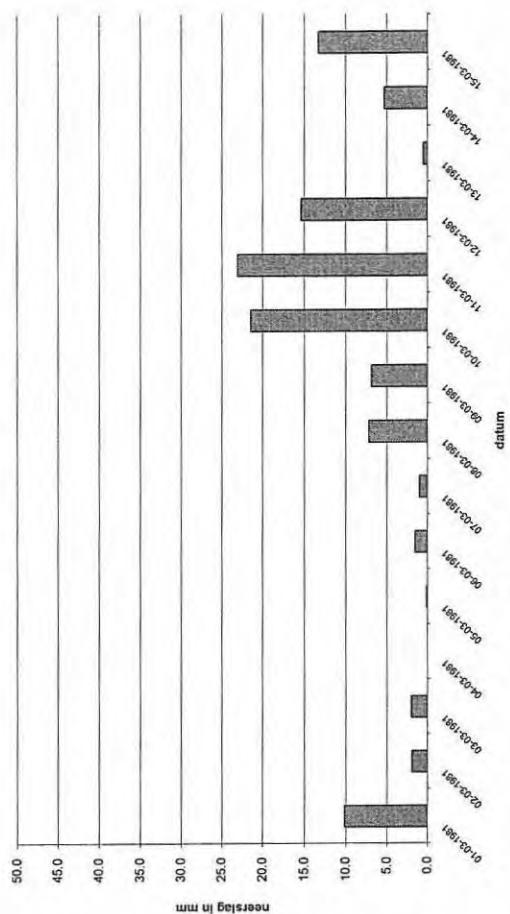
1975 totale neerslag = 66.8 mm



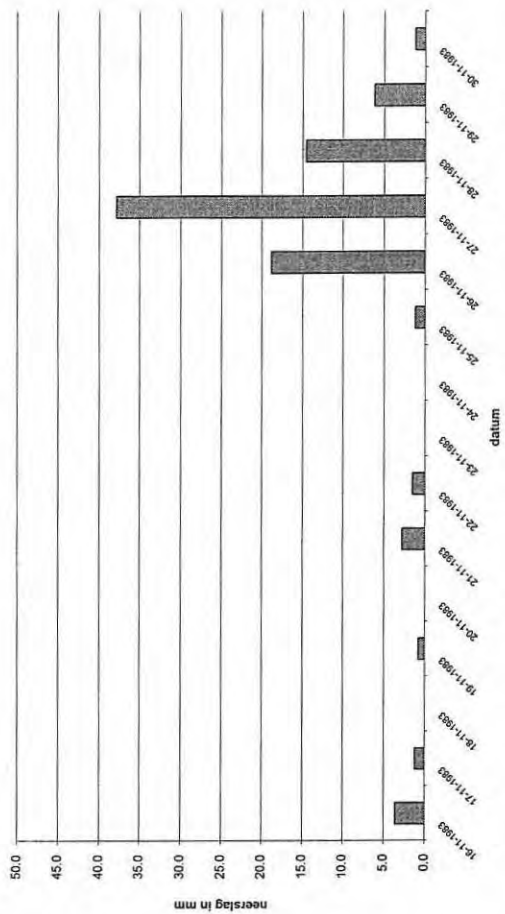
1977 totale neerslag = 132.1 mm



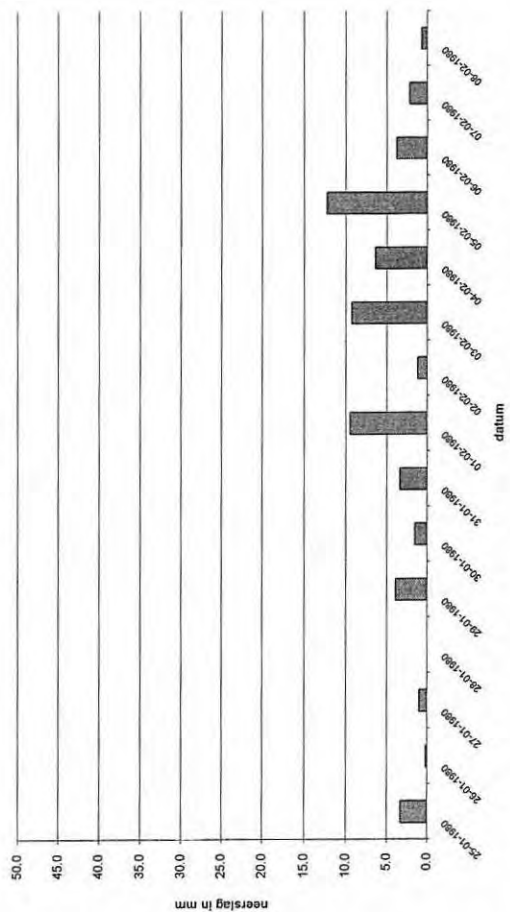
1981 totale neerslag = 109.9 mm



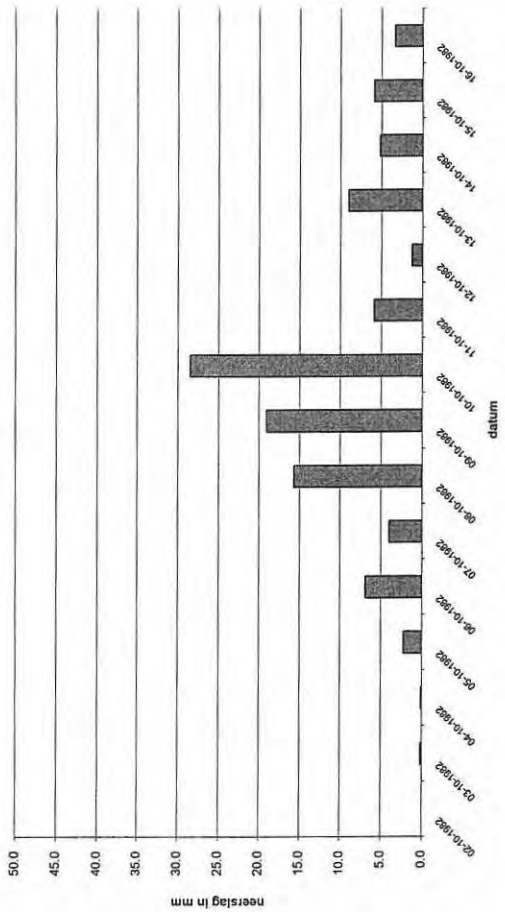
1983 totale neerslag = 89.8 mm



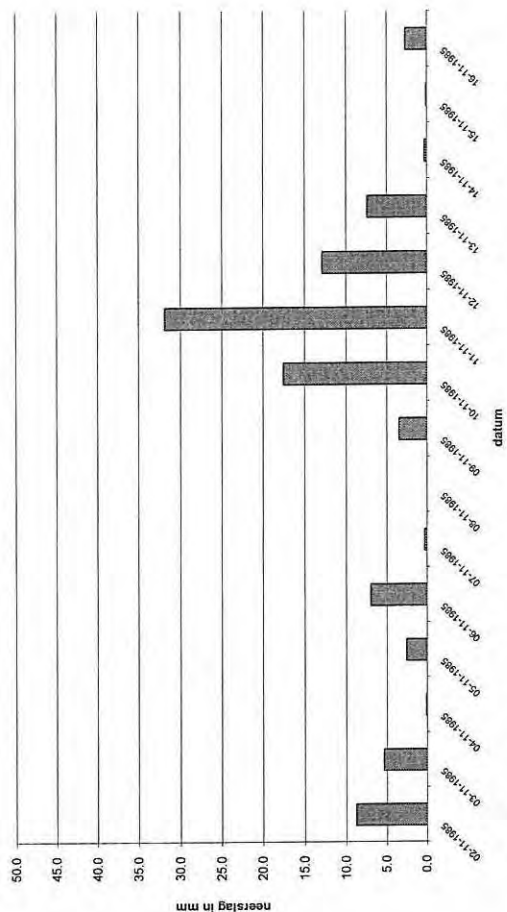
1980 totale neerslag = 56.7 mm



