Historisch Waterbeheer

In opdracht van LNV, 417 Veranderend Waterbeheer.

Historisch Waterbeheer

Een kwantitatieve benadering van historische watersystemen: definities en voorbeelden

H.Th.L. Massop
W.C. Knol

Alterra-rapport 1145

Alterra, Wageningen, 2005

REFERAAT

Massop H.Th.L. en W.C. Knol, 2005. *Historisch Waterbeheer; Een kwantitatieve benadering van historische watersystemen*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1145. 160 blz.; 60 fig.; 12 tab.; 141 ref.

Historisch Waterbeheer heeft als doel om inzicht te geven in de werking van historische watersystemen en de veranderingen die daarin hebben plaatsgevonden. Inzicht hierin is bruikbaar voor introductie, herstel en reconstructie van historische watersystemen. Allereerst is een definitiestudie uitgevoerd, waarbij het begrip is gedefinieerd, vervolgens is het onderzoekskader geschetst. De factoren klimaat, topografie, grondgebruik en beheer oppervlaktewater spelen een rol mbt de werking van watersystemen. Informatie mbt tot het onderwerp is te ontlenen aan verschillende bronnen, zoals literatuur, archieven, kaarten en internet, het gaat hierbij niet alleen om kwalitatieve maar ook kwantitatieve informatie. Op basis van verschil in hydrologische kenmerken kunnen 4 hoofdtypen met betrekking tot de watersytemen worden onderscheiden. Van deze systemen zijn enkele belangrijkste kenmerken en veranderingen die zich sinds 1850 hebben voorgedaan beschreven. Kwalitatieve gegevens mbt klimaat, topografie, grondgebruik, inrichting en beheer oppervlaktewater kunnen worden gebruikt om, mbv bijvoorbeeld modellen, de historische situatie te reconstrueren. In een pilot is op basis van historisch bronnenmateriaal de overstroming van de Geldersche Vallei in 1855 beschreven en gemodelleerd.

Trefwoorden: afvoerfactor, AP, archief, bevloeiing, drainage, maaiveldsdaling, overstroming, watersysteem, waterschap, WB21

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 30,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 1145. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

Foto omslag: Veranderingen in het dwarsprofiel van de Berkel tussen 1845-1970
(naar Van der Ven, 2004)

Alterra heeft zich moeite gegeven van alle illustraties de rechthebbende op te sporen. In die gevallen waarin dat niet is gelukt, verzoekt hij de rechthebbende contact op te nemen.

© 2005 Alterra
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

[Alterra-rapport 1145/juni/2005]

Inhoud

Woord vooraf 7

Samenvatting 9

1 Inleiding 11

2 Onderzoekskader 15
2.1 Klimaat 15
2.2 Topografie en maaiveldhoogte 18
2.3 Historisch grondgebruik 22
2.4 Geohydrologie 24
2.5 Beheer en peilen van het oppervlaktewater 28
2.6 Landelijke schematisatie 30

3 Bronnen voor historisch waterbeheer 31
3.1 Literatuur 31
3.2 Archieven 33
3.3 Kaarten 35
3.4 Internet 48
3.5 Organisaties 50

4 Watersystemen 53
4.1 De kustzone 55
4.2 Het rivierengebied 64
4.3 Laag Nederland 73
4.4 Hoog Nederland 79
4.5 Aanbeveling 89

5 Overstroming Gelderse Vallei in 1855 91
5.1 Gegevensbronnen 91
5.2 Hydrologische historie van het gebied 92
5.3 Beschrijving van de doorbraak in de Grebbedijk in 1855 94
5.4 Modellering van de doorbraak in de Grebbedijk in 1855. 97
5.5 Resultaat modellering 103
5.6 Effecten van overstroming op natuur 104

Literatuur 109

Bijlagen

1 Woordenlijst 125
2 Maten en NAP 151
3 Legenda waterstaatskaart bevat de volgende onderscheidingen 155
4 Legenda Geologische kaart kaartblad Tiel 157
5 Modeluitvoer SOBEK 159

Des Menschen Seele
Gleicht dem Wasser:
Vom Himmel kommt es,
Zum Himmel steigt es,
Und wieder nieder
Zur Erde muß es,
ewig wechselnd.

Strömt von der hohen,
steilen Felswand
Der reine Strahl,
Dann stäubt er lieblich
In Wolkenwellen
Zum glatten Fels,
Und leicht empfangen,
Wallt er verschleiernd,
Leisrauschend
Zur Tiefe nieder.

Ragen Klippen
Dem Sturz entgegen,
Schäumt er unmutig
Stufenweise
Zum Abgrund.

Im flachen Bette
Schleicht er das Wiesental hin,
Und in dem glatten See
Weiden ihr Antlitz
Alle Gestirne.

Wind ist der Welle
Lieblicher Buhler;
Wind mischt vom Grund aus
Schäumende Wogen.

Seele, des Menschen,
Wie gleichst Du dem Wasser!
Schicksal des Menschen,
Wie gleichst Du dem Wind!

Johann Wolfgang von Goethe in *"Gesang der Geister über den Wassern.*

Woord vooraf

Er begint bij waterbeheerders en bij een breed publiek vanuit verschillende invalshoeken een steeds grotere belangstelling te ontstaan voor de historie van het waterbeheer. De recente publicaties als Leefbaar Laagland en die over de Hollandse en andere waterlinies zijn daar een voorbeeld van. Een nog nauwelijks ontdekt terrein in het waterbeheer is het gebruik van historische data om nieuwe watervraagstukken op te lossen. Voor het klimaatonderzoek worden op deze wijze in Europees verband oude scheepsjournaals onderzocht om de baan van depressies op de oceanen beter in de vingers te krijgen.

Ook in het waterbeheer liggen er veel historische aanknopingspunten voor de toekomstige inrichting en het gebruik van gebieden. Veel van de toekomstige watervraagstukken (WB21, Kaderrichtlijn, Noodoverlopen) hebben zich in het verleden al eens voorgedaan zoals overstromingen, waterberging, verdroging of bevloeiing. Ze zijn meestal in een geschiedkundige context beschreven, maar nooit doorgerekend op aard, omvang en effecten. Kennis over de feitelijke werking van historische watersystemen of elementen daaruit levert nieuwe inzichten en inspiratie op die weer inzetbaar zijn voor nieuwe watervragen.

Deze studie richt zich op het historisch waterbeheer van het landelijk gebied. In dit rapport worden definities, bronnen en voorbeelden beschreven. Als concrete toepassing van historisch waterbeheer is de overstroming van 1855 in de Gelderse Vallei gesimuleerd met behulp van een recent hydraulisch model. Hiermee zijn daadwerkelijke effecten van overstromingen te bepalen zoals die op natuur, landbouw en veiligheid. In dit geval is zelfs de (beperkte) werking van de militaire Grebbelinie in de 18^{e} en 19^{e} eeuw te simuleren.

Voor de hydraulische simulatie is dank verschuldigd aan Sander Hoegen, Ellen Hermans en Erik Querner van Alterra en het Waterloopkundig Laboratorium uit Delft. Dit onderdeel is mede gefinancierd vanuit het Strategisch Expertise Onderzoek binnen Alterra.

Verder wil ik Jaco van der Gaast en Han te Beest bedanken voor hun bijdrage.

Samenvatting

Er bestaat steeds meer behoefte aan introductie, herstel en reconstructie van functionerende historische watersystemen, voorbeelden zijn bevloeiing, meandering, herstel van sprengen. Ook worden historische vormen van waterbeheer herontwikkeld die zijn gericht op calamiteiten, waterberging en conservering (WB21). Hierdoor ontstaat in toenemende mate behoefte aan (kwantitatieve) kennis over de werking van historische watersystemen. Om de beschikbare kennis in kaart te brengen en zo mogelijk toe te passen is het project "Historisch Waterbeheer" gedefinieerd.

Onder historisch waterbeheer wordt binnen dit project verstaan de kwantitatieve en kwalitatieve beschrijving van de werking van de watersystemen in het verleden, inclusief de afzonderlijke elementen hiervan. Ook valt hieronder het beschrijven van ingrepen en de effecten op de hydrologische en landgebruikfuncties.

Allereerst is een overzicht gegeven van de aspecten welke van belang zijn bij de beschrijving van de watersystemen, nl. klimaat, topografie, landgebruik, geohydrologie en beheer. Voor deze aspecten is de betekenis aangegeven, de beschikbare informatiebronnen en enkele voorbeelden. Globaal is op basis van deze aspecten een indeling gemaakt van Nederland in 4 hoofdwatersystemen

Er zijn verschillende soorten informatiebronnen geïnventariseerd. De belangrijkste informatiebronnen betreffen literatuur, archieven, kaarten en databestanden. De verschillende bronnen worden besproken op hun betekenis, de soort van informatie, verder zijn voorbeelden gegeven. Omdat het historische informatie betreft is de (digitale /fysieke) beschikbaarheid vaak een probleem. Daarnaast geldt dat voor sommige aspecten historische data vrijwel ontbreken, bijv. historische maaiveldhoogte gegevens zijn moeilijk te vinden. Uit de pilotstudie blijkt dat ten aanzien van calamiteitsituaties er weer veel historische gegevens zijn vastgelegd. Deze moeten vervolgens nog wel geschikt (o.a. digitaal) worden gemaakt voor toepassing, bijv. kaartmateriaal en meetgegevens. In toenemende mate blijkt het internet een informatiebron van betekenis, echter het verdient aanbeveling de achterliggende bron te verifiëren. De waterstaatskaart lijkt een bron die veel informatie kan verschaffen over de watergeschiedenis van een gebied tussen 1850 en heden.

De vier hoofdwatersystemen, kustzone, riviergebied, hoog en laag Nederland, zijn beschreven op basis van ligging, klimaat, topografie, landgebruik en watersysteem. Hierbij zijn in grote lijnen de karakteristieke eigenschappen van het gebied en ontwikkelingen met betrekking tot het watersysteem sinds 1800 samengevat. Hierbij is veel gebruik gemaakt van illustraties.

Het uiteindelijke doel van het project is de toepassing van historische bronnen, daartoe is een pilotstudie uitgevoerd. In deze pilotstudie is informatie verzameld over de overstroming van de Geldersche Vallei na een dijkdoorbraak in 1855. Deze data is

gebruikt om vervolgens met het model SOBEK enkele simulaties door te rekenen waaronder de bewuste doorbraak. Uit deze toepassing blijkt dat, ondanks dat nog niet alle mogelijke bronnen zijn geraadpleegd, het mogelijk is de historische overstroming te simuleren. De resultaten komen redelijk overeen met de historische beschrijving. Ook zijn er nog verbeteringen mogelijk o.a. door verbetering van de data.

Voor een goed begrip van de meer locale watersystemen verdient het aanbeveling om voor een watersysteem in hoog resp. laag Nederland, meer in detail informatie te verzamelen om tot een meer gedetailleerde (modelmatige) beschrijving te komen. Voor Hoog Nederland zou de analyse zich moeten richten op de veranderingen met betrekking tot de beeksystemen (sponswerking) en voor Laag-Nederland op de historische ontwikkeling van de polder-boezembemaling (maalstop).

1 Inleiding

De ontginning en occupatie van Nederland is in belangrijke mate bepaald door de vindingrijkheid in het omgaan met water. De strijd tegen het water of juist het benutten ervan, heeft altijd in een wankel evenwicht verkeerd. Vaak ging het goed, maar soms ging het ook fout, met overstroming, verzilting of verdroging als gevolg. Dat blijkt na 1000 jaar waterbeheer nog steeds aan de orde te zijn (Buisman 1996-2000).

De aanvankelijk lokale benadering van waterbeheer in de Romeinse tijd en Vroege Middeleeuwen, gericht op ontginning, maakte al snel plaats voor een meer collectieve aanpak. Dit leidde in de 13de eeuw tot het ontstaan van de eerste waterschappen, met als hoogte- of dieptepunt de honderden waterschappen in ons land in het begin van de 20e eeuw. Deze waren vooral gericht op bovenlokaal waterbeheer. Tegenwoordig wordt de stroomgebiedbenadering nagestreefd, waardoor het aantal waterschappen drastisch is gedaald. De stroomgebiedbenadering leidt ook tot een meer internationale aanpak van het waterbeheer zoals die wordt nagestreefd bij rivieren met grensoverschrijdende stroomgebieden. Voor de waterkwaliteit heeft dit geleid tot de Europese Kaderrichtlijn Water (Europese Commissie, 2000).

De kennis die in de afgelopen duizenden jaren is ontstaan om de watersystemen 'op orde' te krijgen is vanaf de 16e eeuw steeds meer vastgelegd in kaarten, archieven en boeken. Maar ze is ook als overerfbare ervaring aanwezig bij de waterbeheerders. Het meest concreet weerspiegelt al deze kennis zich in het landschap, bijvoorbeeld in de vorm van waterlopen, dijken, meren, boezems, molens, gemalen en polders. Het waterbeheer was aanvankelijk vooral gebaseerd op ervaring en intuïtie. Daarna speelden berekeningen van ontwatering en drooglegging een steeds grotere rol. Tegenwoordig worden watersystemen steeds meer met modellen doorgerekend en ontworpen. Ook het beheer vindt steeds meer geautomatiseerd plaats. Historische kennis en ervaring spelen daarin een steeds geringere rol en raken op de achtergrond. Ondanks de technocratische ontwikkelingen neemt de behoefte aan kennis over het functioneren van historische watersystemen toe door de volgende ontwikkelingen:

- er worden historische vormen van waterbeheer herontwikkeld gericht op calamiteiten, waterberging en conservering. Ze zijn bedoeld om grootschalige wateroverlast door klimaatverandering te verminderen (WB21).
- er is behoefte aan introductie, herstel en reconstructie van functionerende historische watersystemen (bevloeiing, meandering, herstel van sprengen). Daaronder vallen ook maatregelen gericht op vernatting, historische grondwaterreferenties (GGOR) en herstel van kwel (natuurontwikkeling EHS).
- er is sprake van een toenemende betrokkenheid van niet-hydrologen bij waterdiscussies;
- er is behoefte aan kennis over daadwerkelijke effecten van historisch waterbeheer op uiteenlopende landgebruikfuncties zoals het effect van overstroming en waterberging op natuur, landbouw en bosbouw.

Historische bronnen kunnen van belang zijn als:
- referentiekader en informatiebron voor een breed publiek,
- inspiratiebron bij ontwerp, planvorming en innovatie,
- kennisbron om na te gaan hoe realistisch en inpasbaar maatregelen zijn.

Uit tal van waterstudies (Projectgroep Spankrachtstudie, 2002, Commissie Noodoverloopgebieden (Luteijn), Ruimte voor de Rivier, Commissie Waterbeheer 21e eeuw, 2000 (WB21)) blijkt dat historische data steeds vaker worden gebruikt voor onderbouwing en illustratie van modeluitkomsten. Door versnippering van historische gegevens en onbekendheid met de materie blijkt dat het gebruik van historische data tot controversiële toepassingen kan leiden. Bekende voorbeelden daarvan zijn herstel van meanderende beken in een verkeerd watersysteem of herstel van sprengen die nauwelijks water voeren of juist tot verdroging van de omgeving leiden. Dit euvel kwam overigens vroeger ook voor. Het verlaten van niet functionerende watermolens is daar een aardig voorbeeld van (Hagens, 1978, Montferland). Dat gold ook voor grote werken zoals de Hollandse waterlinie (1672) en de Grebbelinie (1744), die nooit goed hebben gewerkt. De Rijn voerde onvoldoende water aan voor de beoogde inundaties.

Deze studie richt zich op vier onderdelen:
- Een definitiestudie van historisch waterbeheer met daarin voorbeelden, en historische referenties;
- het ontsluiten van kwantitatieve historische data;
- het beschrijven van de werking van een aantal historische watersystemen en de dynamiek daarvan tussen 1800 en 2000;
- het doorrekenen van de werking van een aantal controversiële historische watersystemen op basis van historische data (klimaat, landgebruik en drainage) en meetgegevens.

Deze rapportage omvat de eerste fase, de definitie.

Definitie
Door de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek is het begrip waterbeheer gedefinieerd als "het geheel van onderzoekingen, plannen, technische werken en bestuurlijke maatregelen, dat dient om te komen tot een zo doelmatig mogelijk integraal beheer van het aanwezige grond- en oppervlaktewater".

Onder Historisch waterbeheer wordt verstaan de kwantitatieve en kwalitatieve beschrijving van de werking van de watersystemen, inclusief de afzonderlijke elementen hiervan, in het verleden. Ook valt hieronder het beschrijven van ingrepen en de effecten op de hydrologische en landgebruiksfuncties.

Afbakening
Historisch waterbeheer richt zich in deze studie voornamelijk op de periode na 1800. De keuze voor de periode rond 1800 als beginpunt heeft vooral te maken met de (landelijke) beschikbaarheid aan kwantitatieve en ruimtelijke gegevens. Vanaf de Franse tijd is er sprake van een centrale staat en is de fysieke leefomgeving op een

gestandariseerde wijze beschreven. Vanaf deze periode zijn een aantal zaken landelijk ingevoerd. Voorbeelden daarvan zijn het Kadaster, het Amsterdams Peil, het metrieke stelsel etc. Hierdoor is er ruimtelijke informatie over grotere gebieden beschikbaar en kunnen gegevens onderling worden vergeleken. Ter illustratie wordt wel vanaf de 16e eeuw een beeld geschetst van de grootschalige ontwikkelingen in het nederlandse watersysteem.

Doel

Kennis uit het project Historisch waterbeheer moet inzicht geven in de werking van de watersystemen in het verleden en de belangrijke veranderingen die hierin hebben plaatsgevonden. Hiervoor wordt kwantitatieve en kwalitatieve informatie over de werking van watersystemen bijeengebracht, ontsloten en beoordeeld op bruikbaarheid.

2 Onderzoekskader

Een belangrijke doelstelling in dit project is de mogelijkheid om historische watersystemen (modelmatig) door te rekenen of anderszins te beoordelen op hun hydrologische werking en effecten op landgebruik. Er zijn vijf aspecten die een belangrijke rol spelen bij het beschrijven en doorrekenen van (historische) watersystemen. Dit zijn:

- Klimaat (neerslag en verdamping);
- Topografie (hoogtegegevens, ligging van waterlopen);
- Landgebruik (begroeiing en gewassen);
- Geohydrologie (opbouw ondergrond, waterwinning);
- Beheer (waterbeheer, peilgegevens, maatvoering kunstwerken en dimensie van waterlopen).

Daarnaast kunnen de effecten van extremen, zoals overstromingen, droogte of verzilting informatie verschaffen over de werking en veerkracht van historische watersystemen. Bovengenoemde aspecten worden in onderstaande paragrafen uitgewerkt. Hierin wordt de betekenis aangegeven, welke bronnen hiervoor beschikbaar zijn en hoe de data zijn ontsloten. Van ieder aspect worden een aantal voorbeelden gegeven.

2.1 Klimaat

Betekenis

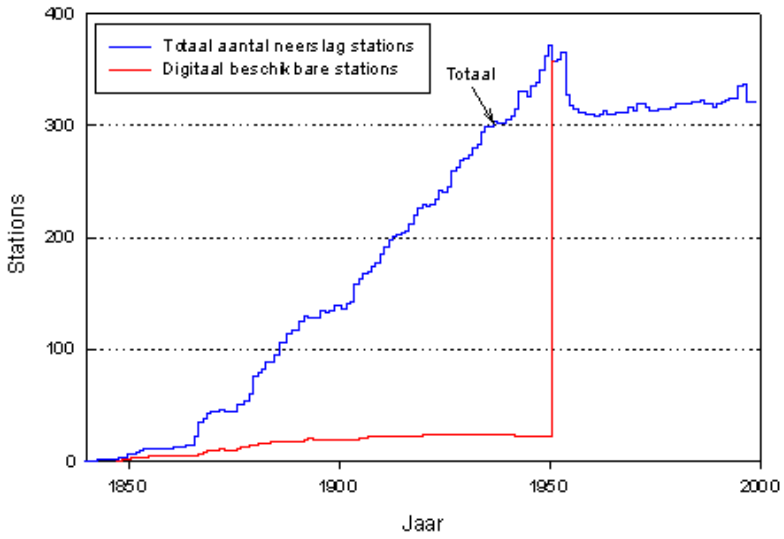
Onder klimaat worden in feite de meteorologische condities verstaan over een periode van dertig jaar. Vanuit het waterbeheer zijn neerslag en verdamping belangrijke parameters. Beide bepalen het neerslagoverschot en daarmee de grondwateraanvulling oftewel de af te voeren hoeveelheid neerslag. Daarbij zijn niet alleen gemiddelde waarden, maar vooral ook extremen van belang omdat ze een beroep doen op de dimensionering van waterlopen, dijken, kunstwerken etcetera. Het hele concept van Waterbeheer 21^{e} eeuw (Commissie Waterbeheer 21^{e} eeuw, 2000) is gebaseerd op de te verwachten veranderingen in neerslag en verdamping door klimaatverandering en de daarvoor noodzakelijke inrichting van watersystemen. Naast neerslag en verdamping zijn ook windsterkte en -duur belangrijk, bijvoorbeeld voor het optreden van stormvloeden en voor de werking van de polderbemaling, die in het verleden hoofdzakelijk via windmolens plaatsvond. Ook de temperatuur is van belang, bijvoorbeeld bij de ijsvorming op de rivieren en de overstromingen die daar weer het gevolg van waren.

Bronnen

Door Buisman (1995, 1996, 1998, 2000) is in samenwerking met het KNMI en op basis van archiefonderzoek veel historische informatie over het weer in de afgelopen 1000 jaar verzameld. Er zijn geen meetreeksen gegeven, maar vooral extremen zoals overstromingen, droogte, ijsvorming op de rivieren, neerslag (sneeuw, hagel, regen)

en de directe of indirecte gevolgen hiervan (brand, oogstdepressie, wijnjaren etcetera). Naarmate de bronnen recenter zijn, worden per jaar ook kwartaaloverzichten samengesteld met meteorologische karakteristieken. Andere, meer objectieve historische gegevens over de klimatologische condities worden soms afgeleid uit jaarringen van bomen, uit pollenanalyses of uit bodemkundige waarnemingen (overstromingen, verstuivingen, veenvorming).

Meetreeksen met meteorologische waarnemingen stammen pas uit het midden van de 18e-eeuw en het begin van de 19e eeuw. Het KNMI verzamelt sinds 1854 systematisch weergegevens in Nederland. Over de periode voor 1854 zijn soms al lange meetreeksen met instrumentele waarnemingen bekend, bijv. luchtdruk en temperatuur. De bekendste reeks is die van Zwanenburg (1735-1861). De gegevens van het KNMI zijn aanvankelijk alleen in De Bilt verzameld, maar geleidelijk uitgebreid met gegevens van andere stations. In figuur 2.1, ontleend aan KNMI (internet), is de ontwikkeling van het aantal neerslagstations sinds de oprichting van het KNMI weergegeven alsook de digitale beschikbaarheid van deze gegevens.



Figuur 2.1 Ontwikkeling van het aantal neerslagstations in Nederland en de digitale beschikbaar van data (KNMI).

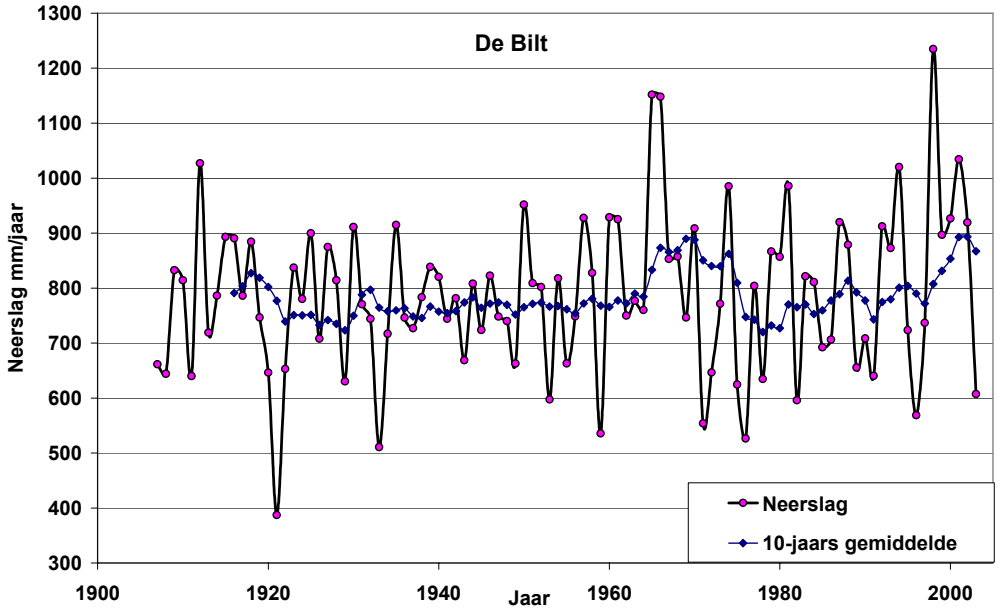
In de periode 1850-1950 is het aantal neerslagstations voortdurend uitgebreid, vanaf 1950 blijft het aantal vrijwel constant. Voor de periode na 1900 zijn meetreeksen voor de stations Den Helder, Groningen, De Bilt, Twenthe, Vlissingen en Maastricht digitaal beschikbaar bij het KNMI, vanaf 1950 zijn alle stations digitaal beschikbaar.

Voorbeeld
In tabel 2.1 is als voorbeeld voor enkele locaties de gemiddelde waarde gegeven voor de maandelijkse neerslag over een langer tijdvak.

Tabel 2.1 Historische data over de gemiddelde neerslag (in mm) per maand voor Zwanenburg, Utrecht en Rijnland

Maanden	Zwanenburg 1743-1841	Utrecht 1849-1884	Rijnland 1870-1896
Januari	37,8	49,0	49,5
Februari	37,1	45,9	30,8
Maart	36,2	43,9	47,4
April	37,7	39,6	33,2
Mei	39,6	48,5	43,8
Juni	53,0	54,7	48,9
Juli	68,3	77,2	77,9
Augustus	75,4	85,3	93,1
September	71,7	67,9	83,1
October	78,6	70,5	101,8
November	70,2	60,6	65,4
December	51,5	62,5	59,3
Jaar	657,2	705,6	734

Een tweede voorbeeld van een historische meetreeks is weergegeven in figuur 2.2. Hierin is voor De Bilt de gemiddelde jaarlijkse neerslag weergegeven voor de periode van 1907 tot heden. Het droogste jaar in deze reeks voor De Bilt was het jaar 1921 met circa 400 mm en het natste 1998 met circa 1200 mm. Dergelijke extremen zijn van grote invloed geweest op de werking van (historische) watersystemen en het beheer ervan.



Figuur 2.2 Gemiddelde jaarlijkse neerslag te De Bilt tussen 1907-2003 (KNMI).

2.2 Topografie en maaiveldhoogte

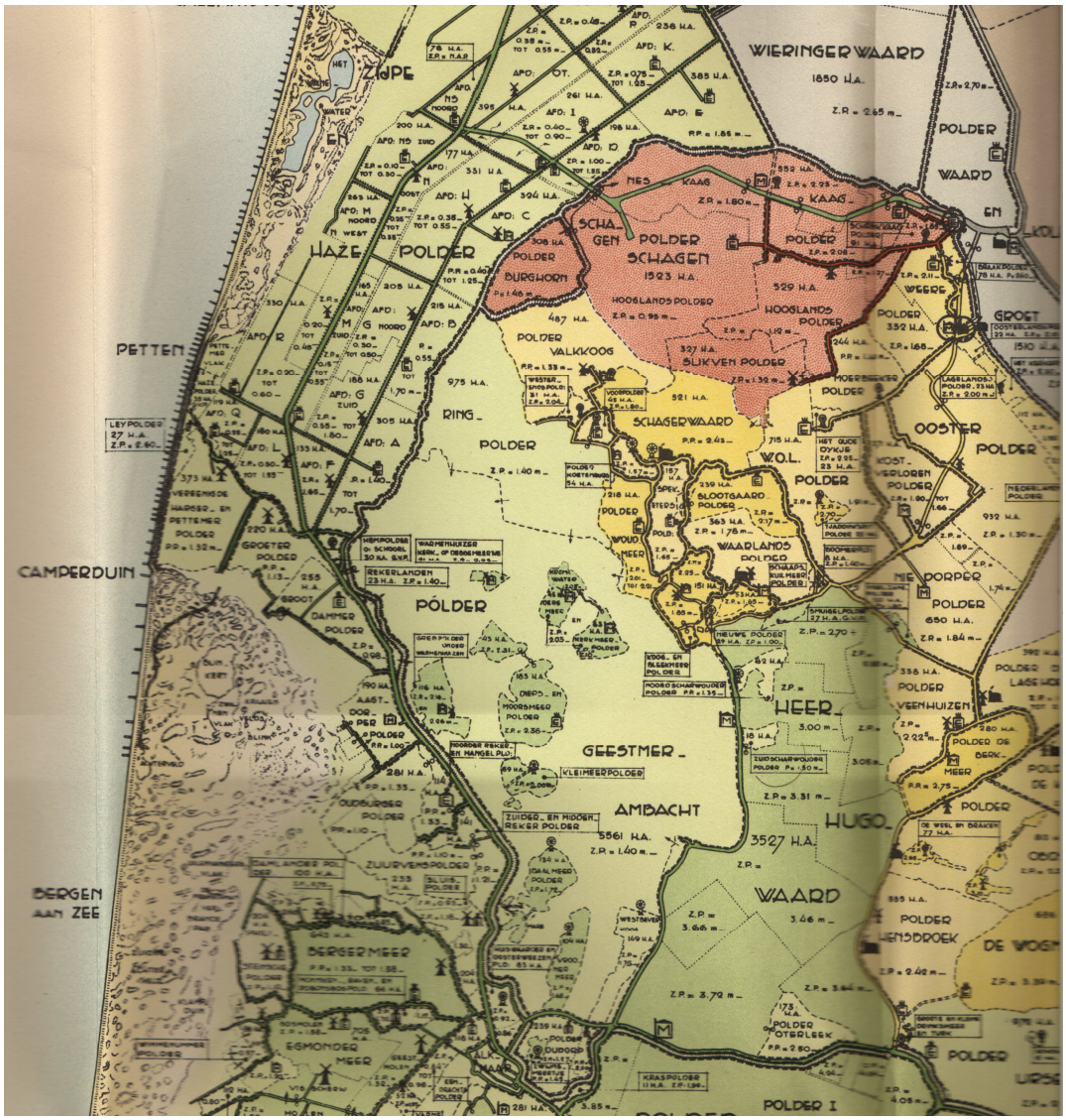
Topografie

Betekenis
Onder topografische elementen worden verstaan waterlopen, dijken, wegen, molens en kunstwerken (bijv. stuwen en sluizen). Een grote dichtheid aan waterlopen betekent dat het neerslagoverschot relatief snel kan worden afgevoerd, bovendien betekent een grote dichtheid aan waterlopen dat er veel water kan worden geborgen in de waterlopen. In gebieden met weinig tot geen waterlopen zal het neerslagoverschot via de ondergrond worden afgevoerd (stuwwallen) of tijdelijk worden geborgen in de bodem en op maaiveld. Als de bodemberging beperkt is zal de grondwaterstand stijgen tot in het maaiveld, waardoor lage gebieden inunderen. Deze situatie kwam in het verleden veelvuldig voor. Staring (1847) omschrijft deze gebieden als *"Broeken en veengronden, die voorheen geheel afgesloten waren, en alleen door uitdamping konden opdrogen"*. Dijken en kades zijn topografische elementen die gebieden moeten beschermen tegen water van buiten. Dit kan buitenwater betreffen van rivier of zee, maar ook van naastgelegen polders of uit hogere gebieden (zuur hoogveenwater). Topografische aanduidingen geven informatie over de historische situatie. Zo betekent de aanduiding lage of zomerweg naast hoge of winterweg dat eerstgenoemde weg in de natte winterperiode niet begaanbaar was. Wegen hebben in een aantal situaties tevens een waterkerende functie. Voor het beheer van het oppervlaktewaterpeil en voor de afvoer van het oppervlaktewater zijn in het verleden kunstwerken gemaakt, zoals stuwen, molens en gemalen.

Bron
De belangrijkste bron voor topografische elementen is de topografische kaart. Op de eerste topografische kaarten worden al topografische elementen als de belangrijkste waterlopen en dijken aangeduid. Deze kaarten zijn vanaf het einde van de 18^{e} eeuw voor delen van Nederland beschikbaar en vanaf 1850 voor heel Nederland. De oudste waterschappen hadden voor het beheer eveneens behoefte aan goede kaarten met de ligging van topografische elementen. Dit zijn de zogenaamde polderkaarten. De eerste landsdekkende kaart voor dit doel is de waterstaatskaart die o.a. locaties van verschillende waterlopen, dijken, molens etc weergeeft. Naast deze kaarten zijn er in de loop der tijd overzichten gemaakt met gegevens van topografische elementen als polders, dijken en bemaling. Voor een beperkt aantal provincies, zoals Groningen, Noord-Holland en Zuid-Holland is er veel informatie vastgelegd. Deze beschrijving is recentelijk overgenomen door de provinciale beschrijvingen bij de waterstaatskaart. Daarnaast hebben waterschappen in de loop der tijd zogenaamde leggers opgesteld. In de legger zijn de ligging en afmetingen en hoogten van waterlopen, dijken en kunstwerken vastgelegd en worden deze bijgehouden. Recent wordt deze informatie digitaal gemaakt, zowel de leggers als de waterstaatskaart (WIS).

Voorbeeld
Een voorbeeld van een kaart waarop topografische elementen zijn weergegeven geeft figuur 2.3, waarin een deel van Noord-Holland is weergegeven. Duidelijk herkenbaar zijn de grote waterstaatkundige eenheden met de inrichting in polders met de

bijbehorende molens, gemalen, boezem en dijken. Ook zijn enkele drooggemaakte meren nog herkenbaar.



Figuur 2.3 Topografische elementen van de waterstaat in een deel van Noord-Holland (Kooiman, 1936)

Maaiveldhoogte

Betekenis
De maaiveldhoogte bepaalt, zeker in het verleden, in hoge mate de ontwateringbasis. De maaiveldhelling bepaalt de richting en snelheid waarmee water uit een gebied wordt afgevoerd

In het verleden zijn onder invloed van geologische (bijv. tektonische bewegingen, aardbevingen, erosie en sedimentatie) en bodemkundige factoren (bijv. bodemvorming, rijping) veranderingen opgetreden in de maaiveldhoogte. Hierdoor is ook de hydrologie veranderd. In de afgelopen eeuwen zijn er door ontginning,

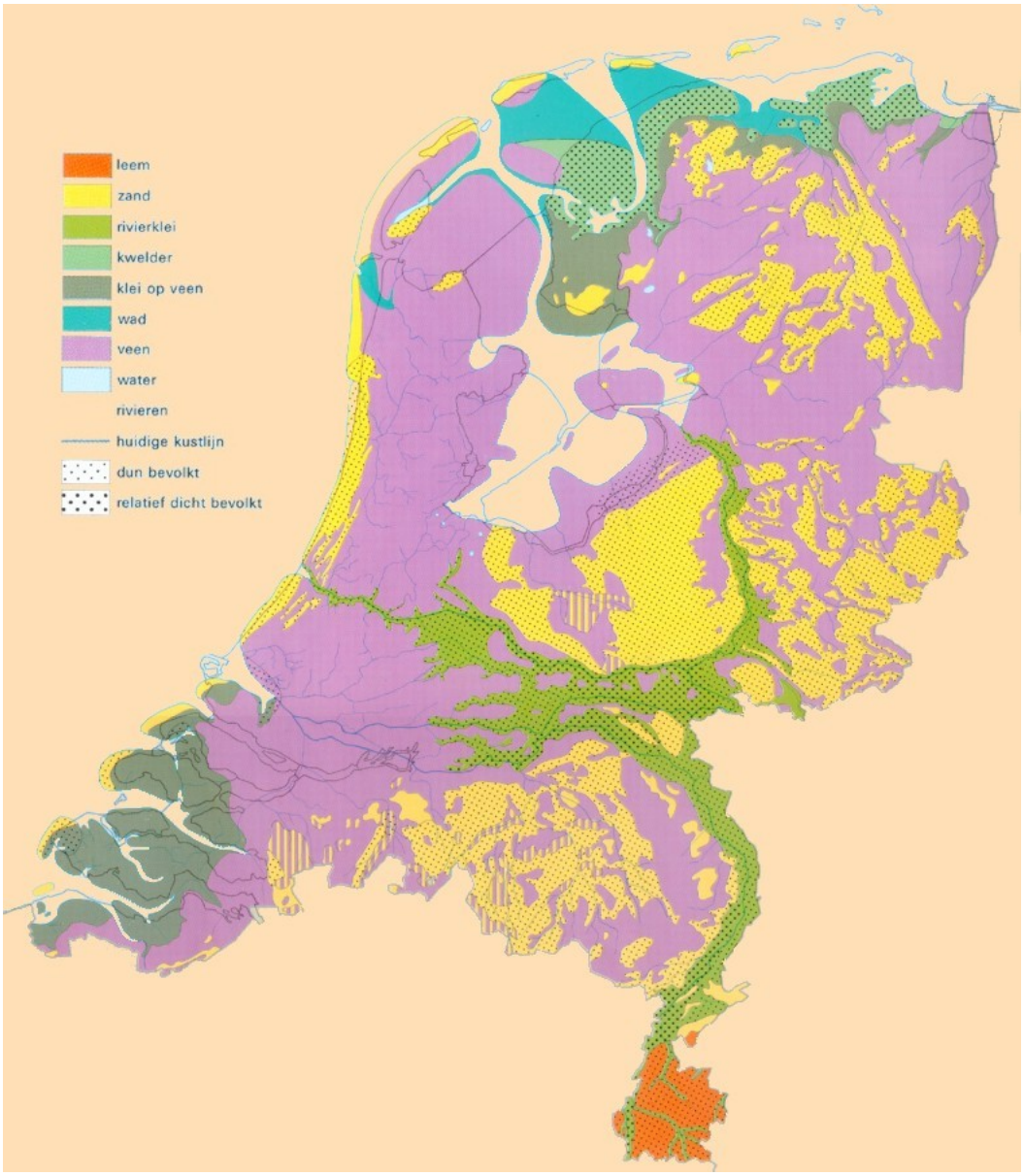
ontwatering en verandering in landgebruik grote veranderingen opgetreden in de maaiveldhoogte en topografie met grote gevolgen voor de historische en toekomstige waterhuishouding. Vaak is er op grote schaal maaivelddaling opgetreden door ontwatering en inklinking. Op lokale schaal zijn (natte) percelen opgehoogd. Het meest spectaculair zijn de veranderingen als gevolg van afgraving en inklinking van veen. Ook in de komende eeuwen zijn ingrijpende veranderingen in de maaiveldhoogte te verwachten, bijvoorbeeld door de gaswinning in het noorden van het land en de ontwatering van de veenweidegebieden.