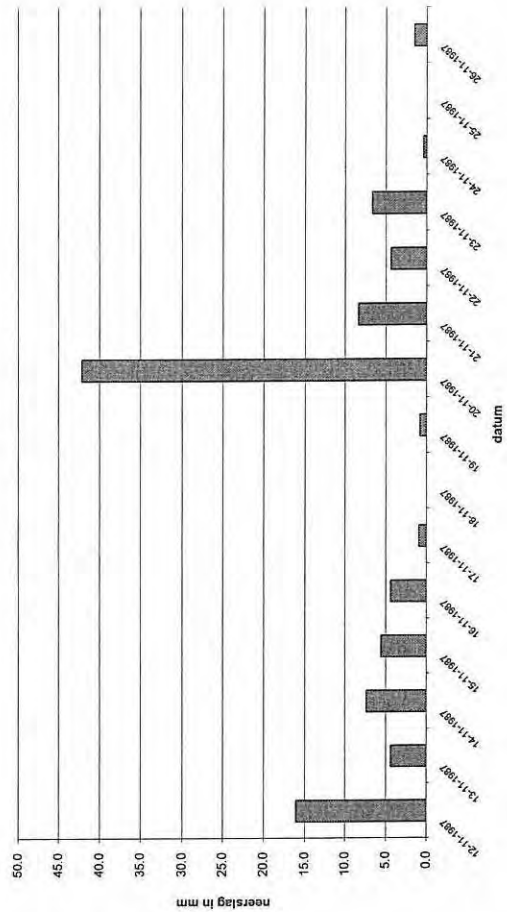
1982 totale neerslag = 107.5 mm



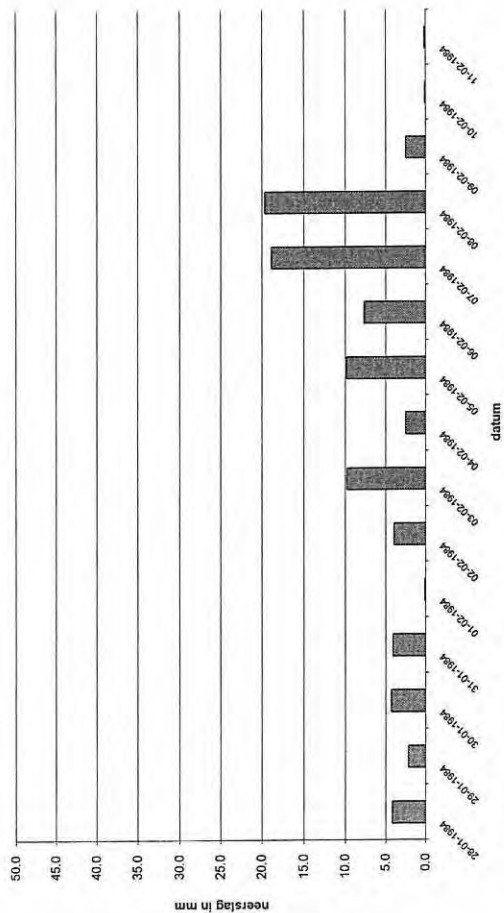
1985 totale neerslag = 100.6 mm



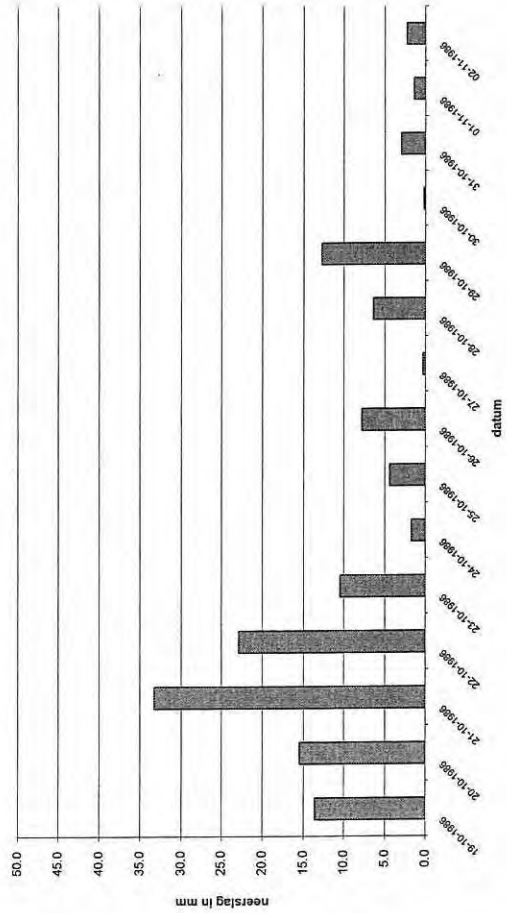
1987 totale neerslag = 103.2 mm



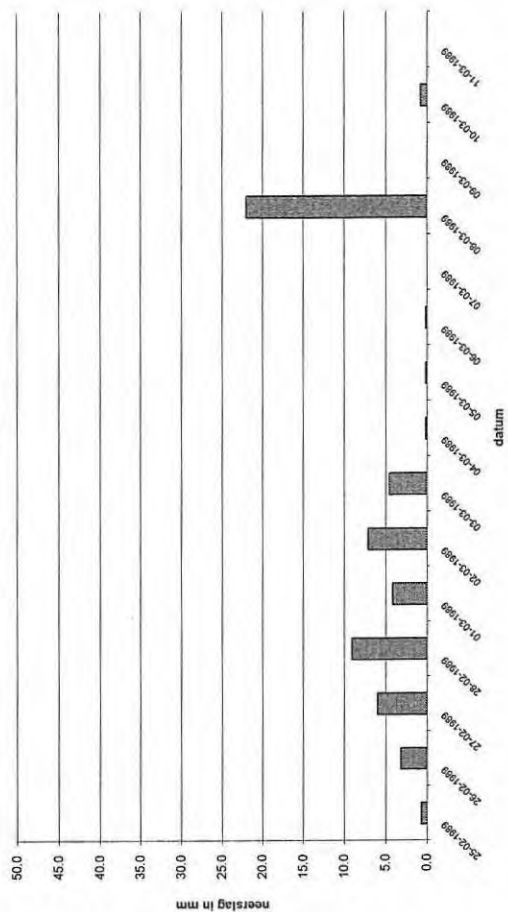
1984 totale neerslag = 90.2 mm



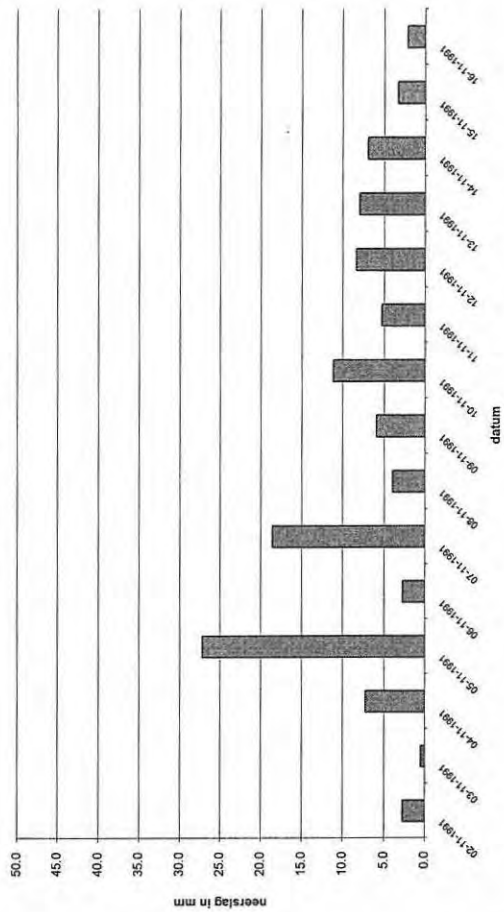
1986 totale neerslag = 136 mm