Bron

Meetgegevens over maaiveldhoogten zijn van relatief recente datum. Voor het maken van kaarten met maaiveldhoogten is een referentievlak nodig. Hiervoor is aanvankelijk (vanaf 1682) het Amsterdams Peil gebruikt (Bijlage 2). Dit niveau is geleidelijk over het land verspreid en daardoor was het mogelijk maaiveldhoogten en waterhoogten met elkaar te vergelijken (zie paragraaf 3.2). Na een nieuwe landelijke meting van waterpaspunten is in 1885 het NAP ingevoerd. Deze nieuwe metingen verschilden lokaal soms sterk van het AP. Vanuit het grove netwerk aan waterpaspunten zijn pas later gedetailleerdere maaiveldhoogten ingemeten. De belangrijkste toepassing hiervan lag in het waterbeheer. Op de eerste waterstaatskaarten is hoogte-informatie beperkt weergegeven en veelal gekoppeld aan topografische elementen als dijken en wegen. Hierdoor is het niet eenvoudig om een vlakdekkende reconstructie te maken van het vroegere maaiveld. Het oudste vlakdekkende hoogtebestand dat geschikt is voor hydrologische berekeningen is het hoogtepuntenbestand 1 : 10 000. Dit bestand is vooral opgebouwd uit natuurlijke punten (veldmetingen). Het is door de Meetkundige Dienst in samenwerking met de Topografische Dienst ingemeten. De metingen dateren uit de jaren 50 en '90 van de vorige eeuw. Het bestand is digitaal beschikbaar (TOPhoogteMD). Sinds eind jaren '90 is het Actueel Hoogtebestand van Nederland (AHN) opgebouwd. Via laseraltimetrie, waarbij met een laserscanner vanuit een vliegtuig de afstand tot het aardoppervlak wordt gemeten, wordt de hoogtebepaling uitgevoerd. Hierbij is een meetwaarde per 16 m^2 geïnterpoleerd naar een 5m* 5m grid (Heerd et al., 2000). De nauwkeurigheid hiervan bedraagt 5 centimeter met een standaardafwijking van 15 cm. Met dit bestand zijn door de grote mate van detail ook veel historische waterlopen te traceren door relatieve maaiveldverschillen.

Voorbeeld

De grootste veranderingen in maaiveldhoogte hebben zich voorgedaan in veengebieden. Aan de hand van figuur 2.4 is te zien hoe uitgebreid de veenbedekking in het verleden is geweest.

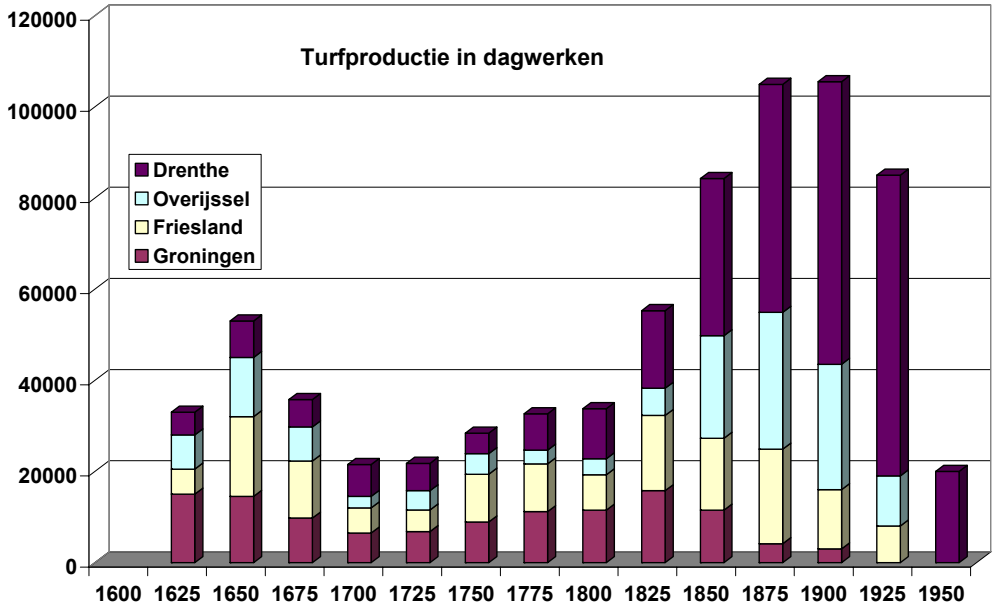


Figuur 2.4 Gebieden waar in de afgelopen 8000 jaar veen aanwezig is geweest (Atlas van Nederland, Bewoningsgeschiedenis, http://avn.geog.uu.nl/index02.html).

Borger (1977) vermeld dat door de voortdurende verlaging van de waterstand het maaiveld in West-Friesland thans 3,5 m lager ligt dan in de 14e eeuw.

Voor de turfproductie zijn enorme hoeveelheden veen gewonnen en verstookt. In figuur 2.5 is voor de noordelijke provincies de turfproductie weergegeven. Deze productie is berekend op basis van gegevens van Gerding (1995). De turfwinning heeft in de hoogveengebieden naast een aanzienlijke daling van het maaiveld ook geleid tot grote veranderingen in de afvoer en de loop van beken.

Door Gerding (1995) is studie uitgevoerd naar de turfproduktie in Noord-Nederland over de periode 1550-1950. In figuur 2.5 is het verloop van de jaarlijkse productie met tussenstappen van 25 jaar, voor de vier noordelijke provincies, weergegeven.



Figuur 2.5 Turfproductie voor de vier noordelijk provincies in dagwerken (dagwerk is ca 10000 turven of 81 m3 turf (bron Gerding)

In totaliteit is, onder de aanname dat de getallen per 25 jaar constant blijven, een hoeveelheid van 1,4 miljard m^3 turf afgegraven.

2.3 Historisch grondgebruik

Betekenis

Het grond- of bodemgebruik speelt in het waterbeheer een rol bij de verdamping en in hellende gebieden ook bij erosie en het vasthouden van water. Bij een overstroming bepaalt het grondgebruik de (afvoer)weerstand die het water ondervindt. Historisch grondgebruik geeft daarnaast ook nog aanvullende informatie over de historische grondwatersituatie (Runhaar et al., 2003). Voor de landbouw-intensivering was het grondgebruik in hoge mate een afspiegeling van de abiotiek. Natte of overstroomde gronden waren als grasland, moerasbos of hooiland in gebruik, drogere gronden waren vaker als akker, boomgaard, heide en naaldbos in gebruik.

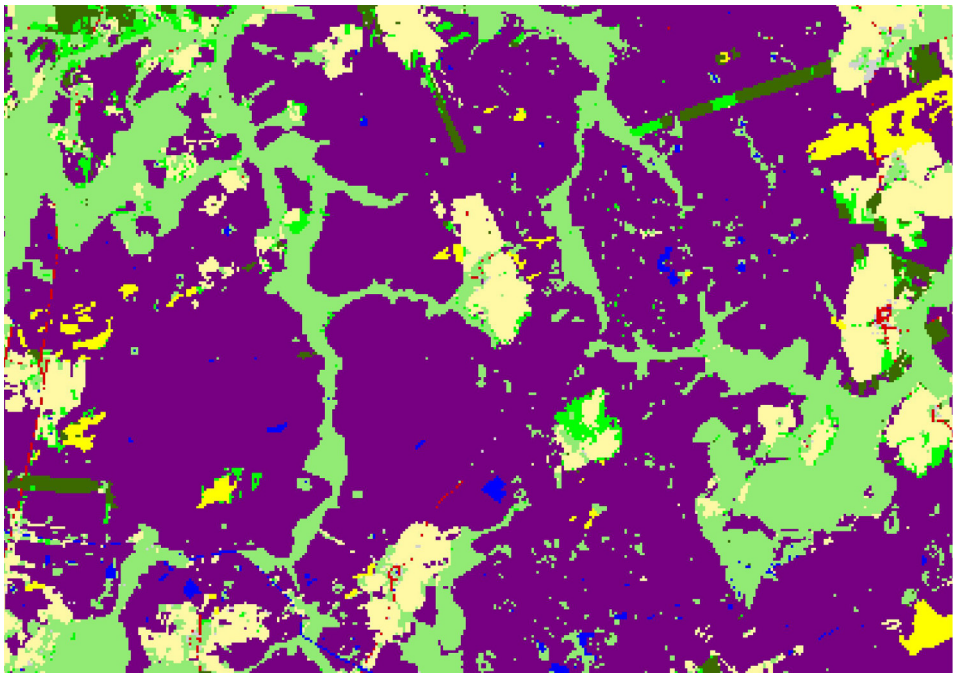
Bron

Historische topografische kaarten zijn een belangrijke bron voor het historische grondgebruik. De eerste gedetailleerde topografische kaarten van grotere regio's dateren van omstreeks 1800 (De Man, Hottinger, Tranchot). Deze kaarten zijn aanvankelijk vooral vanuit militair oogpunt gemaakt, in de loop der tijd bevatten de

kaarten steeds betere informatie over het grondgebruik. De eerste landsdekkende gedetailleerde (1 : 2500 tot 1 : 5000) kaarten met grondgebruik zijn de kadastrale kaarten uit ca. 1832. Naast het grondgebruik zijn ook de belastingklassen per klasse van grondgebruik aangeduid. Deze zijn soms indicatief voor de abiotische condities (Knol en Noordman, 2003b). Voor percelen die vanuit de rivieren overstroomden worden soms ook dijklasten geheven. Hierdoor zijn hydrologische reconstructies mogelijk. Vanaf 1850 verschijnen landsdekkende topografische kaarten 1 : 25 000 en 1 : 50 000. Op deze topografische kaarten zijn zeer goed de veranderingen in het grondgebruik en de infrastructurele werken (kanalen, spoordijken, riviernormalisatie) te volgen. Voor de periode rond 1900 is er een landsdekkend gedetailleerd GIS bestand met het grondgebruik (Knol et al., 2004). Voor Noord-Holland en Oost-Nederland zijn er tijdreeksen met grondgebruik sinds 1850 als GIS bestand ontwikkeld (Knol et al., 2003a, Knol et al, 2003c).

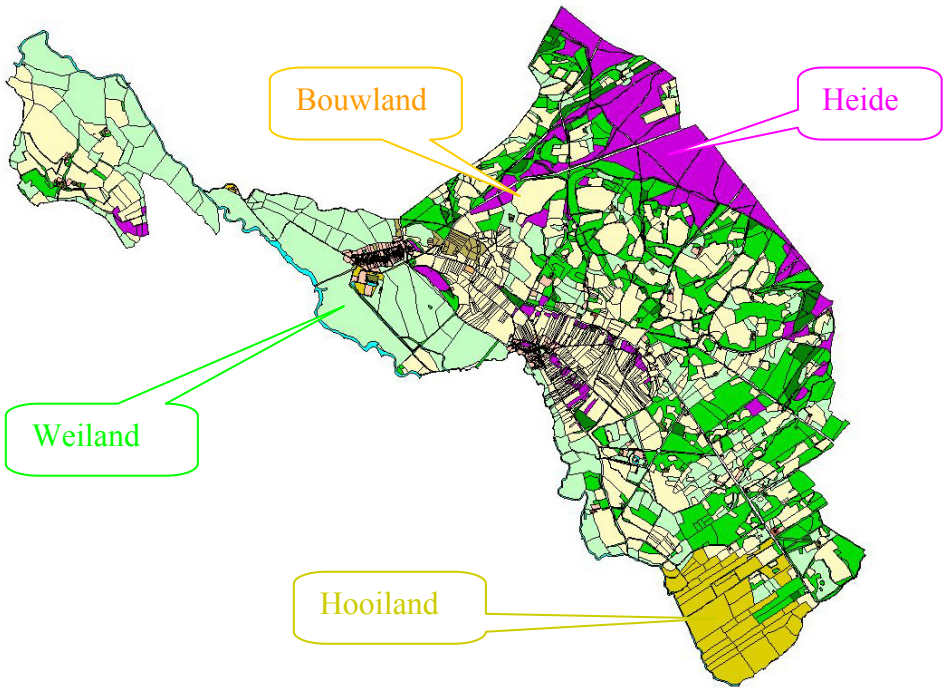
Voorbeeld

In figuur 2.6 is voor een gebied in Drenthe rond 1900 de ligging van de beekdalen en overstromingsvlakten gemarkeerd door grasland en die van de hogere gronden door akkers (esgronden) en stuifzanden. De talrijke vennen op de kaart zijn nu vrijwel verdwenen, maar geven een goede indicatie van de historische waterhuishouding. Het grote areaal heidegebied was niet gedraineerd en fungeerde door de ondoorlatende keileem als oppervlakkig afvoergebied. In een groter verband blijkt uit deze kaart dat de esgronden precies op de stuwwalrelicten van de Hondsrug liggen.



Figuur 2.6. Grondgebruik rond 1900 (Knol, 2004) in een deel van Drenthe (groen=grasland; paars=heide; lichtgeel= akker; geel=stuifzand; blauw=water; rood= bebouwing en verharde wegen).

In figuur 2.7 is een voorbeeld van een deel van de kadastrale atlas voor de gemeente Wisch (sinds 1-1-2005 onderdeel van de gemeente Oude IJsselstreek in Oost-Gelderland) weergegeven.



Figuur 2.7 Grondgebruik kadastrale gemeente Wisch (Gelderland) volgens kadastrale gegevens uit 1832 (Massop, in prep).

Het gebied in figuur 2.7 wordt aan de westzijde begrensd door de rivier de Oude IJssel, een zijrivier van de IJssel. Duidelijk is te zien dat de (soms overstroomde) hooi- en weilanden aan de rivier grenzen, terwijl verder verwijderd van de rivier de bouwlandcomplexen zijn gesitueerd omringd door bos. Nog verder van de rivier liggen de woeste gronden (heide).

2.4 Geohydrologie

Betekenis

De hydrologische eigenschappen van de ondergrond bepalen de stroomrichting en stroomsnelheid van het grondwater. Slecht- of ondoorlatende bodems (bijv. ondiepe keileem, ongerijpte klei) betekenen dat het water niet of slechts gedeeltelijk door deze laag zal infiltreren en vooral ondiep of over het maaiveld tot afvoer komt. Niet alleen de opbouw van de ondiepe ondergrond is van belang maar ook de opbouw van de diepere ondergrond met slecht doorlatende lagen en watervoerende pakketten. De opbouw van de diepe ondergrond is in de afgelopen eeuwen op de meeste plekken weinig veranderd, in tegenstelling tot die in de bovenste meters. Wel zijn door hydrologische ingrepen de diepe stroombanen van het grondwater sterk veranderd, bijv. door waterwinning en droogmakerijen. Dit heeft grote gevolgen gehad voor het optreden van kwel en het verzilten van het grondwater. Ook de diepe winning van delfstoffen zoals gas en bruinkool (grensgebied) is van grote invloed geworden op de waterhuishouding. Vooral door ingrepen in de ondiepe ondergrond zijn de geohydrologische eigenschappen veranderd. Zo heeft de verlaging van de grondwaterstand in de Betuwe (drainage van komgronden) ertoe geleid dat de

doorlaatfactor van de ondiepe slecht doorlatende laag, tussen de vijftiger en zeventiger jaren, is verbeterd van gemiddelde 0,05 m/d naar 0,10 m/d (Van Hoorn, 1988). Door grondverbetering, ontginning en ondiepe winning van delfstoffen zijn soms de fysische eigenschappen van de bodem gewijzigd. Voorbeelden daarvan zijn de ontginning van heidegronden, waarbij slecht doorlatende ijzeroerbanken zijn doorbroken en de rodoornige gronden in de beekdalen in Overijssel, de Achterhoeken en Brabant. Het doorbreken van stagnerende lagen betekent dat de oppervlakkige afvoer afneemt en er meer ondergrondse berging ontstaat. Winning van ondiepe delfstoffen zoals klei, zand en turf heeft zowel invloed gehad op de geohydrologie als op de omvang van stroomgebieden.

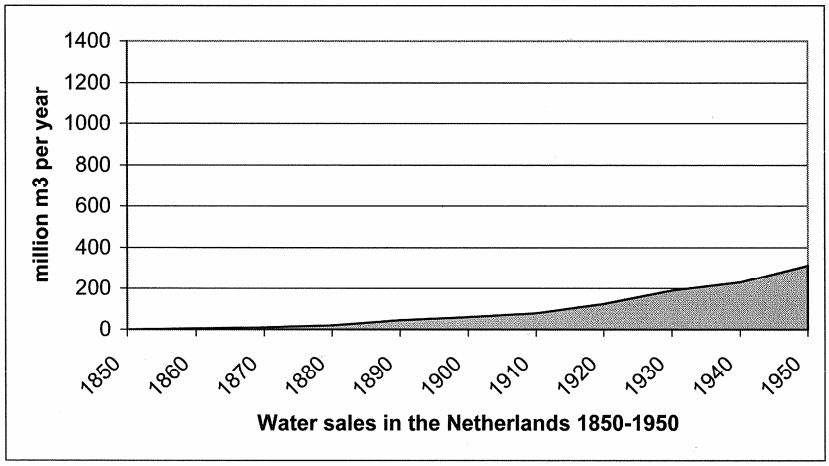
Bronnen

Voor de opbouw van de diepere ondergrond zijn geologische en geohydrologische kaarten van belang. Voor die van de ondiepe ondergrond (1-5 meter) zijn bodem- en grondwaterkaarten en ondiepe geologische karteringen van belang. De eerste landsdekkende geologische kaart van Nederland is ontworpen door W.C.H. Staring in de periode 1858-1867. In 1918 is de Rijks Geologische Dienst opgericht met als doel het opnemen en uitgeven van een moderne geologische kaart van Nederland. Deze Dienst heeft omstreeks 1940 de eerste kartering van Nederland, schaal 1 : 50 000 voltooid. In de loop der tijd zijn o.a. voor de kartering veel grondboringen uitgevoerd en gegevens verzameld. Het boringenarchief, dat door Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen (NITG) wordt beheerd, bevat ca 350 000 boringen (Van der Linden et al., 2002). Vooral voor landbouwkundig gebruik is de bodem van Nederland 1 : 50 000 tot op ca 1,20 m-mv gekarteerd (STIBOKA). Voor specifieke gebieden bestaan er 1 : 10 000 karteringen. Ze stammen uit de periode 1960-1990. Veel oudere bodemkaarten zijn er nauwelijks. Naast kartering is door middel van hydrologisch onderzoek inzicht gekregen in de werking van watersystemen. Door onderzoek ten behoeve van de winning van drinkwater, zijn veel boringen uitgevoerd en is kennis vergaard over de opbouw van de diepere ondergrond en de samenstelling van het grondwater. De Vries (1982) geeft een overzicht van de ontwikkeling van het hydrologisch onderzoek in Nederland.

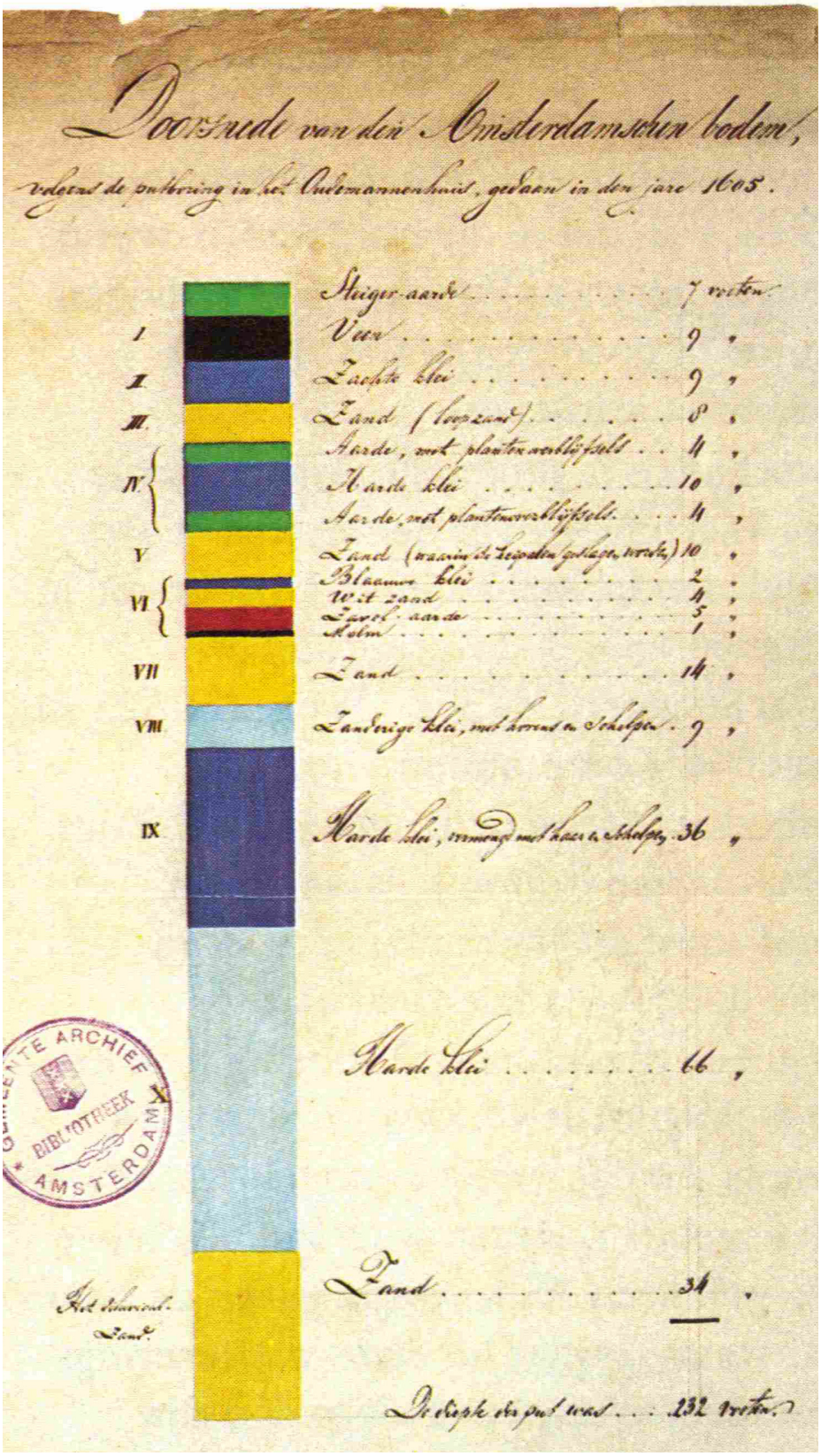
De oudste vlakdekkende grondwaterkarteringen zijn de COLN karteringen, rond 1950 (Visser, 1958). Ze zijn 1 : 250 000 gekarteerd en geven een overzicht van de zomer- en wintergrondwaterstanden in Nederland. Van sommige waterwinningen zijn vanaf 1890 (Vewin, 1895-1996) gegevens bekend over de hoeveelheid gewonnen grondwater. Voor historische reconstructies zijn soms archieven van waterinstituten van belang. Het gros van de hydrologische metingen zijn pas na 1950 verricht. Gegevens uit voorliggende perioden zijn soms in de literatuur te vinden, maar niet systematisch ontsloten. Historische of referentiegrondwaterstanden worden soms afgeleid uit de bodemkaart (Jansen et al., 1999) of op basis van (fossiele) hydromorfe kenmerken. Dergelijke referenties zijn niet goed te dateren omdat dergelijke kenmerken het resultaat zijn van langlopende bodemkundige processen en hydrologische omstandigheden.

Voorbeeld

Veel kennis over de opbouw van de ondergrond is verkregen via onderzoek tbv de drinkwaterwinning. In figuur 2.8 is de ontwikkeling van de waterverkoop sinds 1850 weergegeven. En in figuur 2.9 een boring van de Amsterdamse bodem uit 1605 tot een diepte van 232 voeten.



Figuur 2.8 Waterverkoop in Nederland tussen 1850-1950 (Klostermann, 2003).



Figuur 2.9 Putboring Oudemannenhuis te Amsterdam uit 1605 (Groen, 1978)

2.5 Beheer en peilen van het oppervlaktewater

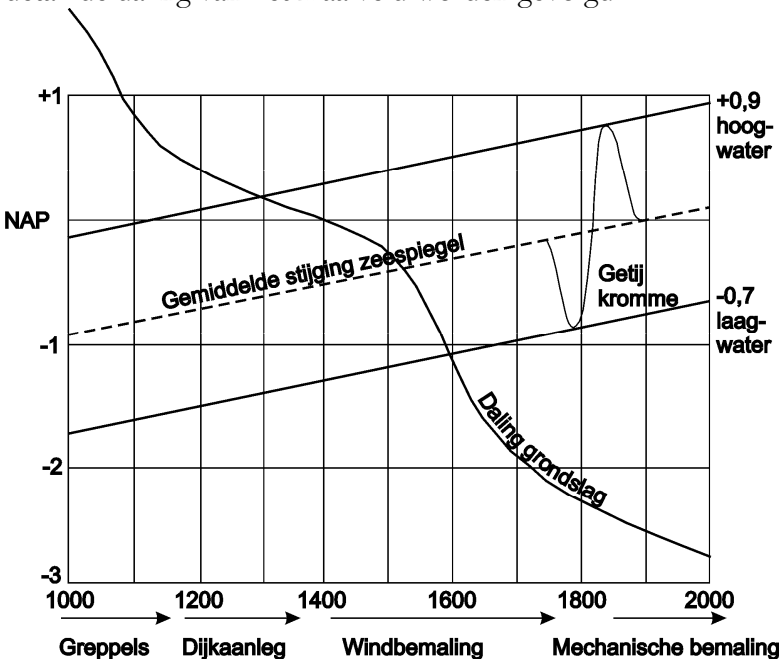
Betekenis
Historische gegevens over waterpeilen, dimensionering van waterlopen, maatvoering van kunstwerken en dijken, afvoeren en het beheer van grond- en oppervlaktewater geven de meest concrete aanwijzingen over de werking van historische watersystemen of van elementen daarvan. Onderstaande beschrijving geeft een samenvattend overzicht van de ontwikkeling van het beheer en de inrichting van het watersysteem in de afgelopen eeuwen.

Aanvankelijk bestond de waterhuishoudkundige inrichting van veel gebieden vooral uit het graven van waterlopen (greppels), om de drooglegging te vergroten, en het aanleggen van dijken ter bescherming tegen het buitenwater. Door afsluiting van zeegaten en rivieren nam de invloed van eb en vloed in het westen af en zijn boezemsystemen gecreëerd. Deze systemen beschikten over een groot bergingsvolume en over zoet water. Door middel van sluizen kon tijdens laag water het overtollige water worden geloosd. Doordat natuurlijke lozing in laag Nederland steeds moeilijker werd, is geleidelijk overgeschakeld op kunstmatige bemaling. Aanvankelijk vond bemaling plaats via windmolens en later dmv gemalen. In Noord-Holland en Friesland was de verzilting door inlaat van brak/zout water en zoute kwel een probleem. De afsluiting van de Zuiderzee heeft geresulteerd in een groot zoetwaterbekken, hierdoor zijn in Friesland en Noord-Holland de problemen met verzilting afgenomen. In het hoge deel van Nederland zijn waterlopen gegraven (sprengen) of aangepast (verlegd), veelal om watermolens aan te kunnen drijven. Bij de ontginning van de woeste grond zijn nieuwe ontwateringstelsels gegraven. Hierdoor nam de sponswerking van het gebied af en werd het water sneller afgevoerd. Dit leidde tot meer wateroverlast benedenstrooms. Om deze overlast te verminderen zijn beekverbeteringsplannen uitgevoerd. Aanvankelijk waren de plannen slechts gericht om de wateroverlast in de zomer te beperken. De nadelige gevolgen van deze zogenaamde zomervloeden waren het verrotten van het hooi op het land en het afspoelen van meststoffen. Tegen de wintervloeden had men aanvankelijk veel minder bezwaar vanwege de bemestende invloed. Sinds het grootschalige gebruik van de kunstmest na 1890 (Priester, 1991), volgt er veelal een tweede verbeteringsronde. Deze was ook gericht op het tegengaan van winteroverstromingen. Na deze verbeteringsronde (1920-1950) komen de eerste berichten over verdroging in de landbouw. Deze wordt vervolgens tegengegaan door het plaatsen van stuwen. Na WO2 treedt een verdergaande rationalisatie van de landbouw op en worden er steeds hogere eisen aan de ontwatering en verkaveling gesteld. Dit heeft geleid tot de uitvoering van ruilverkavelingen en waterbeheersingsplannen die veelal hebben geresulteerd in lagere grondwaterstanden. Deze ingrepen in het landbouwgebied stralen uit naar de omliggende natuurgebieden waar eveneens verdroging is opgetreden. Ook beregening en winning van drink- en industriewater zijn sterk toegenomen en dragen mede bij aan de verdroging. De nieuwste inrichtingsopgaven voor het watersysteem zijn vooral gericht op verdrogingsbestrijding van natuur, veiligheid (noodoverloopgebieden) en het voorkomen van economische schade door klimaatverandering (WB21).

Bronnen

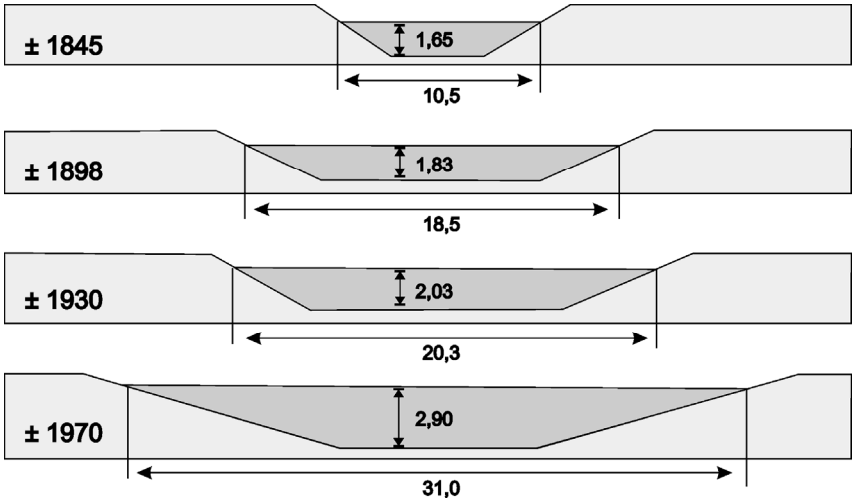
Over het beheer en de ingrepen in de waterhuishouding is veel geschreven. Voor het lage deel van Nederland geeft Beekman (1909, 1932, 1948) veel inzicht en kwantitatieve informatie. Van der Ven (1993 en 2004) geeft voor heel Nederland een overzicht van de veranderingen in het watersysteem. Gedenkboeken van waterschappen, provincies en Rijkswaterstaat zijn daarnaast belangrijke bronnen om de kwantitatieve veranderingen in beheer en inrichting te traceren. Meer detailinformatie is aanwezig in archieven van waterschappen en provinciale waterstaat.

Voorbeeld
In figuur 2.10 is schematisch voor laag Nederland aangegeven hoe onder invloed van o.a. waterhuishoudkundige maatregelen het maaiveld in de loop der tijd is gedaald. Dit effect is vooral bepaald door technologische ontwikkelingen. Voor afzonderlijke polders en boezemgebieden kan aan de hand van afvoer- en peilgegevens meer in detail de daling van het maaiveld worden gevolgd.



Figuur 2.10 Schematische weergave van de daling van het veenoppervlak als gevolg van ontwatering en meer recent door bemaling in de afgelopen 1000 jaar (naar Van der Ven, 1993)

De natuurlijke watersystemen zijn in de loop der tijd in meer of mindere mate door de mens beïnvloed, oa. door het creëren van polders en de wijze van uitmalen (figuur 2.10). In het lage deel van Nederland waren de watersystemen omstreeks 1800 al vrij kunstmatig (polders en boezemsystemen, bemaling met behulp van windmolen). In het hoge deel van Nederland ziet het er omstreeks 1800 in eerste oogopslag nog min of meer natuurlijk uit, maar ook hier hebben ingrepen plaatsgehad (watermolens, graven sprengen, onthoofding waterlopen). Aan de hand van figuur 2.11 is te zien wat het effect van meerdere beekverbeteringen is geweest op het doorstroomprofiel van een beek. Hierdoor is de potentiële afvoer bijna vervijfvoudigd.



Figuur 2.11 Veranderingen in het dwarsprofiel van de Berkel tussen 1845-1970 (naar Van der Ven, 2004)

2.6 Landelijke schematisatie

Voor een landelijke beschrijving en reconstructie van historische watersystemen is Nederland ingedeeld in vier hoofdsystemen:

- -Kustzone, zoute en brakke kustwateren en de duinen;
- -Rivierengebied, gebied van de grote rivieren;
- -Laag-Nederland en
- -Hoog-Nederland.

Deze hoofdsystemen hebben ieder hun eigen hydrologische kenmerken. In tabel 2.2 worden per hoofdsysteem de belangrijkste aspecten genoemd die de afgelopen eeuwen in deze systemen sterk veranderd zijn

Tabel 2.2 Enkele karakteristieke verschillen tussen de vier onderscheiden watersystemen .

Aspect	Kustgebied	Rivierengebied	Laag-Nederland	Hoog-Nederland
Klimaat				
Overstroming	zee	rivieren	rivieren	beken
Topografie				
maaiveldverandering	<1 m dijkverhoging	> 0.5 m dijkverhoging	>1m Toename water-lopen afname open water	< 0.5m toename waterlopen
Grondgebruik	bebossing duinen	gering ontbossing	akker/tuinbouw verstedelijking	omvorming heide naar bos en landbouw
Geohydrologie	verzilting	klei zandwinning	gaswinning inklinking verzilting	waterwinning (drinkwater, beregening)
Beheer en inrichting	inpoldering vergrote afvoer	stuwen rivier ontwatering kommen	drainage aanvoer water zomer-en winterpeil	kanalisatie ontwatering

In hoofdstuk 4 wordt per hoofdsysteem nader op de verschillende aspecten ingegaan.

3 Bronnen voor historisch waterbeheer

Voor een (kwantitatieve) beschrijving en beoordeling van historische watersystemen en voor modelmatige simulaties zijn kwantitatieve historische (waterstaatkundige) gegevens noodzakelijk. In hoofdstuk 2 zijn een aantal van deze bronnen al ter sprake gekomen. In dit hoofdstuk worden ze uitgebreid beschreven en op bruikbaarheid beoordeeld.

De gegevensbronnen zijn als volgt in te delen:
- Literatuur;
- Archieven;
- Kaarten;
- Internet;
- Databestanden (organisaties).

De bronnen worden beschreven op basis van betekenis, bruikbaarheid en soort informatie/bronnen en aangevuld met een voorbeeld. Databestanden worden beheerd door organisaties en worden onder andere bij organisaties besproken.

3.1 Literatuur

Betekenis
Voor het vergaren van informatie over de historie, zowel mbt de ontginning als het waterbeheer is literatuur een belangrijke bron. Het is binnen deze studie onmogelijk om een volledig overzicht te geven van alle literatuur mbt de geschiedenis van het waterbeheer is Nederland. Een recent algemeen overzicht, van de geschiedenis en nauw daarmee verbonden, de landaanwinning, geeft de publicatie "Leefbaar Laagland" (Van der Ven, 2004). Een publicist die enkele belangrijke standaardwerken het licht heeft doen zien is Beekman. Zijn publicaties hebben vooral betrekking op laag Nederland, o.a. "Nederland als Polderland" en "Polders en Droogmakerijen". Naast meer landsdekkende studies/beschrijvingen zijn er verschillende studies uitgevoerd die betrekking hebben op bepaalde aspecten of onderdelen van het waterbeheer, bijvoorbeeld de droogmakerijen (Schultz, 1992), de cope-ontginningen (Van der Linden, 1956), poldermolens (diverse publicaties) of regionale beschrijvingen (Groningen, Kooper(1939); Zuid-Holland, Texeira de Mattos (1908-1925) etc.). De beschrijvingen bij de waterstaatskaart bevatten veel kwantitatieve informatie en beschrijven de meer recente waterhuishouding. Bij overstromings-rampen of ter gelegenheid van een lustrum worden vaak gedenkboeken uitgebracht, die geschiedkundig een overzicht geven en soms kwantitatieve informatie bevatten. Onder het hoofdstuk literatuur is een overzicht gegeven van belangrijke literatuur geordend naar algemene publicaties en naar Provincie.

Soort van informatie
Veel bronnen zijn beschrijvend van aard en bevatten veelal weinig of geen meetgegevens of meetreeksen. De bronnen beschrijven hoe de waterhuishouding functioneerde en de problemen en de veranderingen die hebben plaatsgevonden. De regionale beschrijvingen en de toelichting bij de waterstaatskaart bevatten meer kwantitatieve informatie. De toelichting bij de waterstaatskaart bevat veelal de volgende hoofdstukken:
- Geologisch overzicht;
- Bodemkundig-landschappelijk overzicht;
- Verveningen, bedijkingen en droogmakerijen;
- Waterkeringen;
- Kanalen, vaarten en stromende wateren;
- Afwateringseenheden;
- Watervoorziening;
- Grondwaterstand;
- Overstromingen;
- Waterstanden;
- Waterschappen;
- Algemene provinciale regelementen, besluiten en verordeningen.