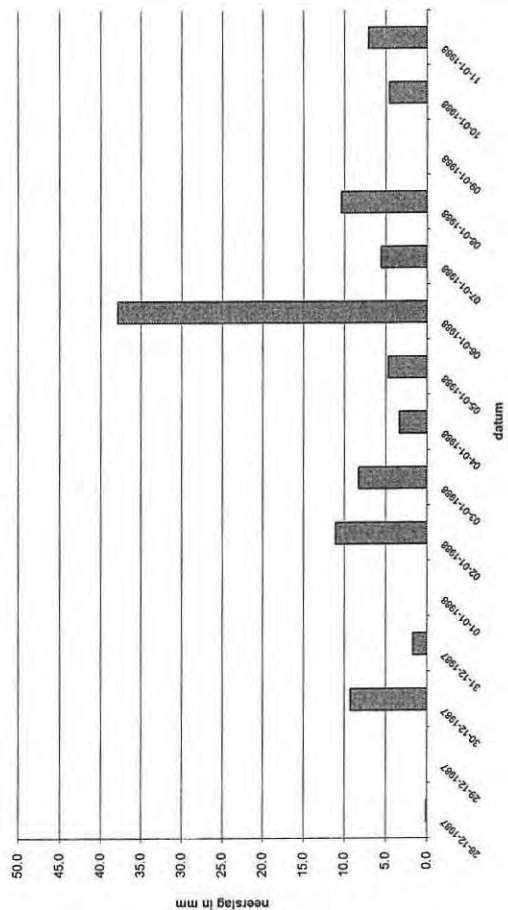
1989 totale neerslag = 58.4 mm



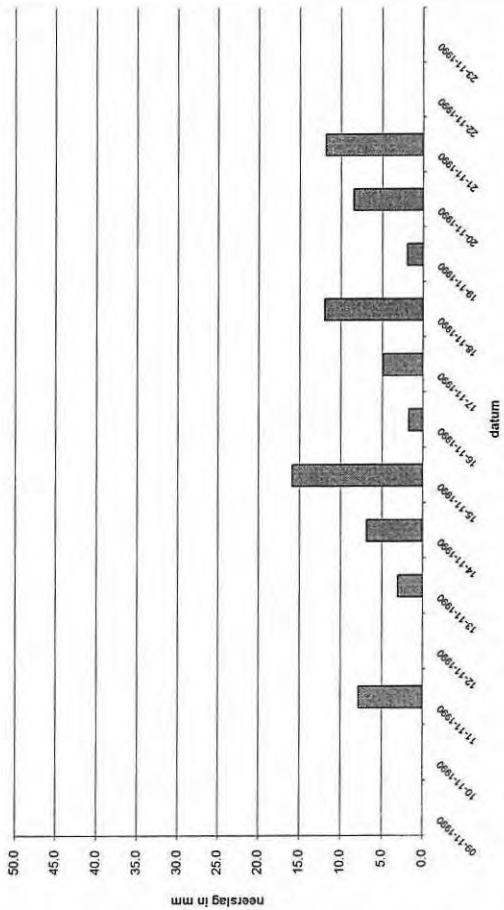
1991 totale neerslag = 112.5 mm



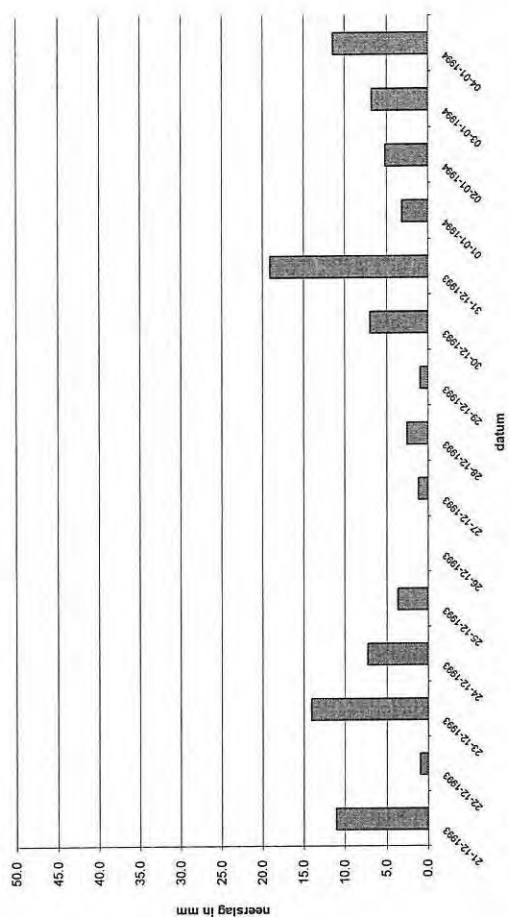
1988 totale neerslag = 92.5 mm



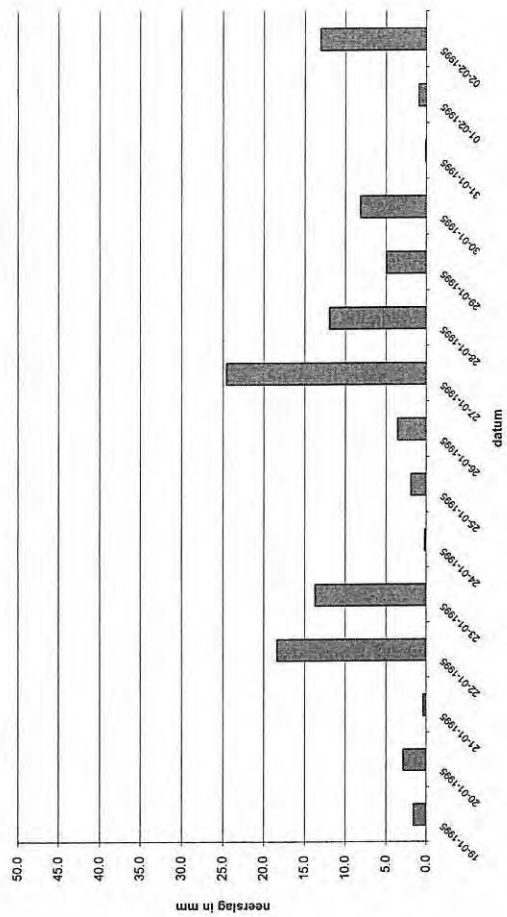
1990 totale neerslag = 74.8 mm



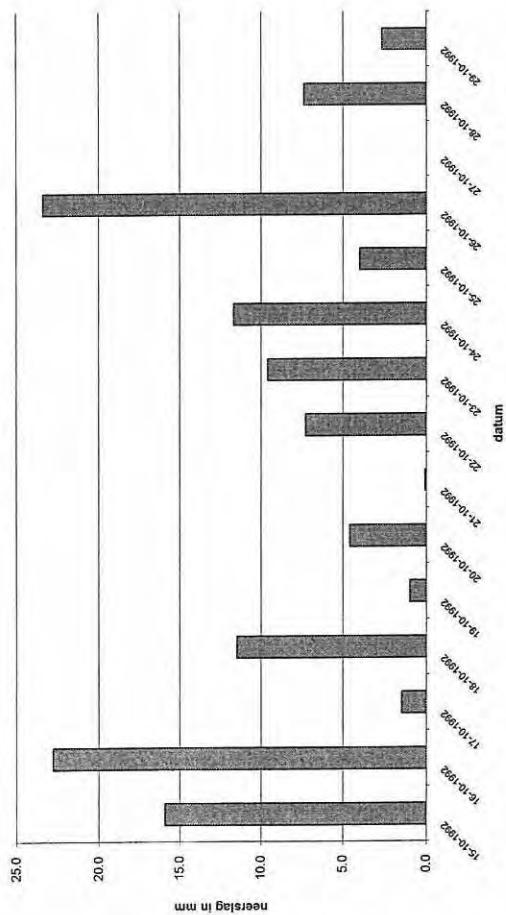