Van de volgende provincies zijn toelichtingen bij de waterstaatskaart verschenen (tabel 3.1):

Tabel 3.1 Overzicht van de verschenen toelichtingen bij de waterstaatskaart

Provincie	Voorgaande toelichtingen	Toelichting 5e Editie
Groningen	1961	
Friesland	1948	
Drenthe	1965	
Overijssel	1937/1963	
Gelderland		1991
Utrecht	1968	1989
Noord-Holland	1950	1988
Zuid-Holland	1937/1967	1987
Zeeland	1938/1971	1984
Noord-Brabant	1946	1989
Limburg		1990

Provinciale beschrijvingen (Kooper, Teixeira de Mattos) bevatten vaak meer kwantitatieve informatie (bijv. polderpeilen, extreme waterhoogten, waterdiepte etc.). Meetreeksen zijn lastiger te vinden. Toch bevatten sommige publicaties interessant kwantitatief materiaal, zoals korte reeksen van waterhoogten in de beschrijvingen van overstromingen (1855, 1861) en waterkwaliteit, afvoeren, waterpeilen in het verslag van de Commissie voor Bevloeiing (1897).

Beschikbaarheid en ontsluiting
De tijdens dit onderzoek achterhaalde literatuur is weergegeven onder het hoofdstuk literatuur. Dit is geen volledig dekkend overzicht, maar geeft wel een aantal belangrijke werken weer ingedeeld naar onderwerp of provincie. Relevante literatuur is veelal beschikbaar via bibliotheken. Naarmate literatuur specialistischer van aard is

en ouder, is deze moeilijker te achterhalen. Hiervoor is men aangewezen op gespecialiseerde bibliotheken. Niet alle literatuur wordt uitgeleend.

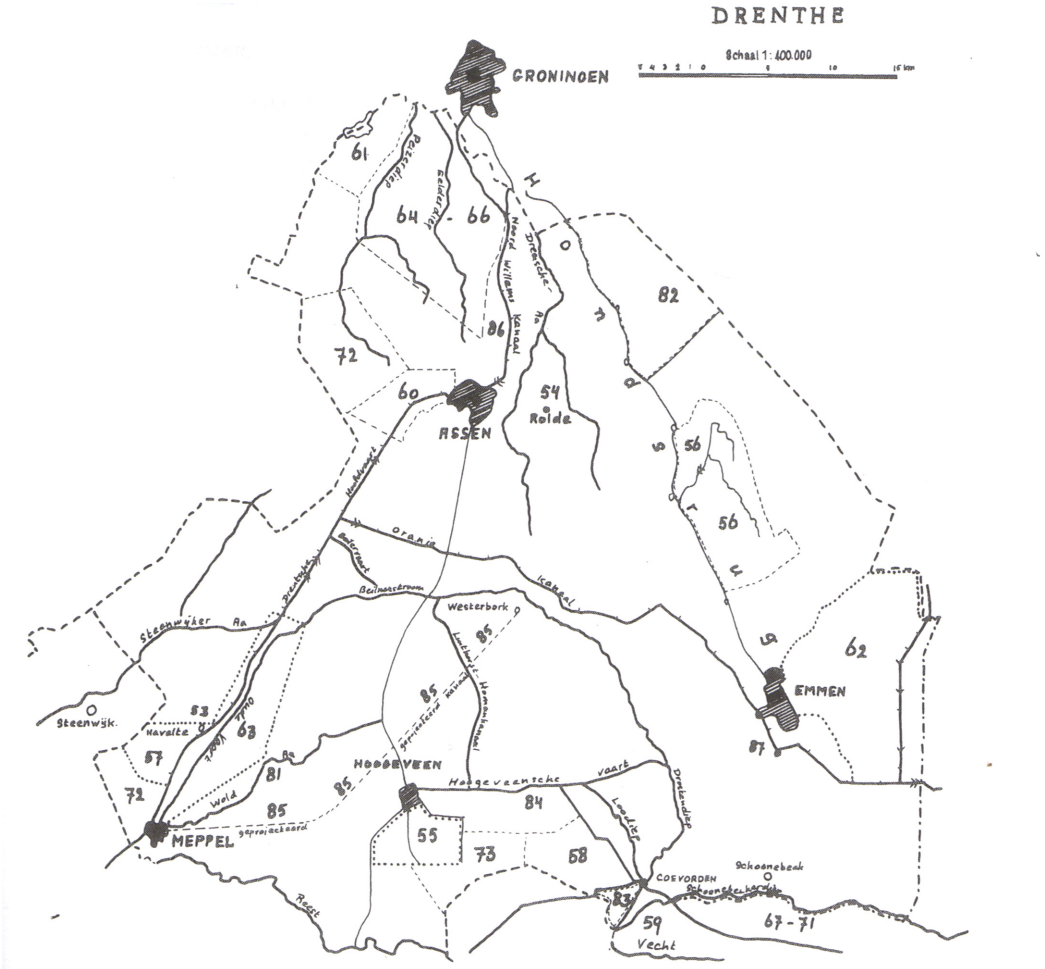
Nederland kent drie bibliotheken met een grote collectie historische literatuur op het gebied van waterbeheer.
- Koninklijke Bibliotheek te Den Haag –algemeen wetenschappelijke literatuur;
- Bibliotheek van de Technische Universiteit Delft- technische literatuur;
- Bibliotheek van Wageningen UR –landbouwkundige literatuur.

3.2 Archieven

Betekenis
Archieven zijn belangrijke bronnen voor het onderzoek naar historisch waterbeheer omdat ze soms basale informatie bevatten. De belangrijkste archieven bevinden zich bij waterschappen, Provinciale waterstaat en Rijkswaterstaat. Veel van deze archieven zijn ondergebracht bij de provinciale of rijksarchiefdiensten. De Provinciale waterstaatsdiensten zijn veelal omstreeks 1880 opgericht en Rijkswaterstaat bestaat inmiddels ruim 200 jaar. De archieven van waterschappen zijn veelal belangrijk voor de lokale schaal.

Naast de archieven van openbare lichamen zijn verder van belang de archieven van de verschillende cultuurmaatschappijen, zoals Arcadis (Heidemij), Grontmij en Oranjewoud. Deze maatschappijen zijn betrokken geweest bij de uitvoering van verbeteringswerken en ontginningen. Verder is de Commissie voor Ontwatering van belang, deze commissie heeft geadviseerd ten aanzien van veel ontwateringsplannen in de periode 1920 – 1935 (Ketting-Olivier, 1982).

Soort van informatie
Door de Commissie voor Ontwatering is in de periode 1920 tot 1935 geadviseerd mbt waterhuishoudingsplannen, o.a. voor beekverbetering. Als voorbeeld zijn voor de provincie Drenthe (figuur 3.1) de gebieden aangegeven waarvoor de Commissie indertijd heeft geadviseerd. De verwachting is dat deze archieven materiaal bevatten, en mogelijk ook kwantitatieve gegevens, van voor de verbetering. Of dit zo is zal nader onderzoek moeten uitwijzen. Voor de lokale schaal bieden de archieven van waterschappen nuttige informatie.



Figuur 3.1 Gebieden in Drenthe waarvoor de Commissie voor Ontwatering heeft geadviseerd.

Beschikbaarstelling/ ontsluiting

De oude archieven zijn veelal openbaar en de stukken zijn op aanvraag in te zien. Er komen steeds meer mogelijkheden om via internet vooraf inzicht te krijgen in welke stukken zijn opgenomen in het archief evenals de beschikbaarheid van het archiefmateriaal. Ook beeldmateriaal, zoals kaarten, prenten, tekeningen en foto's (vanaf 1839) worden steeds beter ontsloten en kunnen steeds vaker via internet worden besteld (figuur 3.2).

Figuur 3.2 Overstroming Waterland, opname dd 31-1-1916, gezien naar/met Broekervaart. Fotograaf (onbekend) uit collectie Stereofoto's (Beeldbank, Gemeentearchief Amsterdam)

3.3 Kaarten

Betekenis

Kaarten zijn een belangrijke bron voor onderzoek naar historisch waterbeheer omdat ze vaak over grotere gebieden informatie leveren over waterlopen, kunstwerken en grondgebruik. Hierdoor zijn ze bruikbaar voor reconstructies van het watersystemen. Op veel historische kaarten laat zich hierdoor de waterstaatsgeschiedenis goed aflezen. Op oudere kaarten worden vooral de hoofdwaterlopen en kustlijnen aangegeven. Op recentere kaarten wordt ook de topografie weergegeven. Vanaf 1850 zijn op deze kaarten een groot aantal waterstaatkundige elementen aangegeven:

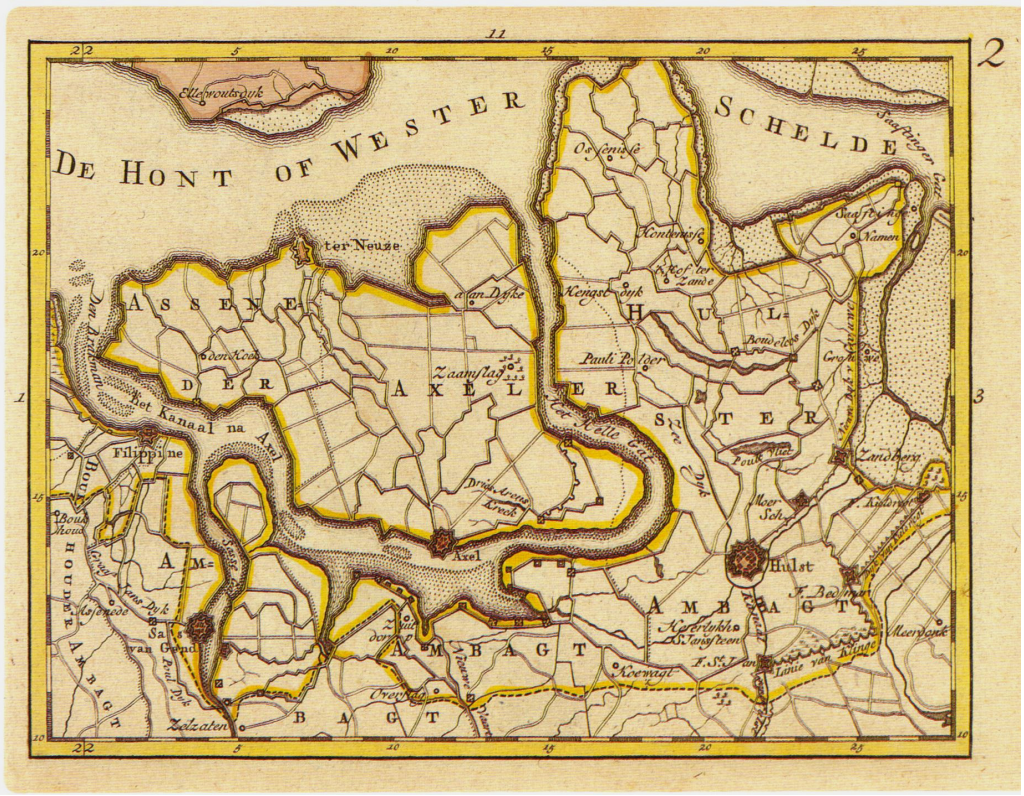
- waterlopen
  De waterlopen worden op topografische kaarten onderscheiden naar breedte en belangrijkheid. Exacte maatvoering is hieruit niet af te leiden, maar wel het ruimtelijk netwerk aan waterlopen. De dichtheid aan waterlopen is indicatief voor de grondwaterstanden of de aanwezigheid van kwel.
- dijken
  Op gedetailleerde kaarten is de ligging van dijken weergegeven. Hoogte en breedte zijn meestal niet of slechts lokaal uit de kaart af te leiden. Dit is bijvoorbeeld het geval bij 1 : 25 000 kaarten waarop soms de kruinhoogte in NAP is weergegeven. Voor de feitelijke dimensionering van het dijklichaam zijn de leggers van rijk, provincie of waterschappen noodzakelijk.
- stuwen, duikers en sluizen
  Deze elementen zijn goed op de topografische en waterstaatskaarten weergegeven. Ook hiervan is de dimensionering niet via de kaart te bepalen. De dichtheid aan stuwen is een indicatie voor de waterhuishouding in de zomer.
- gemalen en molens.
  Deze geven voor laag-Nederland globaal de locatie en de hoeveelheid uit te malen water aan.

Soort van informatie
Verschillende soorten kaarten zullen kort worden toegelicht. De belangrijkste kaarten zijn:

- Topografische kaarten voor 1850;
- Topografische kaarten na 1850;
- Waterstaatkundige kaarten;
- Plankaarten;
- Geologische kaarten;
- Bodemkaarten;
- Grondwaterstandsdieptekaarten;
- Waterkwaliteitskaarten en
- Overstromingskaarten.

Topografische kaarten voor 1850

De oudste kaarten van Nederland stammen uit de 16e eeuw. Hierop zijn vooral de kustlijnen, grote wateren, doorbraken, inpolderingen en grote rivieren zichtbaar (figuur 3.3). Naarmate kaarten ouder zijn, zijn ze meestal minder topografisch en meer thematisch. Ook de nauwkeurigheid en maatvoering is niet al te groot.



Figuur 3.3 Deel van Zeeuws-Vlaanderen van Axeler en Hulster Ambacht (Sepp, 1773)

In de loop der tijd neemt de kwaliteit en detaillering van de topografische kaarten toe. Enkele belangrijke topografische kaarten voor het historisch waterbeheer zijn gelieerd aan personen, nl:

Hattinga
Meerdere telgen uit het geslacht Hattinga hebben zich met kartering van Nederland beziggehouden. Bekend zijn de zogenaamde Hattinga-atlassen:
1744 Atlas van Staats-Vlaanderen (5 delen, 240 kaarten);
1751 Atlas van Staats-Brabant (3 delen, 137 kaarten);
1752 Atlas van Zeeland (4 delen, 182 kaarten);
1754 Atlas der Frontieren van Gelderland, Overijssel en (3 delen, 133 kaarten).

Hottinger
In 1783 zijn twee karteringen van het oostelijk grensgebied gereed gekomen, die zowel voor hun inhoud als stijl alle voorgaande kaarten overtreffen:
1 Atlas van Overijssel (31 bladen Schaal 1: 14400), genaamd "Topographische kaart van de linie van den IJssel van Arnhem tot de Zuiderzee, van het land tusschen Arnhem en Nijmegen en van Wedde en Westwoldingerland";
2 Atlas van Oostelijk Groningen en Drenthe (22 bladen Schaal 1: 14400), genaamd "Topographische kaart van Wedde en Westwoldigerland bevattende het terrein gelegen tussen Koevorden en den Dollart".

De kaarten zijn door meerdere militaire ingenieurs vervaardigd maar worden vaak aangeduid onder de naam Hottinger kaart (figuur 3.4).

Figuur 3.4 Oude IJssel bij Doetinchem, detail van de Hottingerkaart (Versfelt, 2003)

Krayenhoff

In 1798 was er de wens voor een nieuwe kaart van Nederland schaal 1: 115 200 om er alle gemeentegrenzen en kiesdistricten op te kunnen zetten. De opdracht hiertoe ging naar C.R.T. Krayenhoff. Deze kaart steunde op een landelijk driehoeksnet. Door deze kaart van Krayenhoff werd de vorm van Nederland, zoals we die nu kennen duidelijk. De gewestelijke kaarten voor 1813 verschilden op een groot aantal punten van deze nieuwe kaart van Nederland. Voor de kaart van Krayenhoff is gedeeltelijk gebruik gemaakt van bestaand materiaal, vooral in het westen. Hier bestond het werk uit verificatie van bestaand materiaal, alleen voor gebieden waarvoor geen recent topografisch materiaal beschikbaar was, zoals Veluwe, kop van

Overijssel en Drenthe werd bijgemeten. De kaart van Krayenhoff verscheen in de periode 1821-1823.

Tranchot
In de periode 1801-1813 is een kaart vervaardigd van het oostelijk deel van Brabant, Limburg en aangrenzende delen van Duitsland. Deze kaart is vernoemd naar Fransman Tranchot. Op deze kaart zijn wegen, bebouwing en grotere waterlopen aangegeven. Ook het grondgebruik is aangegeven, waaronder bos, heide, akker, grasland en moeras.

De Man
De Man, een neef van Krayenhoff, was sinds 1815 belast met de kartering van Noord Nederland. Bekende kaarten van De Man zijn:
1. Topografische kaart van de Veluwe en de Veluwezoom, 1806;
2. Topografische kaart van het terrein tusschen de rivieren de Maas en Waal en het Rijk van Nijmegen, 1806-1811.

Deze kaarten geven de globale topografie weer en de ontginning in de vorm van grondgebruik.

Kadastrale kaart
De eerste landsdekkende gedetailleerde (1:2500) kaarten van Nederland zijn de kadastrale kaarten van omstreeks 1832. Ze geven per perceel o.a. eigendom, grondgebruik en belastingklassen weer. Het zijn geen topografische kaarten. Waterlopen en kunstwerken zijn meestal niet weergegeven, uitgezonderd de grote waterlopen en molens. Wel kan via de vorm van de percelen en het grondgebruik soms indirect de waterhuishouding van het gebied worden afgelezen. Voorbeelden daarvan zijn smalle lange percelen (nat), de aanwezigheid van hooiland (overstroomd) of een onregelmatige perceelsrand (meanderende beek). In figuur 2.7 is de kadastrale kaart van de gemeente Wisch weergegeven. Door Knol (2003b) is voor kadastrale gemeente Heino een abiotische analyse aan de kaart uitgevoerd.

Topografische kaarten na 1850

Topografische Militaire kaart 1850 (TMK-1850)
Deze kaart 1 : 50 000 is tussen 1835 en 1855 verkend en uitgegeven en samengesteld op basis van de kadastrale kaart 1832 en veldverkenningen. De topografie past dus in zekere zin ook op de kadastrale kaart van 1832. Er is één uitgave. Op de kaart TMK-1850 zijn een groot aantal hydrologisch relevante elementen zichtbaar:
- zee-, rivier- en polderdijk;
- wind- en watermolens;
- poldermolens met boezem en tochtsloot;
- moerassen en drassige laagten;
- plassen en vennen;
- rivieren, beken, (polder)sloten, weteringen.

Tot op zekere hoogte is er sprake van een hiërarchie in kleinere (sloten) en grotere waterlopen (wetering).

Bonnekaarten
Deze topografische kaarten 1 : 25 000 bevatten veel topografisch detail en borduren voort op de TMK 1850. Ze zijn verkend tussen 1870 en 1935. Van de meeste kaartbladen zijn meerdere verkenningen en uitgaven verschenen. De volgende elementen die een relatie hebben met historisch waterbeheer worden onderscheiden:
- watermolen, al dan niet met boezem;
- stoomgemaal;
- meren, vennen;
- veenputten;
- natte weiden;
- greppels;
- sloten al dan niet met houten of stenen stuw;
- verhoogde weg;
- beek met vonder;
- zee-, rivier of polderdijk al dan niet met overlaat;
- lage of hoge kade al dan niet met (inlaat)sluis of duiker;
- schutsluis of verlaat;
- goed of slecht doorwaadbare plek;
- peilschaal, dieptelijnen en NAP hoogte;
- kribben en steenstort.