1993 totale neerslag = 83.3 mm



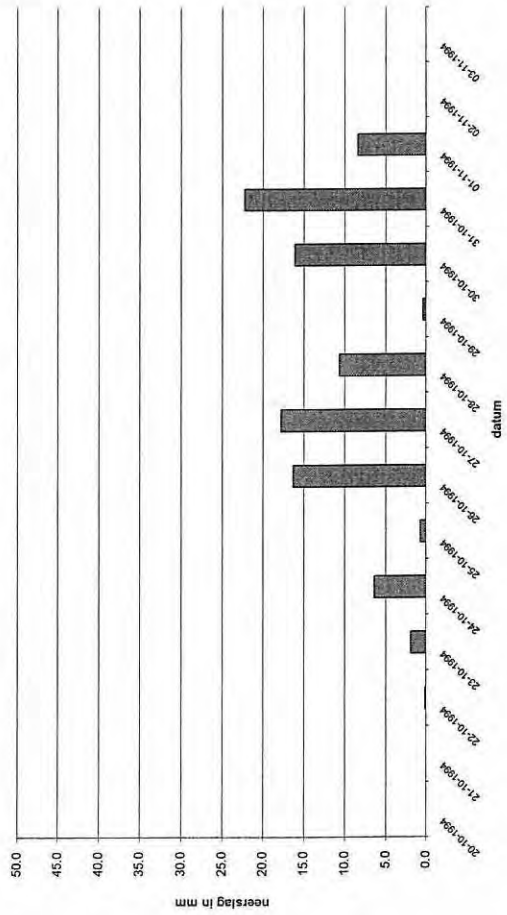
1995 totale neerslag = 106.6 mm



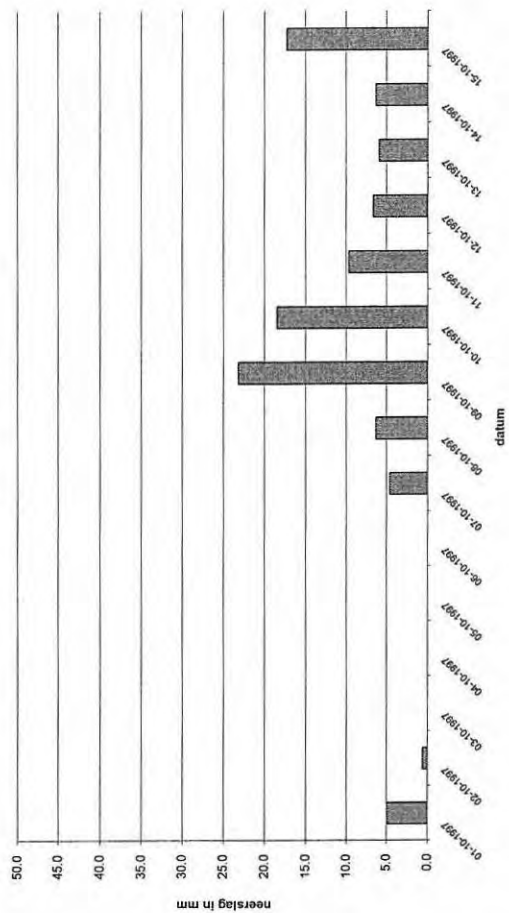
1992 totale neerslag = 123.5 mm



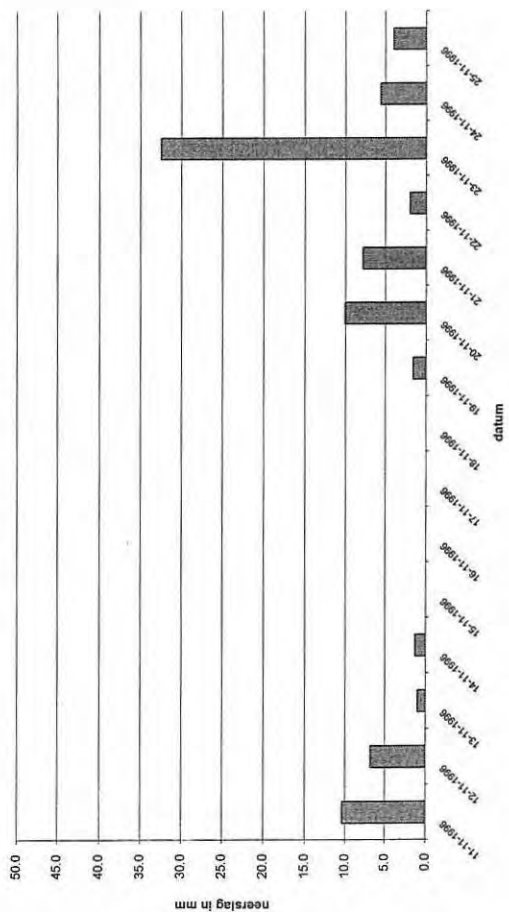
1994 totale neerslag = 101.1 mm



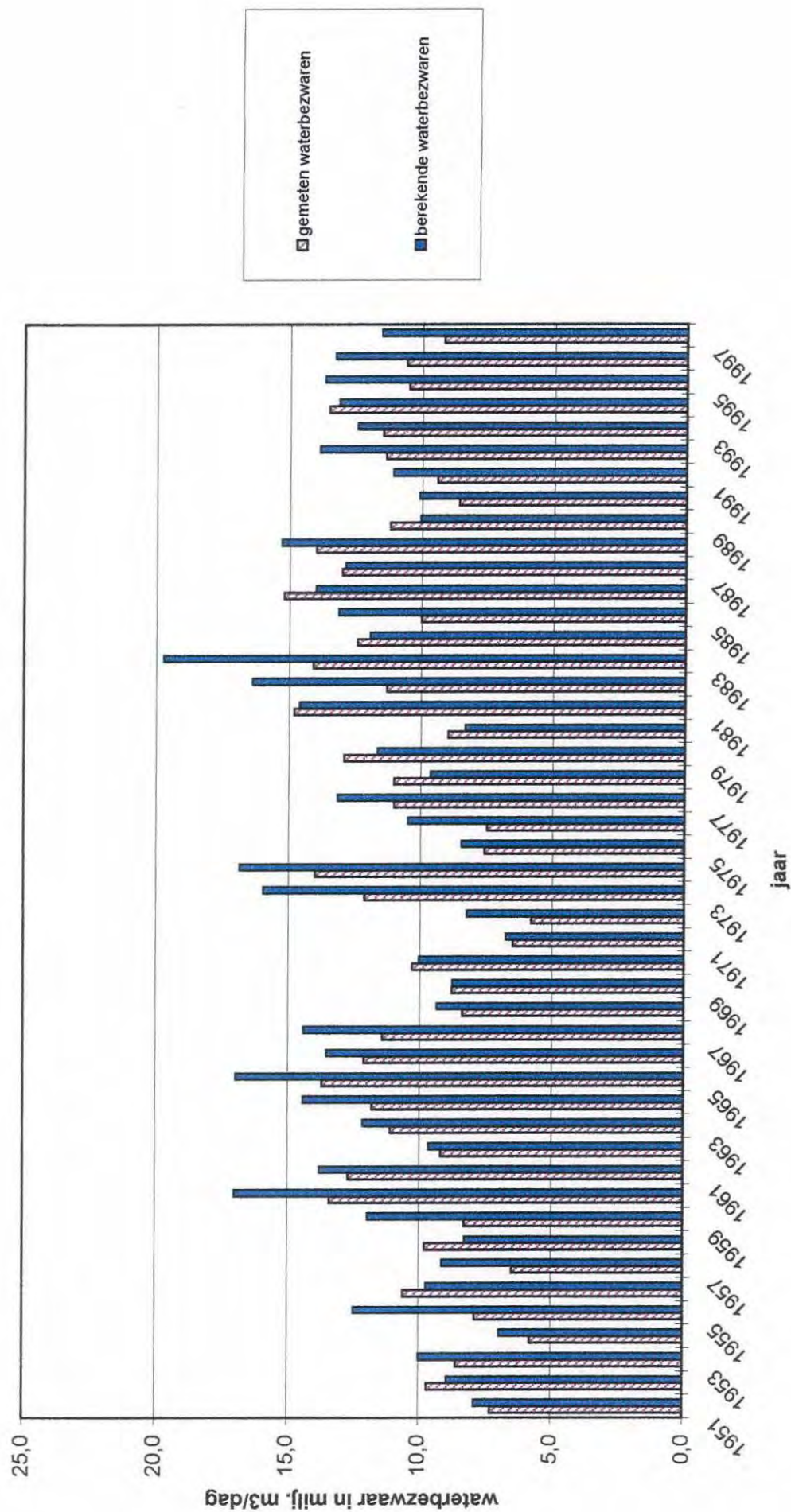
1997 totale neerslag = 103.9 mm



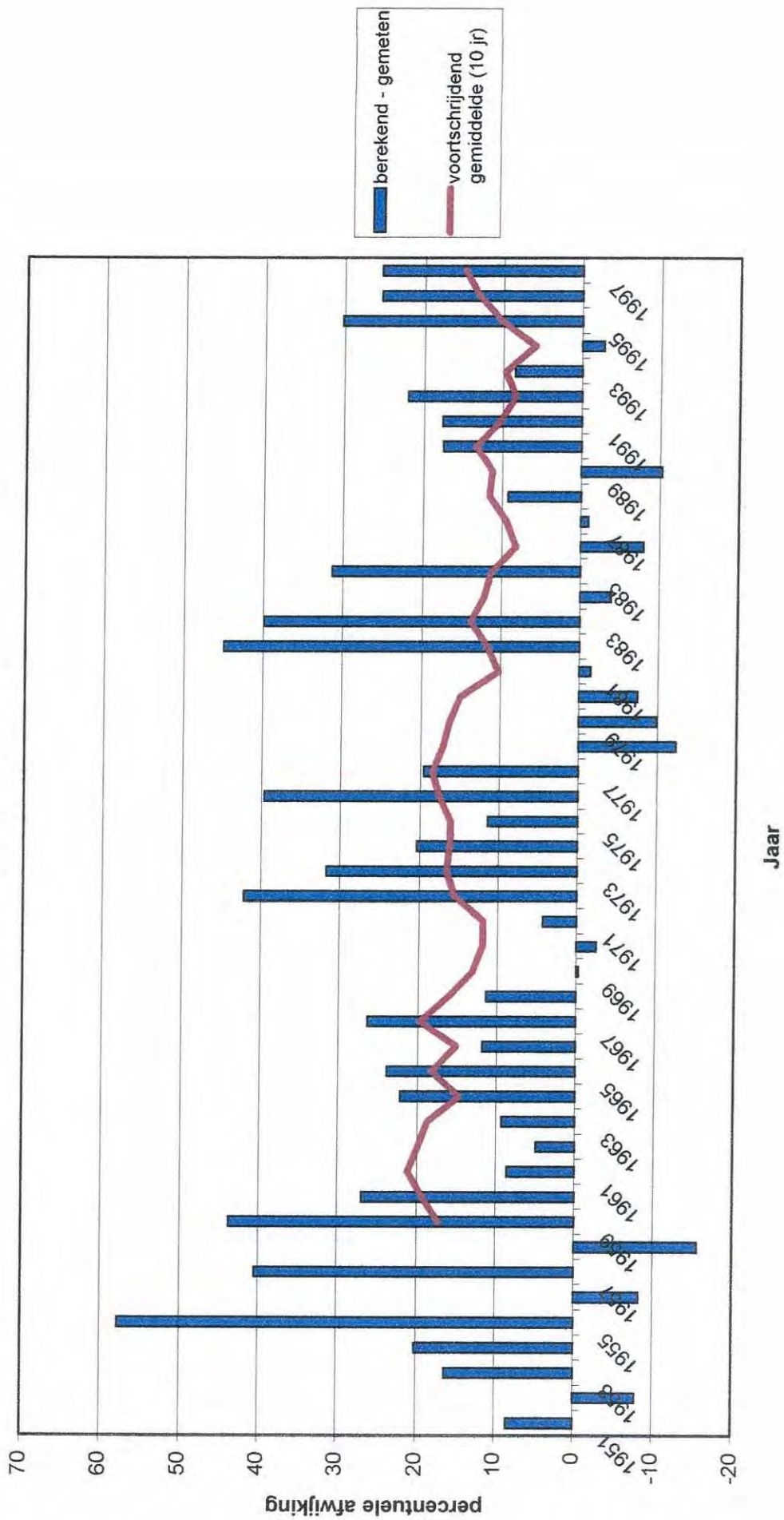