Moderne topografische kaarten
Deze kaarten 1 : 25 000 geven veel informatie, o.a.
-6 onderscheidingen voor kruisingen van wegen met water
-13 onderscheidingen voor landgebruik
De volgende aanduidingen zijn van belang mbt de waterstaat

- 3 klassen van dijken/kaden;	- schutsluis;
- grondduiker;	- stuw;
- sluis;	- brug;
- vonder;	- duiker;
- peilschaal;	- krib;
- stroomrichtingspijl;	- eb/vloed;
- laagwaterlijn;	- hoogwaterlijn;
- dieptelijn;	- droogvallende grond;
- poldergemaal;	- windmolen;
- watermolen;	- hoogtelijnen;
- hoogtecijfers.	

Naast bovengenoemde aanduidingen staan er nog een groot aantal andere aanduidingen op de kaart weergegeven zoals belangrijke gebouwen, getrianguleerde punten, grenzen, namen etc.

Kaarten betreffende de waterstaat

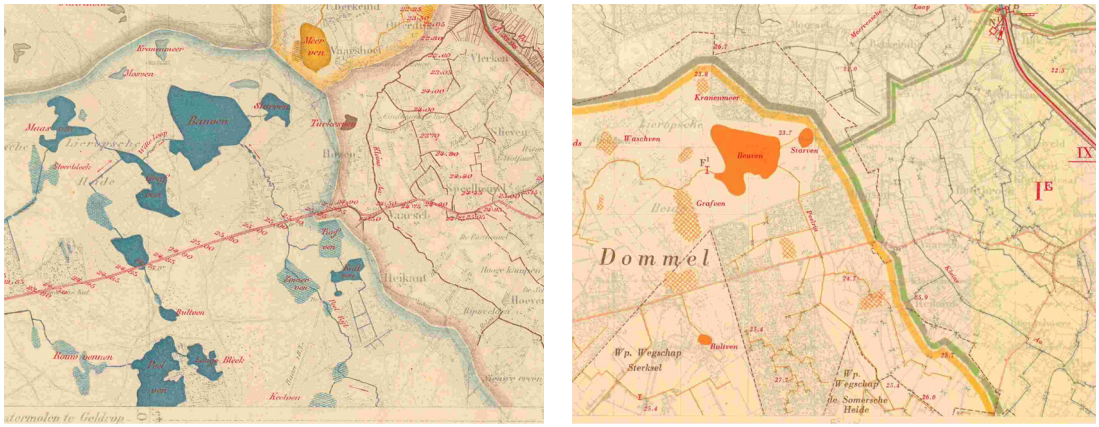
Waterstaatskaarten
Voor het administratieve en technische beheer, evenals voor de representatie van het beheersgebied, hadden de waterschappen in laag Nederland al vroeg behoefte aan

polderkaarten. In de periode 1600-1855 zijn daarom verscheidende polderkaarten verschenen. Kleuren gaven daarbij het onderscheid tussen de Ambachten of Bannen (Bijlage 1). De opdracht voor het vervaardigen van de polderkaart van Rijnland luidde:" .. dat de voorscreven landmeter in ' generaal zal meten alle de landen, wegen, kaden, wateringen, dijcken, sluysen, bruggen, duyckers, molens …. gelegen in de ambachten hoe dezelve wegen, kaden, etc genomt zijn ende of dezelve geschouwen worden dan niet….". De polderkaarten zijn door verschillende karteerders vervaardigd en verschillen qua schaal en weergave. Voor een overzicht van polderkaarten wordt verwezen naar Koeman (1983).

Rijkswaterstaat heeft voor het ontwerpen, beheren en onderhouden van de rijkswerken veel gegevens nodig. Deze gegevens moeten aan hoge eisen voldoen wat betreft de volledigheid, exactheid en betrouwbaarheid. Aan de Algemene Dienst van Rijkswaterstaat is de verzameling en publicatie van deze gegevens toevertrouwd. In 1819 beval Koning Willem I deze documentatie. Pas afgestudeerde ingenieurs zoals C. Lely, werden veelal eerst meetingenieur. Dit heeft zich uiteindelijk vertaald in een aparte afdeling van Rijkswaterstaat. In de periode gedurende en voor de eerste wereldoorlog bestond de taak van de Dienst uit drie verschillende werkzaamheden nl:

- Vervaardiging van de waterstaatskaart;
- Vervaardiging rivierkaarten;
- Uitvoering secundaire waterpassing.

In 1864 gaf Thorbecke aan de Algemene Dienst van Rijkswaterstaat opdracht tot de vervaardiging van de waterstaatskaart. Het ontbrak in die tijd aan een uniforme weergave van de hoogteligging van het land en de wateren, mede door onvoldoende en onnauwkeurige gegevens over hoogteligging van terrein en wateren mislukten inundaties. Deze waterstaatskaarten 1 : 50 000 hebben als doel om landsdekkend de waterstaatkundige situatie weer te geven, ze bevatten daarover meer informatie dan de topografische kaart, die als ondergrond wordt gebruikt (Topografische en Militaire kaart des Rijks). Een opdruk in kleuren geeft de poldereenheden aan met de afwateringseenheden. Hoge gronden en vrij afwaterende gronden zijn met een gekleurde bies omgrensd. Op bijlage 3 zijn de legenda-eenheden van de waterstaatskaart weergegeven.
De waterstaatskaart geeft een nauwkeurige beschrijving van de waterstaatkundige toestand van ons land en het kaartwerk is uit cartografisch oogpunt interessant en van hoge kwaliteit. Er werden voor dit kaartwerk nagenoeg geen eisen van landmeetkundige aard gesteld. In de eerste editie van deze kaart is Nederland dekkend gekarteerd in kaartbladen, deze verschenen in de periode 1865 tot 1890. In de jaren daarna zijn er van heel veel bladen soms zelfs meerdere herzieningen geweest tot dat in 1935 met een nieuwe uitgave-serie is begonnen. De indeling is conform die van de topografische kaarten 1 : 50 000 in 62 bladen; deze zijn weer onderverdeeld in 4 kwartbladen. Aanvankelijk waren deze kaarten voorzien van een bladwijzer. Later is hiervoor in de plaats gekomen de zogenaamde beschrijving bij de waterstaatskaart (zie paragraaf 3.1).



Figuur 3.5. Detail van de waterstaatskaart uit 1870 (links) en 1950 (rechts)

Rivierkaarten

Voor het onderhoud, de verbetering en het beheer van de rivieren zijn sinds 1829 de zogenaamde rivierkaarten gemaakt van de hoofdrivieren Rijn, Lek, Waal, Maas en Schelde. Deze kaarten geven de directe omgeving van de grote rivieren weer tot ca 500 m uit de dijk en kennen een eigen kaartbladindeling. Voor deze kaarten is een volledige opmeting verricht, die een uiterst gedetailleerde kaart geeft van hoge kwaliteit, ook in typografische verzorging. De kaarten zijn in de loop der tijd een aantal malen herzien, de eerste serie is de periode 1829-1869 uitgevoerd, en bestond uit 114 bladen, schaal 1 : 10 000. Deze eerste serie heeft een belangrijke rol gespeeld voor het maken van plannen voor rivierverbetering en voor de instandhouding van de rivieren. Men kreeg hierdoor beter inzicht in de oorzaken van de vele dijk-doorbraken als gevolg van het oplopen van de waterstand door afvoer-belemmeringen en ijsverstoppingen. In 1871 is besloten tot herziening als gevolg van de grote veranderingen die de rivieren in de voorgaande jaren hebben ondergaan door afsnijdingen, verleggingen, aangelegde werken etc. Deze tweede herziening vond plaats tussen 1871 en 1908. Ook na 1908 hebben er voortdurend herzieningen plaatsgevonden. De informatie op de kaart neemt hierdoor voortdurend toe. Zo bevat de kaart o.a. de wederzijdse bandijken, uiterwaarden, rivieroevers, met alle zich daarop bevindende voorwerpen, diepste punt van de rivier (vaarlijn), dieptelijnen, hoogtecijfers, jaartal aanleg kribben, rivierwerken, kolken en peilschaal, en uitkomsten van waterpassingen van bandijken, kaden wegen, uiterwaarden, sluizen, etc.

Figuur 3.6 Detail van rivierkaart Tiel uit 1830.

In figuur 3.6 is een detail van de rivierkaart uit 1830 voor de omgeving van Tiel weergegeven. De zandplaten in het midden van de rivier kunnen bij ijsvorming op de rivier gemakkelijk tot ijsopstopping leiden.

Waterhuishoudkundige Plankaarten

Als hulpmiddel bij de uitvoering van waterhuishoudkundige verbeteringwerken werden kaarten gemaakt. Deze kaarten zijn veelal in beperkte oplage gemaakt en veelal slechts in archieven te raadplegen. In een enkel geval werden de gegevens gepubliceerd, bijv. het verbeteringsplan voor de Schipbeek van Lely (1884). Voor de uitvoering van ruilverkavelingsplannen na WO-II staat op de plankaarten de oude en de nieuwe waterhuishoudkundige inrichting weergegeven.

Geologische kaarten

De eerste geologische kaart van Nederland, met een schaal van 1 : 200 000, is gemaakt door W.C.H. Staring (Grondboor en Hamer, 2001). Daarna is in 1918, een landsdekkende opname van Nederland verricht in de periode 1920-1940 voor een nieuwe geologische kaart 1 : 50 000. Op deze kaart zijn de geologische afzettingen onderscheiden.

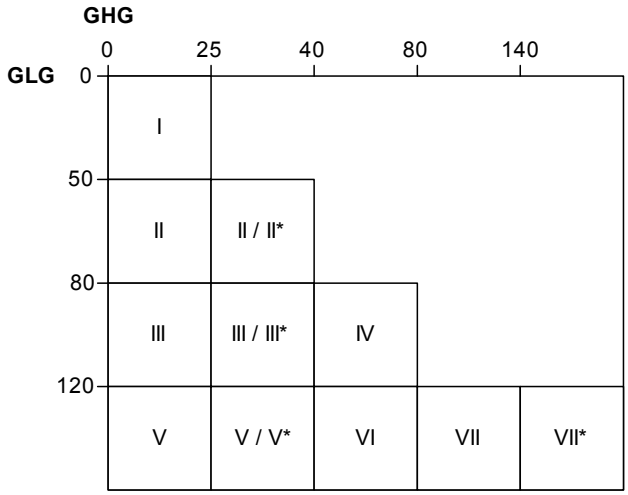
Vanaf 1964 is een begin gemaakt met de tweede generatie van de Geologische kaart schaal 1 : 50 000. Een belangrijk aspect aan deze kaart zijn de dwarsprofielen en beschrijvingen van de diepe ondergrond. Deze zijn bruikbaar voor geohydrologische

toepassingen. In de toelichting op de kaart worden de hydrogeologie, delfstoffen en archeologie beschreven. In de bijlagen worden bepaalde aspecten nader uitgewerkt, bijvoorbeeld de zanddiepte, veendikte/diepte of ouderdom stroomgordels. In de profielkaarten wordt in een of meerdere verticale doorsneden door het gebied de opbouw van de ondergrond weergegeven. Voor de hoofdkaart is een uitgebreide legenda ontwikkeld. De hoofdindeling is gebaseerd op tijdvakken (Holoceen, Pleistoceen etc), binnen deze tijdvakken worden op basis van lithostratigrafie formaties onderscheiden. Op de kaart zijn deze formaties verder onderverdeeld. In bijlage 4 is als voorbeeld de legenda voor de Betuweformatie gegeven (kaartblad Tiel Oost).

Bodemkaarten
De bodemkaart 1 : 50 000 is door de Stichting voor de Bodemkartering in de periode 1963-1990 vervaardigd en uitgegeven. De bodemkaart bevat een kartering en beschrijving van de bodem en de grondwatersituatie. De belangrijkste toepassing voor historisch waterbeheer is de informatie over de opbouw van de ondiepe ondergrond en de diepte en fluctuatie van het grondwater. Naast de landelijke kartering schaal 1 : 50 000 zijn er door de STIBOKA veel detailkarteringen, veelal schaal 1 : 10 000 resp. 1 : 5000 uitgevoerd, bijvoorbeeld voor onderzoek naar waterwinning, landinrichting, boskarteringen etc. De achterliggende data met boorpuntinformatie is digitaal beschikbaar.

Grondwaterdieptekaarten
Het onderzoek naar de relatie tussen waterbeheersing en productiviteit van de grond kreeg na de 2e Wereldoorlog bredere belangstelling. De droge zomer van 1947 was mede de oorzaak tot de oprichting van de Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland-TNO (C.O.L.N.). Het onderzoek van deze commissie heeft geresulteerd in de eerste landsdekkende weergave van de diepte van het grondwatervlak, de zgn. COLN-kaarten. Voor de vervaardiging van deze kaarten zijn verspreid over Nederland grote aantallen grondwaterstandbuizen geplaatst en waargenomen. Voor de vertaling van deze puntgegevens naar vlakdekkende kaarten is gebruik gemaakt van de zogenaamde natte plekkenkaart van Von Frijtag Drabbe. Hij heeft door interpretatie van luchtfoto's van o.a. de RAF (1944) kaarten vervaardigd waarop relatief droge en natte plekken staan weergegeven. Deze kaarten zijn landsdekkend gemaakt maar nooit in druk uitgegeven, wel zijn ze dus gebruikt voor de ruimtelijke vertaling van grondwaterstanden afkomstig uit het COLN onderzoek. De oorspronkelijke natte plekkenkaarten zijn niet meer te achterhalen bij de Meetkundige Dienst. Via inventarisatie is nagegaan of deze kaarten nog kunnen worden achterhaald, dit heeft geen respons opgeleverd.

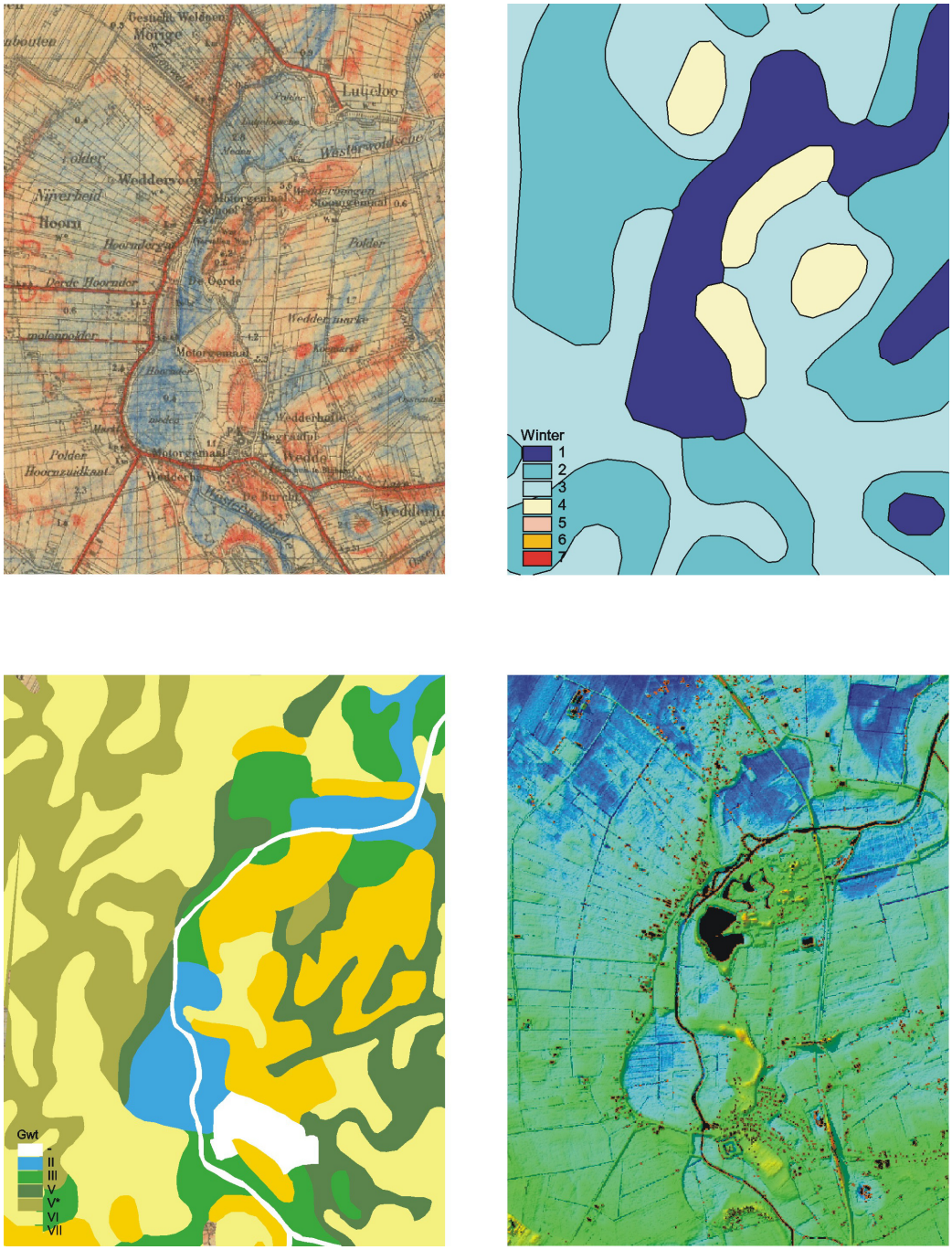
Van meer recente datum is de grondwatertrappenkaart. Bij de vervaardiging van de bodemkaart is tevens aandacht besteed aan de diepte van het grondwatervlak. De hoogte van het grondwatervlak is weergegeven in de vorm van grondwatertrappen. Grondwatertrappen zijn typische combinaties van GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand)- en GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand)-klassen welke volgens een oude indeling op de onderstaande wijze is onderverdeeld:



Figuur 3.7 Indeling in grondwatertrappen naar GHG en GLG

De grondwatertrappenkaarten zijn inmiddels landelijk beschikbaar. De kartering van de grondwatertrappen heeft plaatsgevonden per kaartblad in de periode 1960-1990. Door veranderingen in de waterhuishouding na die periode zijn de grondwatertrappen niet meer actueel. Momenteel wordt gewerkt aan een actualisatie van de grondwatertrappenkaart.

In figuur 3.8 is als voorbeeld een detail weergegeven van de natte plekkenkaart volgens von Freytag Drabbe. Daarnaast is voor hetzelfde gebied de wintersituatie volgens de COLN-kaart, de grondwatertrappen volgens de bodemkaart en verder de huidige maaiveldhoogte (AHN) weergegeven.

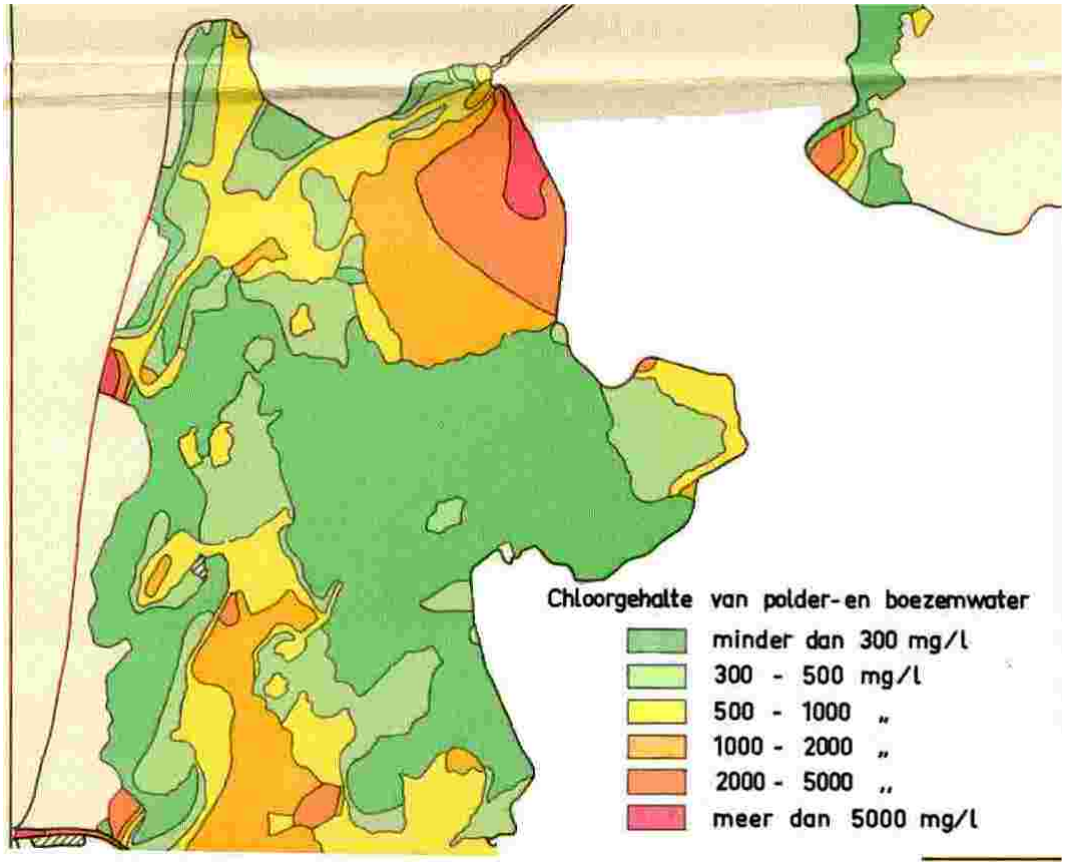


Figuur 3.8 Gedeelte van de zogenaamde natte plekkenkaart van Von Freijtag Drabbe (linksboven), COLN-kaart voor de wintersituatie (rechtsboven) en grondwatertrappen bodemkaart (linksonder) alsmede het Actuele Hoogtebestand Nederland (AHN, rechtsonder)

Waterkwaliteitskaarten

In het midden van de 19e eeuw werd het verband gelegd tussen het optreden van cholera en de kwaliteit van putwater (dr. Snow Engeland (Hijmans, 1970), oprichting Gezondsheidscommissie in Utrecht naar aanleiding van cholera epidemie in 1855). Deze ontdekking heeft mede geleid tot het ontstaan van de drinkwaterwinning buiten stedelijke centra, zoals de duinen, Utrechtse Heuvelrug etc. Het voorkomen van

malaria in Noord-Holland had te maken met het brakke karakter van het water in het verleden. Voor de landbouw, gewassen, beregening en veedrenking, is tevens de kwaliteit van het water van belang. Hoewel al vroeg individuele monsters zijn onderzocht op waterkwaliteitsaspecten, werd dit meestal niet vertaald in kaartbeelden. De eerste landsdekkende waterkwaliteitskaarten dateren pas van zeer recente datum. Een vroege kwaliteitskaart is de chloridekaart van het polder en boezemwater (Snijders, 1958), als voorbeeld is een detail van Noord-Holland weergegeven (figuur 3.9). Indirect en op grovere schaal is de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater ook af te leiden uit het voorkomen van plantensoorten. Een goed voorbeeld daarvan is de verspreiding van zoutplanten (halofyten) langs de voormalige Zuiderzee. Dat geldt in beperkte mate ook voor andere kwaliteitsaspecten. De eerste landsdekkende floristische data stammen uit de periode 1930 -1950.

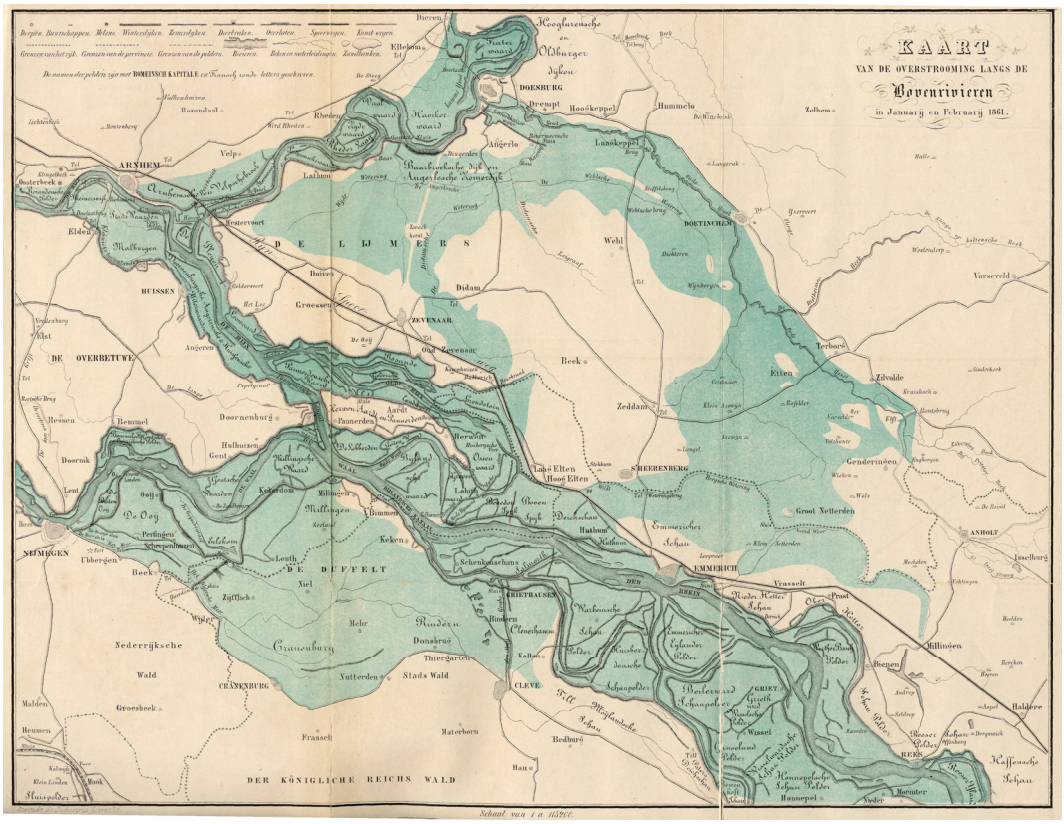


Figuur 3.9 Cloridegehalte van het polder- en boezemwater (1957).

Overstromingskaarten

Overstromingen door rivieren en de zee zijn vaak beschreven en meestal zijn er kaarten vervaardigd van overstroomde gebieden. Voorbeelden daarvan zijn de rivieroverstromingen van 1855 en 1861. Ook de periodieke werking van overlaten zoals de Beersche Overlaat in Noord-Brabant is in kaarten vastgelegd. Over overstromingen vanuit het regionale watersysteem zoals langs beken (wilde bevloeiingen, broekgronden) is veel minder in kaarten terug te vinden. De

bodemkaart en geologische kaart geven hierover wel enige informatie (beekbezinkingsgronden, beekafzetting) maar dit is lastig te dateren. Daarnaast zijn er kunstmatige systemen ontworpen om gebieden tijdelijk onder water te zetten. Van bevloeiingssystemen, waarbij gebruik werd gemaakt van de bemestende werking van het water, is uitgezonderd van de zuiveringswerken bij Tilburg, maar weinig kaartmateriaal te vinden. Voor defensiedoeleinden zijn inundatieplannen gemaakt om bij dreigend gevaar, gebieden te kunnen inunderen. Dit zijn de waterlinies, zoals Stelling van Amsterdam, de Oude resp. Nieuwe Hollandse Waterlinie, IJssellinie etc. In figuur 3.10 is de overstroming in 1861 voor het gebied ten oosten van Arnhem weergegeven. Bij Babberich (bij Lobith) is de dijk doorgebroken, waardoor het Rijnwater langs de stuwwal van Montferland stroomt en daarbij uitgestrekte gebieden onder water zet, het water wordt onder andere via de Oude IJssel bij Doesburg afgevoerd op de IJssel.



Figuur 3.10. Overstroming in 1861 van het gebied ten oosten van Arnhem.

3.4 Internet

Veel informatie is inmiddels via internet op te vragen. Internet is als directe bron niet altijd betrouwbaar. Verificatie van achterliggende bronnen wordt daarom aangeraden. Enkele interessante websites worden kort genoemd. Gezien de overvloed aan informatie is het niet mogelijk hier volledig te zijn. Omdat de houdbaarheid van websites betrekkelijk gering is, kan het voorkomen dat genoemde adressen niet meer

actueel zijn. Op de websites zijn meestal geen data aanwezig, maar vooral geschiedkundige beschrijvingen van de werking van watersystemen.

http://www.waterstaatsgeschiedenis.nl
De Vereniging voor Waterstaatsgeschiedenis voorziet in die behoefte aan kennis en voorlichting over de geschiedenis van de waterstaat en - onlosmakelijk daarmee verbonden - de geschiedenis van het Nederlandse landschap. Op deze site wordt vooral verwezen naar literatuur op het vlak van de waterstaatsgeschiedenis. Er zijn geen data beschikbaar.

http://gemaal.nl/
De Nederlandse Gemalen Stichting is een koepelorganisatie voor 40 organisaties.
De Nederlandse Gemalen Stichting (NGS) geeft volgende doelstellingen inhoud:
- inventarisatie, documentatie en selectie van buiten gebruik gestelde bemalings-inrichtingen;
- landelijke coördinatie van activiteiten voor behoud en beheer van waardevolle stoom-, diesel- en electrogemalen.

http://www.molens.nl
Vereniging De Hollandsche Molen zet zich al sinds 1923 in voor het voortbestaan, malende en draaiende houden van de wind- en watermolens van Nederland. Een belangrijk onderdeel is de molendatabase met informatie over molens, bijvoorbeeld over ligging en capaciteit. Er resteren nog ca. 1000 molens, waarvan een aanzienlijk aandeel bestaat uit de poldermolens, ook resteren in het hoge deel van Nederland nog een aantal watermolens.

http://www.archieven.nl
Op archieven.nl is snel en doeltreffend zoeken in de Nederlandse Archieven mogelijk. Op deze site vindt u eenvoudig de weg door de informatie uit een groeiend aantal archieven en inventarissen. Voorafgaand aan een daadwerkelijk bezoek aan het archief is al een goed inzicht te krijgen of er een archief is en zo ja welke stukken er in het archief aanwezig zijn. Er is een mogelijkheid om op trefwoorden te zoeken, verder is de vindplaats van het archief aangegeven. Soms is ook kwantitatieve informatie gearchiveerd, bijv. maalstaten en draaiuren van watermolens.

http://www.kb.nl/
In de Koninklijke Bibliotheek te Den Haag is, van de meeste verschenen boeken in Nederland een exemplaar aanwezig.

http://www.waterbase.nl/
Via deze database van RIZA zijn gegevens mbt water op te vragen. Dit betreft vooral waterkwaliteitsgegevens van de grote rivieren en de Noordzee. De lijst met kwaliteitsgegevens is zeer uitgebreid. Ook waterstandsgegevens zijn beschikbaar.

http://cartography.geog.uu.nl/wwwlinie/
De Hollandse Waterlinie is lange tijd een belangrijk Nederlands verdedigingssysteem geweest. De linie werd gebruikt om vijandelijke legers te beletten het Hollandse grondgebied binnen te vallen. Dit werd gedaan door het onderwater zetten van grote stukken land tussen de voormalige Zuiderzee en de Biesbosch.
Deze electronische atlas biedt informatie over de ontstaansgeschiedenis van de linie en over de bouwwerken op het gebied van de hydrologie en bouwstijlen.

http://www.forten.nl/
Op de fortensite vindt u verwijzingen naar forten en overige verdedigingswerken in Nederland en daarbuiten. Informatie op het gebied van cultuurhistorisch- en militair erfgoed is tevens via deze site te vinden.

http://www.dewoonomgeving.nl/
Op deze site is informatie te vinden mbt kadastrale kaarten uit ca. 1832. Te vinden zijn alle kadastrale minuutplans (kaarten) en de OAT's (Onderling Aanwijzende Tafels), waarin eigenaar, grondgebruik en dergelijke zijn vermeld.

3.5 Organisaties

Naast de al genoemde organisaties op het gebied van de waterstaat zijn er nog een aantal instituten en maatschappijen te noemen die van belang zijn mbt tot het hydrologisch onderzoek in Nederland:

1. RijksInstituut voor onderzoek van Drinkwater (RID), opgegaan in RIVM. Door dit instituut is onderzoek verricht naar de mogelijkheden voor drinkwaterwinning. Hiervoor zijn pompproeven uitgevoerd, waarbij de geohydrologische opbouw van de ondergrond is vastgesteld en zijn de hydrologische eigenschappen van de ondergrond bepaald. Door het RID is tevens een archief met grondwater-kwaliteitsgegevens opgezet.
2. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), samen met Stiboka en IBN opgegaan in ALTERRA. Dit instituut heeft o.a. onderzoek uitgevoerd tbv de bodem en de landbouwwaterhuishouding.
3. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) doet onderzoek met betrekking tot de waterkwaliteit.
4. Rijks Geologische Dienst (RGD), nu NITG, doet de geologische kartering van Nederland en heeft een archief met grondboringen opgezet.
5. TNO-DGV, nu NITG, doet de geohydrologische kartering van Nederland en is beheerder van archief van grondwaterstanden.
6. Heidemij, nu ARCADIS doet onderzoek mbt ontginning en beekverbeterings-werken.

Via rapporten, artikelen, tijdschriften en jaarboeken hebben deze organisaties informatie vastgelegd.

Discussie

Voor het begrijpen van de werking van de historische watersystemen is meer nodig dan alleen een beschrijving van de waterstaatkundige geschiedenis. In dit rapport is voor een breed lezerspubliek de beschikbaarheid en bruikbaarheid van historische bronnen aangegeven voor het kwantitatief benaderen van watersystemen en elementen daarvan.

De benadering van historisch waterbeheer kent een aantal valkuilen:

- niet alle bronnen zijn bruikbaar voor een kwantitatieve analyse van historische watersystemen. Veel gegevens blijken in Nederland pas na 1940-1950 vlakdekkend te zijn verzameld. Deze gegevens zijn lang niet altijd in onderlinge samenhang verzameld en vaak op uiteenlopende schaalniveaus.
- Voor reconstructie van historische watersystemen in de 19e eeuw moet worden teruggevallen op de strategie van terugvertaling en afleiding van meer recent verzamelde data. Hiervoor zijn nog maar beperkt methoden voorhanden.
- De ontsluiting van historische data is beperkt. Publicaties van voor 1900 en kaarten worden veelal niet uitgeleend, zodat ze slechts ter plaatse kunnen worden ingezien..
- Beperkte beschikbaarheid: door sommige instellingen (o.a. waterschappen) wordt ter gelegenheid van de herdenking van een lustrum of fusie een jubileumboek uitgegeven met veelal interessante historische informatie, echter deze werken worden veelal in beperkte kring verspreid, zodat ze moeilijk zijn te achterhalen. Veel archieven zijn nog maar beperkt geïnventariseerd en tijdrovend om door te zoeken.
- Inmiddels is veel informatie te vergaren via het internet. Echter internet is als directe bron niet altijd als betrouwbaar te beschouwen. Verificatie van achterliggende bronnen wordt daarom aangeraden. Omdat de houdbaarheid van websites betrekkelijk gering is, kan het voorkomen dat genoemde adressen niet meer actueel zijn of dat nieuwe informatie niet is toegevoegd.
- De genoemde bronnen zijn verre van volledig, vooral op het vlak van archiefinformatie. Het accent in deze studie ligt op de ruimtelijke informatie en beschikbare datasets.
- Het meeste materiaal is ook nog niet direct bruikbaar omdat het niet digitaal ontsloten is.

Conclusies

Uit het onderzoek blijkt dat er veel relevant historisch materiaal is, vastgelegd in kaarten, literatuur, maar soms ook in databestanden en op internet.

Om dit materiaal bruikbaar te maken voor kwantitatieve reconstructies van watersystemen of elementen daaruit, is handigheid vereist in het combineren van data uit verschillende bronnen, maar vooral ook kennis van watersystemen.

De pilotstudie voor de Gelderse Vallei laat zien dat historische data bruikbaar zijn om gebieden te schematiseren en recent ontwikkelde hydraulische modellen te voeden en daarmee simulaties uit te voeren. Hierdoor kunnen met terugwerkende kracht overstromingen worden gesimuleerd en de effecten daarvan op natuur, landbouw en veiligheid worden berekend.

De bruikbaarheid van historische data voor huidige hydrologische vraagstukken vraagt wel om een digitale ontsluiting van de meest relevante data. Voor historische klimaatdata en grondgebruik bestaan er al landsdekkende bestanden. Voor de topografie, historische maaiveldhoogte en geohydrologische veranderingen zijn er nog geen ruimtelijke GIS bestanden.

Een belangrijke bron in dit opzicht is de waterstaatskaart, uit deze kaart is in samenhang met achterliggende informatie de `water' geschiedenis van een gebied te achterhalen. In een vervolgstap zou voor twee gebieden, resp. hoog- en laag Nederland, nader gekeken moeten worden naar beschikbare gegevens om de watersystemen in het verleden te beschrijven.

Aanbevelingen:
Geconstateerd is dat de waterstaatskaart inclusief de bijbehorende toelichtingen belangrijke bronnen vormen voor het beschrijven van de (oppervlakte)-watersystemen in het verleden en de wijzingingen die zich sindsdien daarin hebben voorgedaan. Het verdient daardoor aanbeveling de verschillende series van de waterstaatskaart te verzamelen, te beginnen met de eerste versie, en vervolgens te scannen en te georefereren. Hierbij is mogelijk aansluiting te zoeken bij de ervaringen met het HGN. Gegeorefereerde waterstaatskaarten zijn toepasbaar binnen GIS-omgeving. De mogelijkheid om de waterstaatskaart digitaal te maken dient aan de hand van een pilot te worden onderzocht.

Tijdens onderzoek zijn historische kaarten boven water gekomen, bijv met betrekking tot rivieroverstromingen (1855, 1861, Beersche Overlaat), Hollandsche waterlinie, natte plekkenkaarten etc. Deze kaarten zijn moeilijk toegankelijk, en de kwaliteit neemt af. Het verdient aanbeveling te beginnen met de opzet van een kaartenbak met historische kaarten. Deze kunnen een rol spelen bij beschrijving van de historische systemen en geven een indicatie van het mogelijke herstel van vroegere situaties, bijv noodoverloopgebieden etc.