1996 totale neerslag = 83.1 mm



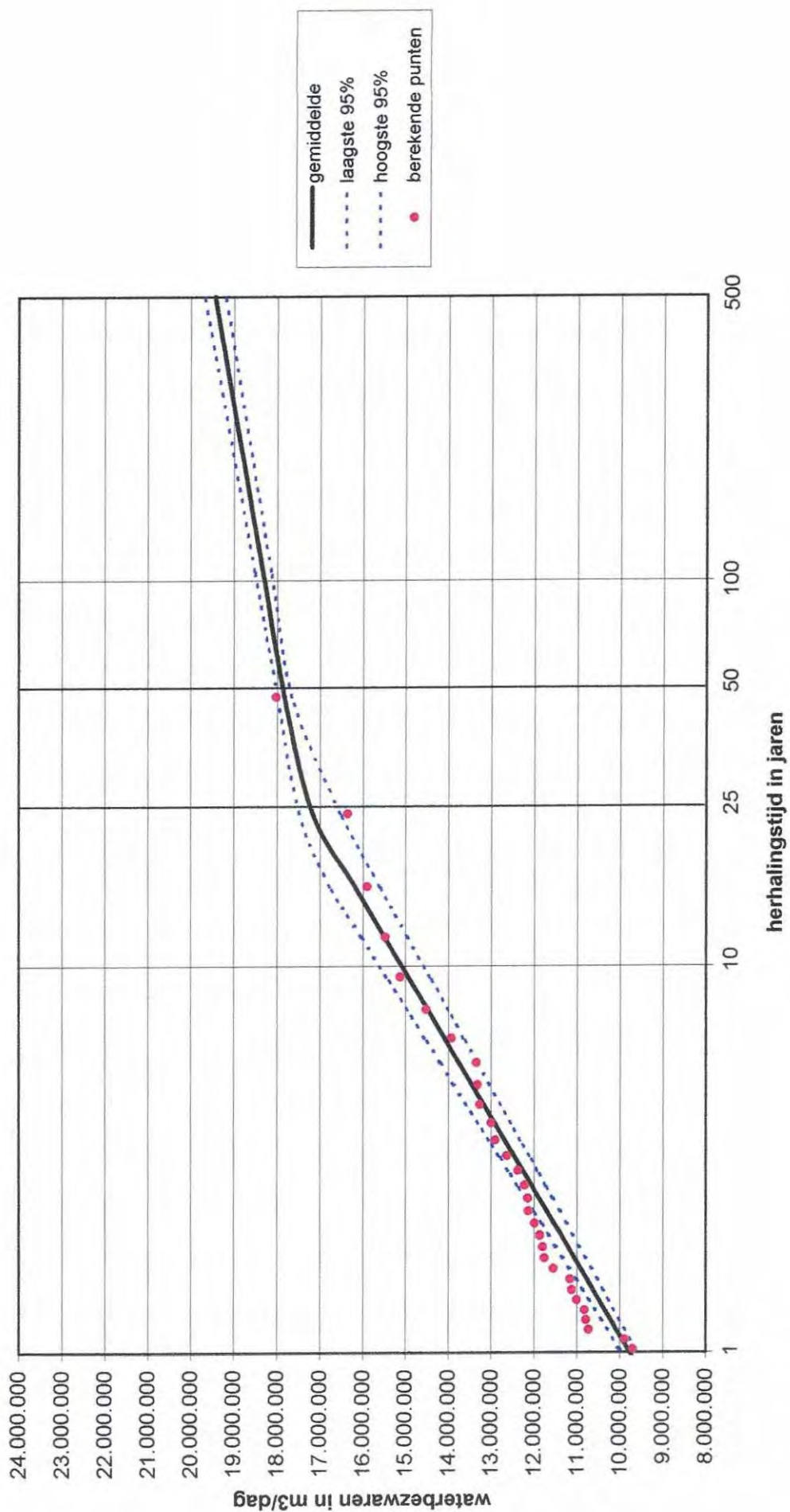
Vergelijking gemeten en berekende maximale waterbezwaren periode 1951 - 1998



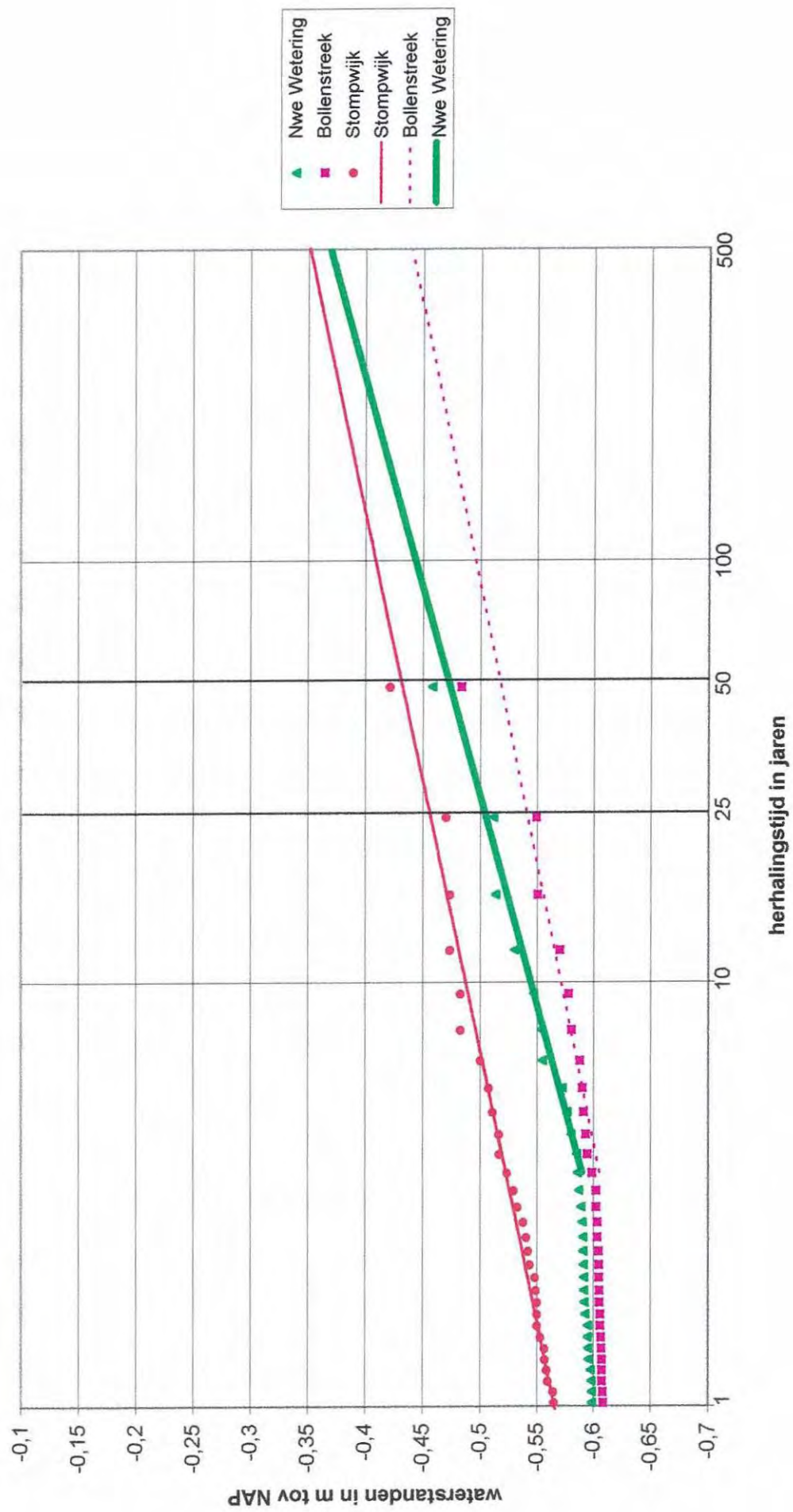
Percentuele afwijking tussen berekende en gemeten maximale waterbezwaren
periode 1951 - 1998



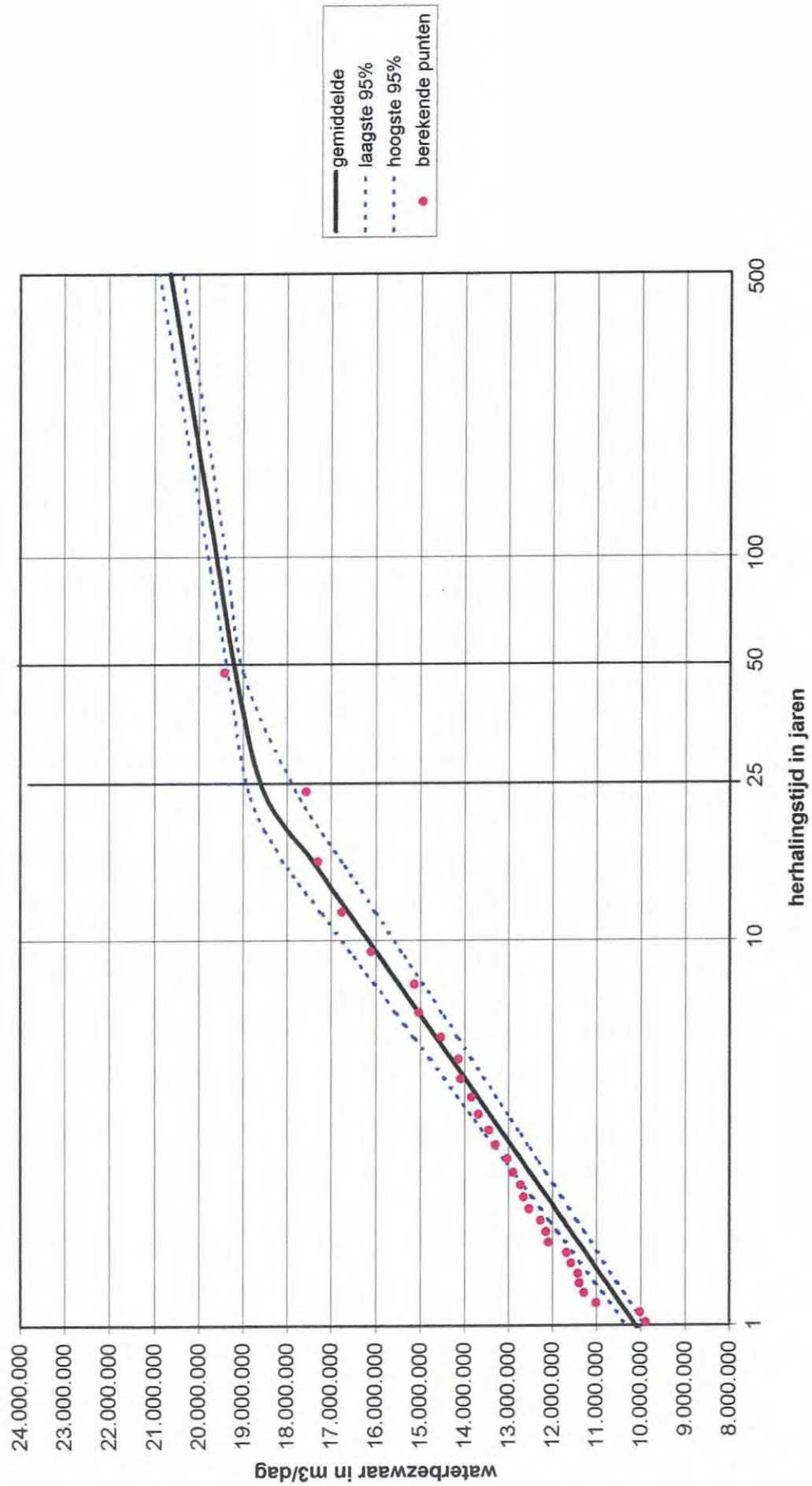
Gumbelverdeling van de waterbezwaren 2000



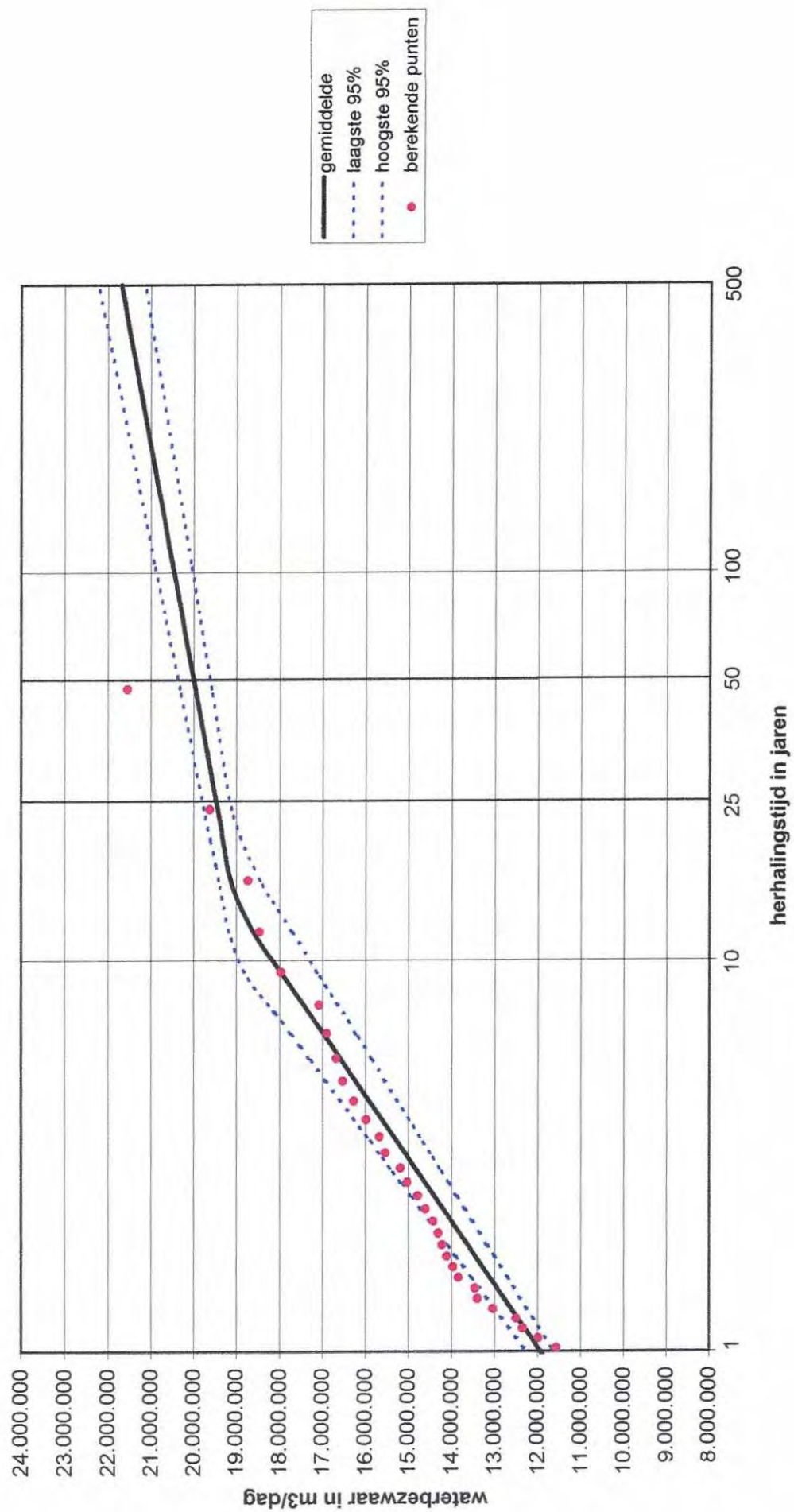
Gumbelverdeling van de waterstanden 2000



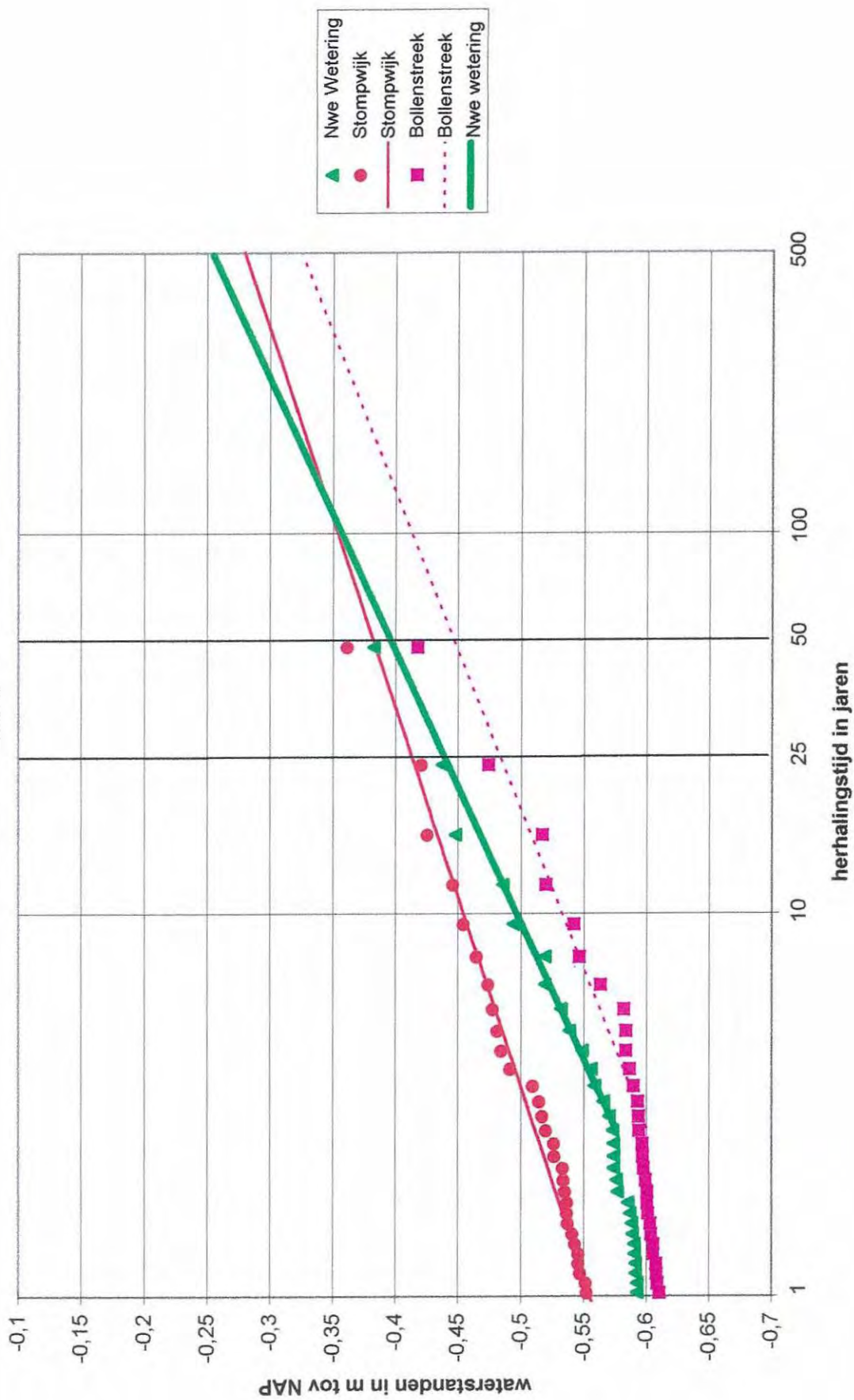
Gumbelverdeling van de waterbezwaren 2025



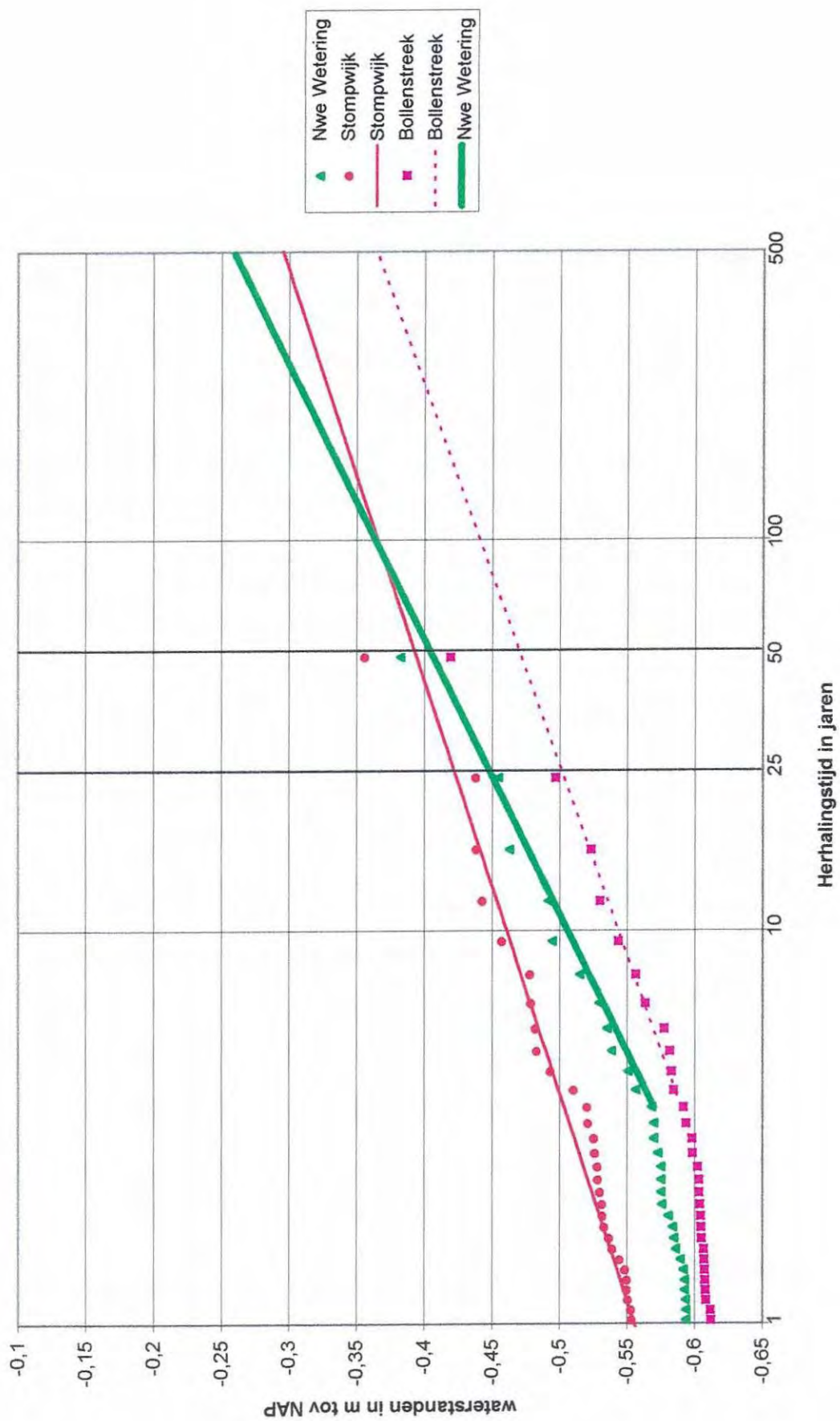
Gumbelverdeling van de waterbezwaren 2050



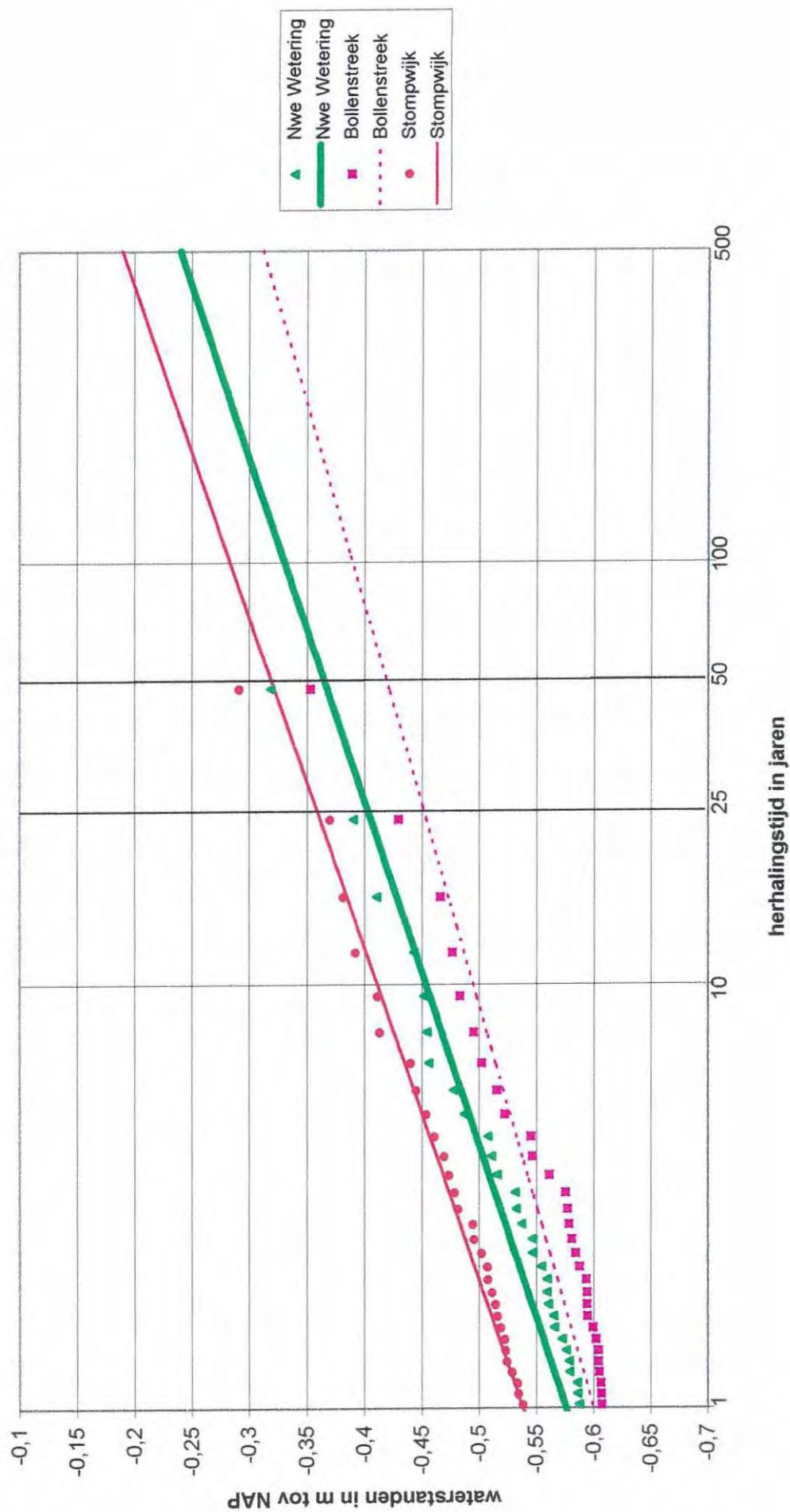
Gumbelverdeling van de waterstanden 2025



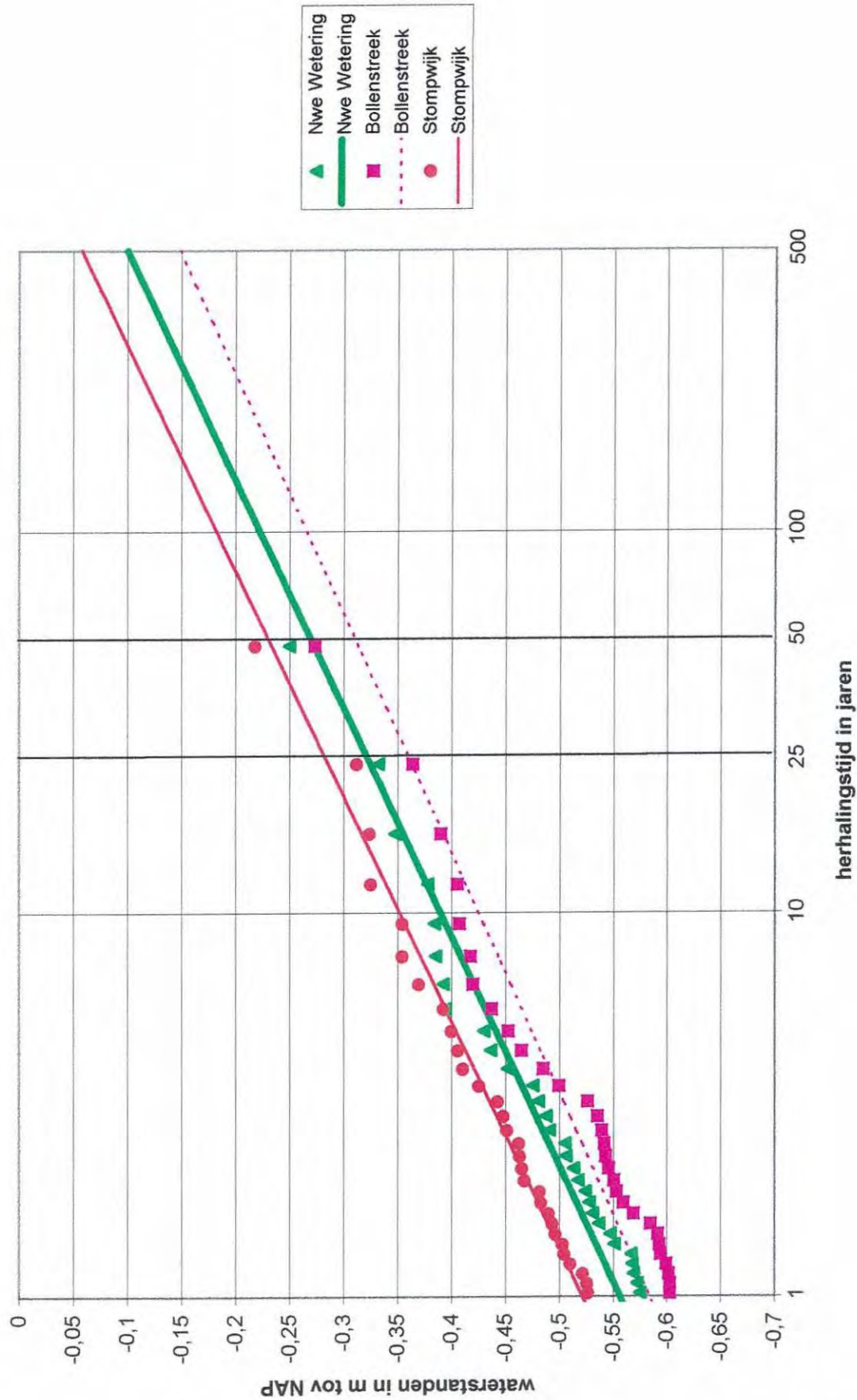
Gumbelverdeling van de waterstanden 2025; Katwijk 75 m³/s



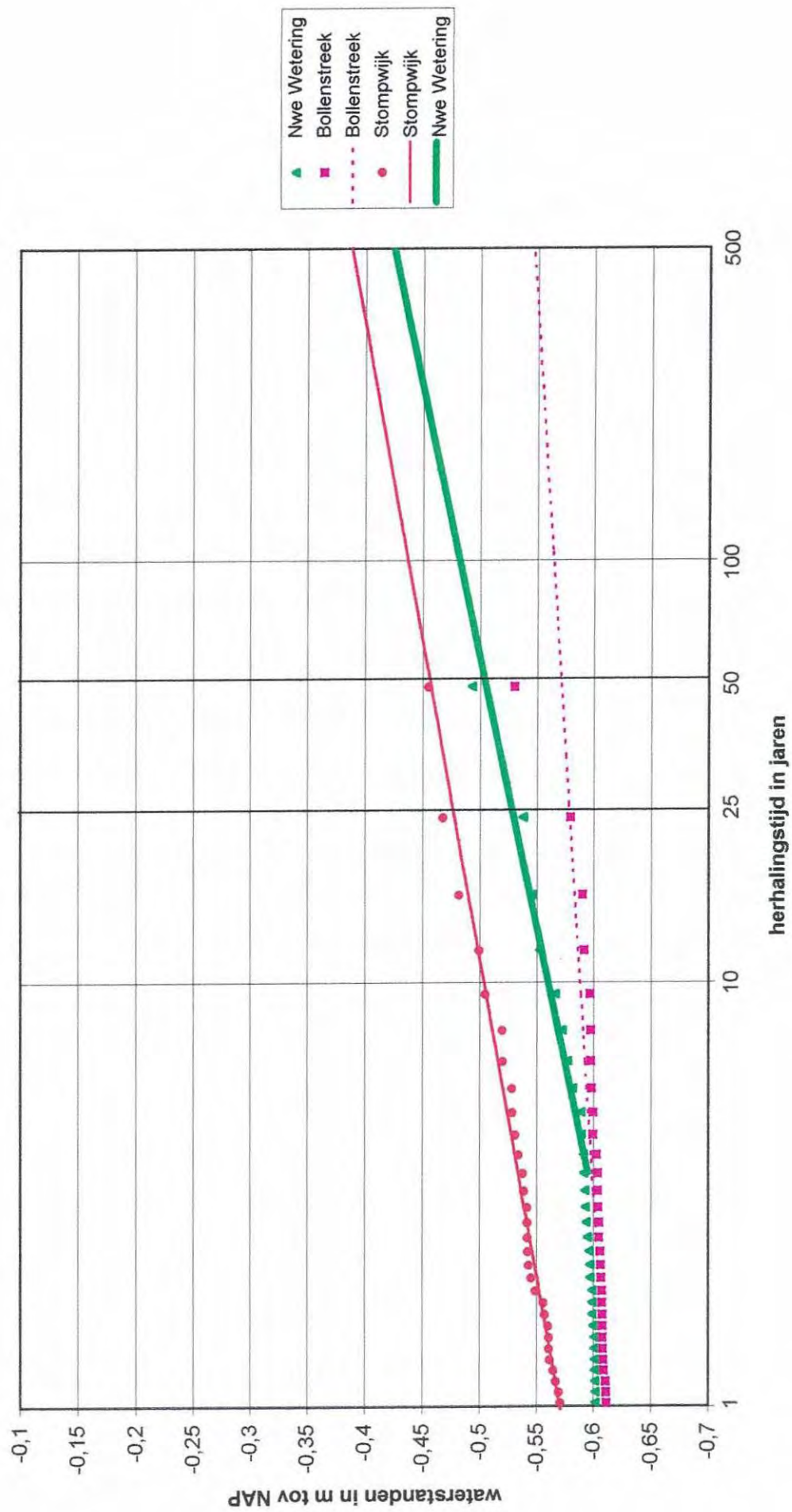
Gumbelverdeling van de waterstanden 2050; Katwijk 75 m³/s



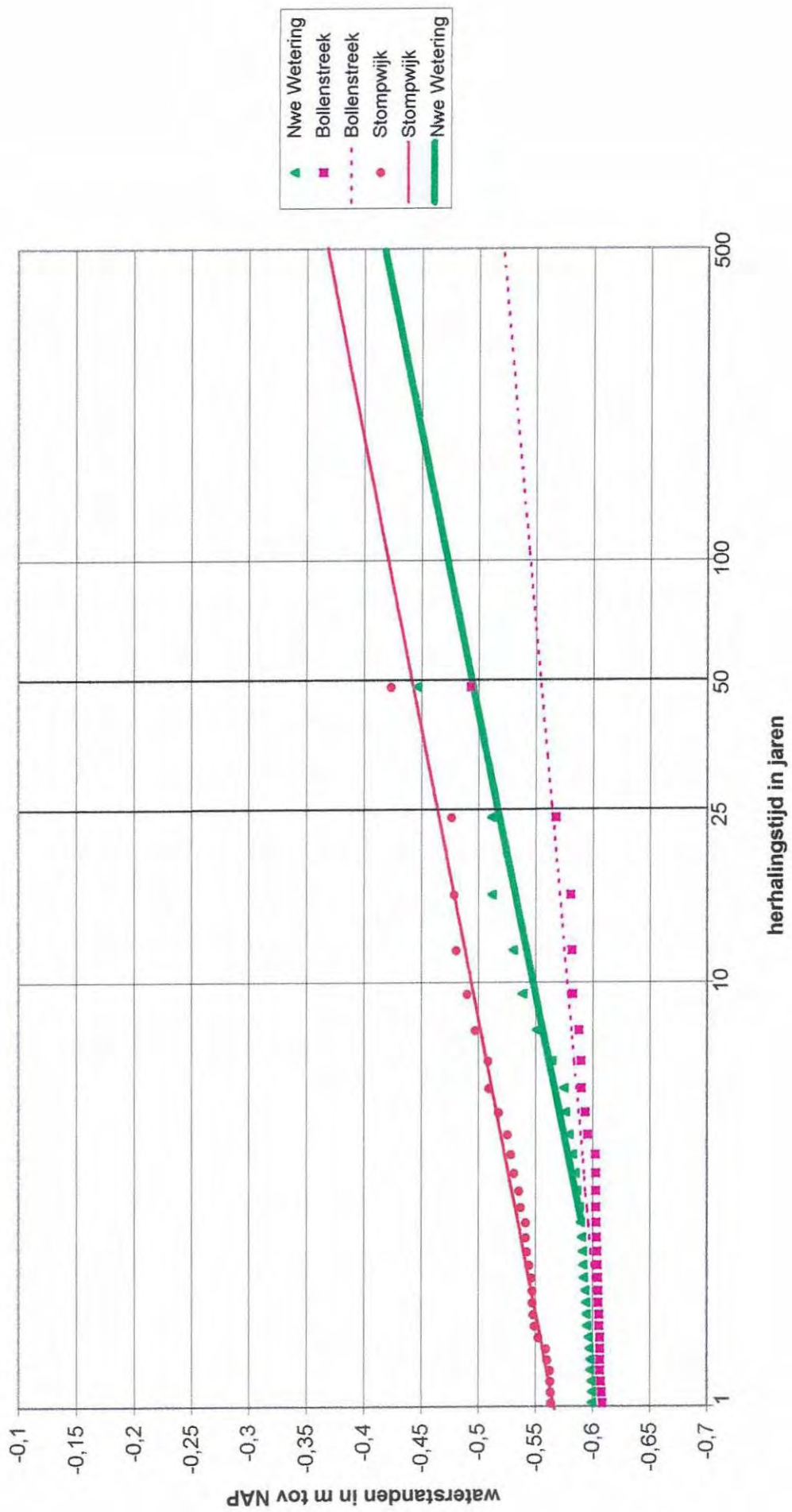
Gumbelverdeling van de waterstanden 2050



Gumbelverdeling van de waterstanden 2000; Katwijk 75 m³/s



**Gumbelverdeling van de waterstanden
2025; Katwijk 100 m3/s**



Gumbelverdeling van de waterstanden 2050; Katwijk 100 m3/s