In enkele publicaties zijn meetgegevens (waterkwaliteit, waterpeilen, afvoeren) vermeld. Hoewel dit veelal qua ruimte en tijd beperkte gegevens betreft, zijn ze belangrijk, omdat deze informatie veelal het enige kwantitatieve handvat uit het verleden is. Mede vanwege de veelal moeilijke toegankelijkheid van deze gegevens verdient het aanbeveling deze gegevens indien mogelijk digitaal vast te leggen.

Het verzamelen van gedenkboeken van (hydrologische) calamiteiten of ter gelegenheid van lustra van instellingen of instituten, geeft een belangrijke bron om de (locale) waterstaatsgeschiedenis af te lezen.

Er is nog onvoldoende nagegaan wat de inhoud is van archieven op het gebied van de waterstaat. Bij de keuze van een proefgebied bij de beschrijving van het historisch watersysteem zal dit aspect nader moeten worden onderzocht, zeker ook wat betreft het archief van de Rijkscommissie en Rijksbureau voor ontwatering.

4 Watersystemen

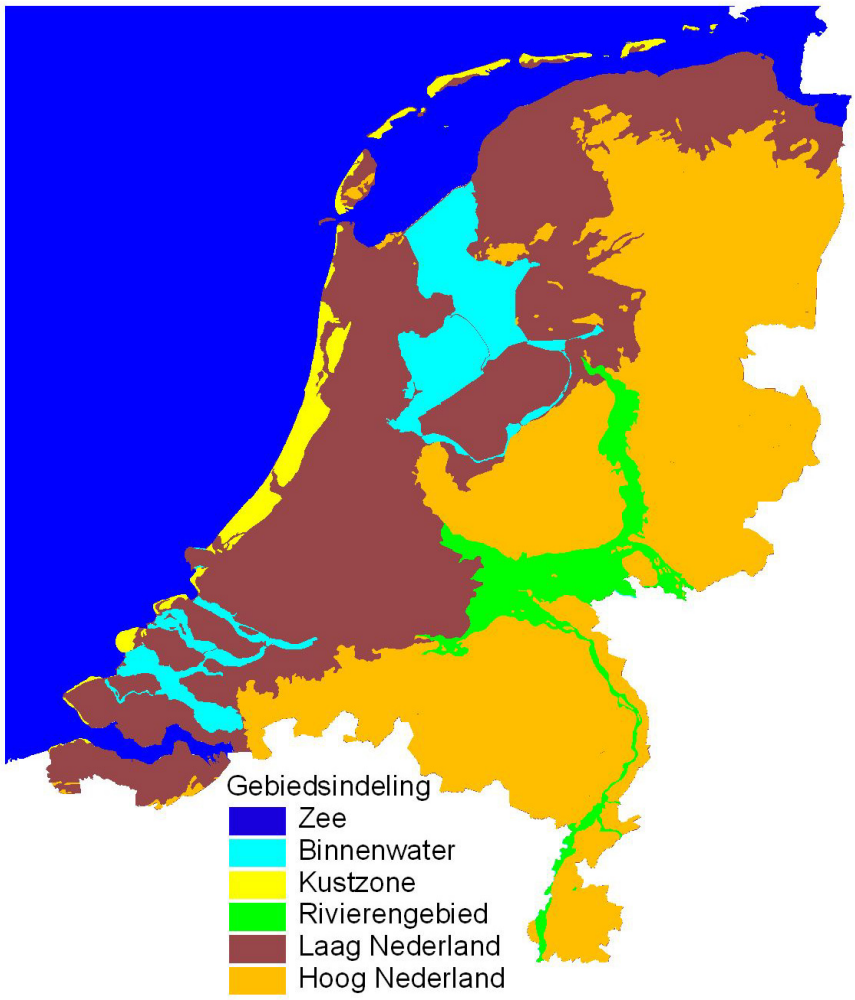
In dit hoofdstuk wordt de historische ontwikkeling van de verschillende watersystemen in Nederland in vogelvlucht beschreven. Daarbij komen verschillende aspecten aan de orde die van belang zijn bij kwantitatieve reconstructies.

Er worden in Nederland 4 hoofdwatersystemen onderscheiden (figuur 4.1). Dit zijn:
- de Kustzone, met zoute en brakke kustwateren, binnenwater en de duinen,
- het Rivierengebied,
- Laag Nederland,
- Hoog Nederland.

Deze gebieden worden gekenmerkt door verschillen in afwatering, ontstaanswijze en gebruiksfuncties. Deze indeling sluit goed aan bij de beschikbare historische bronnen. De begrenzing van de onderscheiden hoofdwatersystemen fluctueert enigszins in de tijd. Het meest duidelijk is dat voor de kustzone, maar ook de rivieren en de grenzen tussen hoog- en laag Nederland zijn in de afgelopen eeuwen veranderd.

De kustzone bestaat uit de duinen, kustvlakten en bijbehorende wateren. Ze zijn vrij afwaterend. Het rivierengebied bestaat uit het gebied dat onder invloed van de grote rivieren is gevormd (Betuweformatie). Kenmerkend voor dit systeem is dat de peilen in belangrijke mate door het rivierpeil worden beïnvloed. Ook vindt de afwatering plaats op de grote rivieren. In West-Nederland liggen langs de rivieren eveneens gebieden die zijn gevormd door rivierafzettingen. Deze zijn echter onder invloed van de zee (peri-mariene gebied) ontstaan en worden vanwege hun hydrologische karakteristieken tot laag-Nederland gerekend. Het rivierengebied is licht hellend, terwijl laag-Nederland, relatief vlak is.

Tot laag Nederland worden alle gebieden gerekend die beneden NAP liggen en die niet vrij-afstromend zijn. Het is een gebied met polders, boezems en dijken. Het relatief vlakke gebied is sterk peilbeheerst en kent zomer- en winterpeilen. Hoog-Nederland bestaat uit de gebieden die boven NAP liggen en die vrij afwateren via een netwerk van beken, kanalen en sloten. Peilbeheersing is beperkt mogelijk en vindt vooral plaats via stuwen en duikers. Hoog- en laag-Nederland en delen van het Rivierengebied (binnendijks) worden tot het regionale watersysteem gerekend waarvoor de waterschappen verantwoordelijkheid dragen. De overige watersystemen worden tot het hoofdwatersysteem gerekend en vallen onder verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat.



Figuur 4.1 Indeling van Nederland in vier hoofdsystemen

Bij historisch waterbeheer zijn de watersystemen wat ruimer gedefinieerd dan de landsgrenzen omdat er ook interactie is met gebieden buiten de landgrenzen. Een deel van gebied met zout water is begrensd, het waterbeheer is hier ook sterk door de mens is beïnvloed. In tabel 4.1 zijn enkele oppervlaktecijfers weergegeven.

Tabel 4.1 Oppervlakte watersystemen

Gebied	ha	ha(totaal)
Hoog Nederland	1726408	
Laag Nederland	1486384	
Rivierengebied	191338	
Kustzone	92696	3496826
Binnenwater (IJsselmeer, Zeeuwse wateren)	268318	3765144
Nederland binnen 3-mijlszone[1], Voordelta gedeeltelijk)		4269300
Nederland binnen 12-mijlszone		4944300

[1] Zeemijl is 1583 m

In tabel 4.2 zijn de belangrijkste karakteristieken van de vier watersystemen samengevat. In de volgende paragrafen wordt de historische ontwikkeling van de vier watersystemen meer in detail beschreven.

Tabel 4.2 Enkele belangrijke waterhuishoudkundige kenmerken van de onderscheiden watersystemen (++=sterk aanwezig; 0=vrijwel afwezig)

Factoren	Aspecten	Kustzone	Rivieren-gebied	Laag-Nederland	Hoog-Nederland
Klimaat	Stormvloeden	++	+	+	0
	Hoogwatergolven (rivieren)	0	++	+	0/+
	Overstromingen(piekafvoeren)	0	+	+	+
Topografie	Maaiveldsdaling	0	+/0	++	0
	Inpolderingen	+	0	++	0
	Sedimentatie/erosie	+	++	0	0
	Droogmakerijen	0	0	+	0
Landgebruik	Landgebruiksdynamiek	+	+	+/0	++
Beheer en inrichting	Begrenzing	+	+	+	+
	Dichtheid oppervlaktewater waterlopen	+	+	+	+
	Buisdrainage	0	+	+	0/+
	Afmetingen oppervlaktewater	0	+/0	0	+
	Grootschalige infrastructuur	+	+	+	+
	Lozing (Opvoeren/vrij)	0	+	+	0
	Verzilting van grondwater	+	0	+/0	+\0
	Verdroging	0	+/0	+/0	++
	Eutrofiering uitspoeling	0	+/0	0	++
	Lozingen oppervaktewater	+	+	+	+
	Wateraanvoer (zoet)	0	++	+\0	0
	Wateraanvoer (zout)	++	0	+\0	0

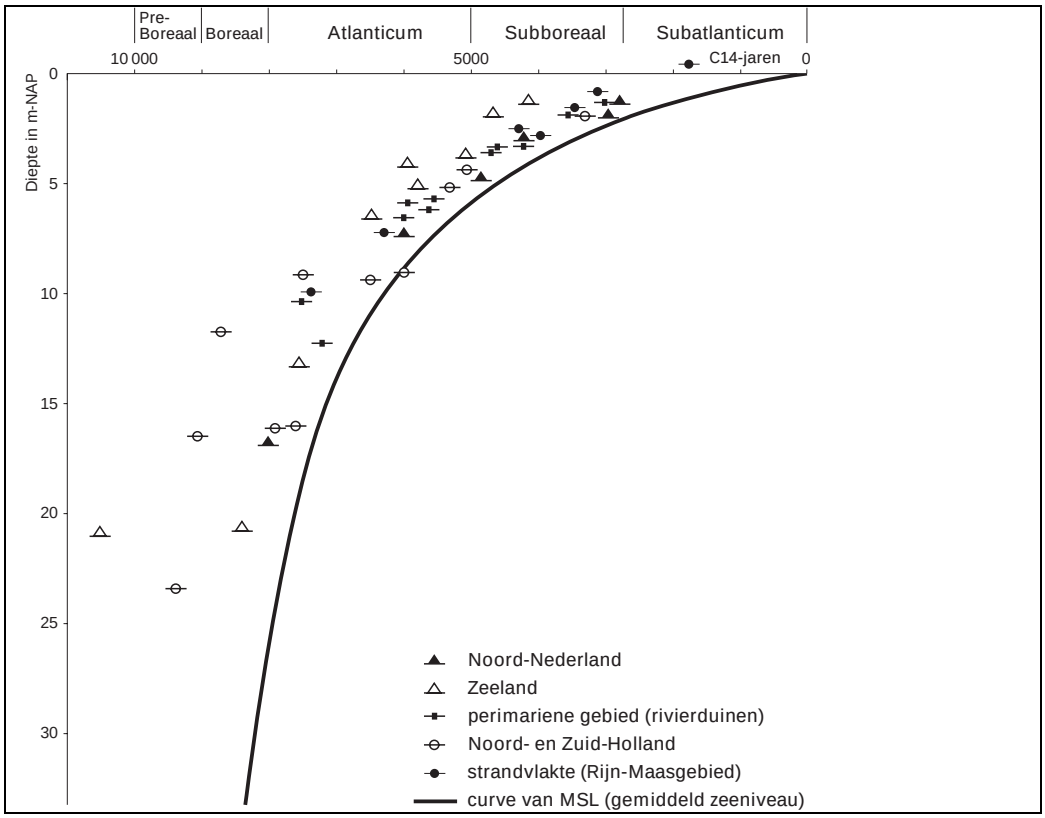
4.1 De kustzone

Gebiedsbeschrijving

Onder de kustzone wordt in deze studie verstaan het gebied dat direct grenst aan zee en het gebied dat onder invloed staat van het zeewater, dus vooral de zoute en brakke kustwateren en de duinen. Het is een zeer dynamisch gebied, dat enerzijds wordt begrensd door zeedijken en duinen en anderzijds door de Noordzee (figuur 4.1). In tabel 4.2 is aangegeven welke aspecten voor het historische waterbeheer van belang zijn. Het IJsselmeer is een voormalige zee en wordt ook tot de kustzone gerekend.

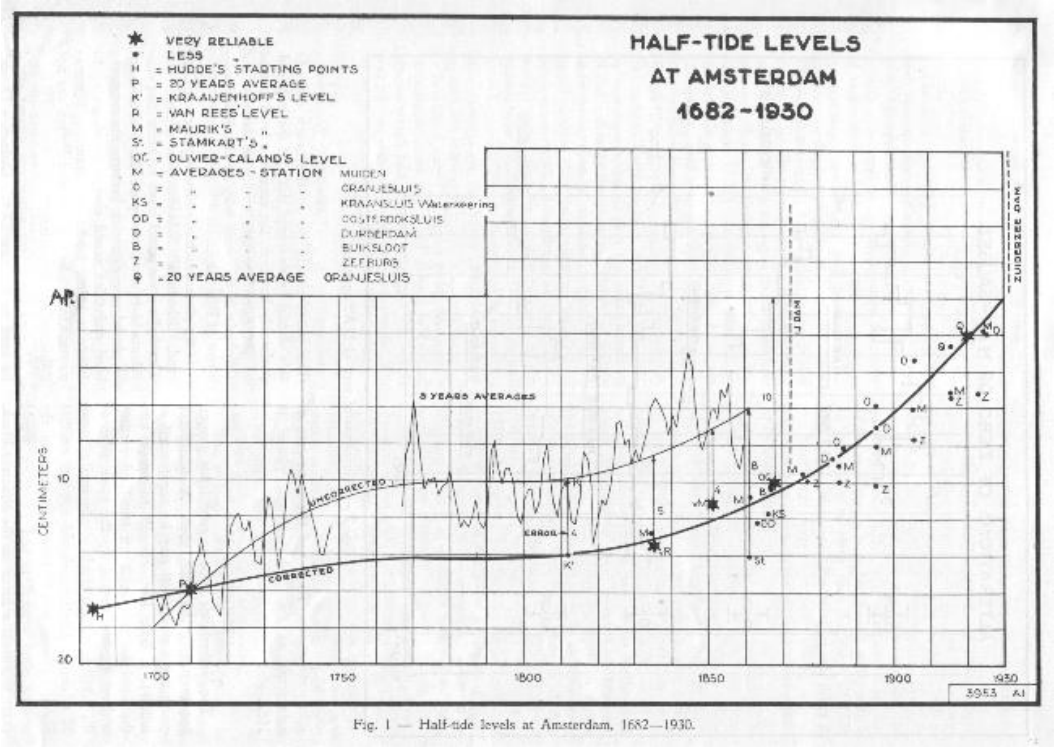
Klimaat

De stijging van de zeespiegel is van groot belang geweest voor de ontwikkeling van de kustzone (figuur 2.10). In figuur 4.2 is het zeeniveau van de Noordzee weergegeven gedurende het Holoceen 10 000 BP-nu.



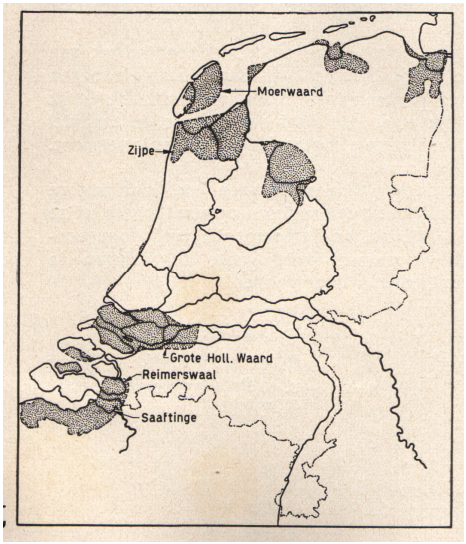
Figuur 4.2 Relatieve zeespiegelrijzing gedurende het Holoceen, volgens Berendsen, 2004

Uit figuur 4.2 blijkt dat aanvankelijk de stijging snel verliep en sinds 8000 BP sterk is afgenomen. Sinds de plaatsing van merkstenen, in 1683 in Amsterdam, wordt de hoogte van het waterpeil in het IJ hier elk uur (dag en nacht) waargenomen. Het gemiddelde getij was ongeveer 1 voet en het NAP was oorspronkelijk bedoeld om het gemiddelde Hoogwater in Amsterdam aan te geven (Bijlage 2). Omstreeks 1954 komt dit peil overeen met gemiddeld zeeniveau, hieruit kan een zeespiegelstijging van 5 á 6 cm per eeuw worden afgeleid, als ervan wordt uitgegaan dat de hoogte van de stenen niet is veranderd (Van Veen, 1954, figuur 4.3).



Figuur 4.3 Gemiddeld getij in Amsterdam tussen 1682-1930 (naar Van Veen 1954.)

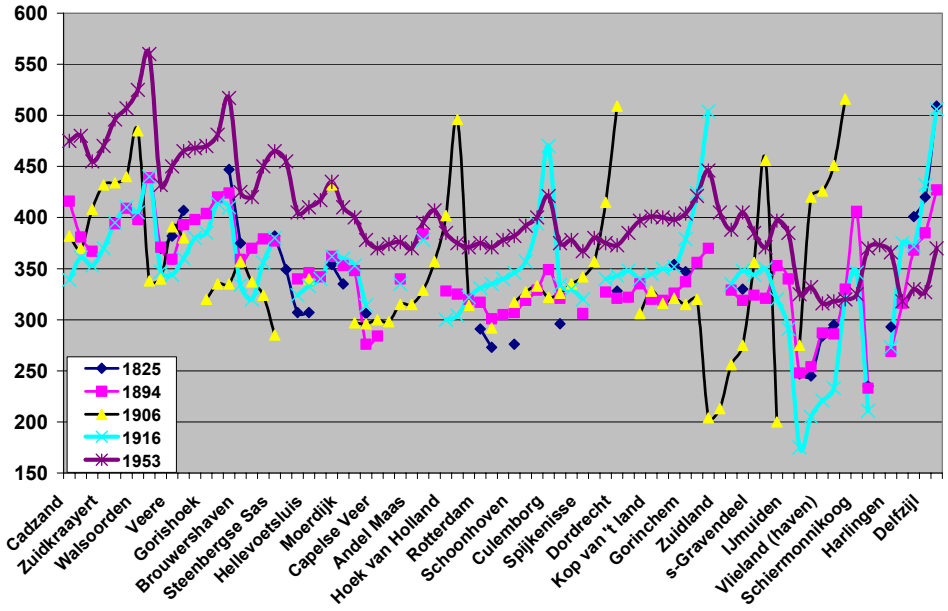
Het proces van zeespiegelrijzing gaat nog steeds door. Ook in de 21e eeuw wordt een verdere stijging van de zeespiegel verwacht. Door de zeespiegelrijzing en door een groot aantal stormvloeden is er veel gebied verloren gegaan. Ze zijn in de loop der tijd deels weer teruggewonnen. In figuur 4.4 zijn de voornaamste kustgebieden weergegeven die weer zijn teruggewonnen uit zee. Hierin zijn zuidelijk en oostelijk Flevoland nog niet opgenomen.



Figuur 4.4 Na 1200 verloren gebied (gedeeltelijk herwonnen) naar Mulder (1954).

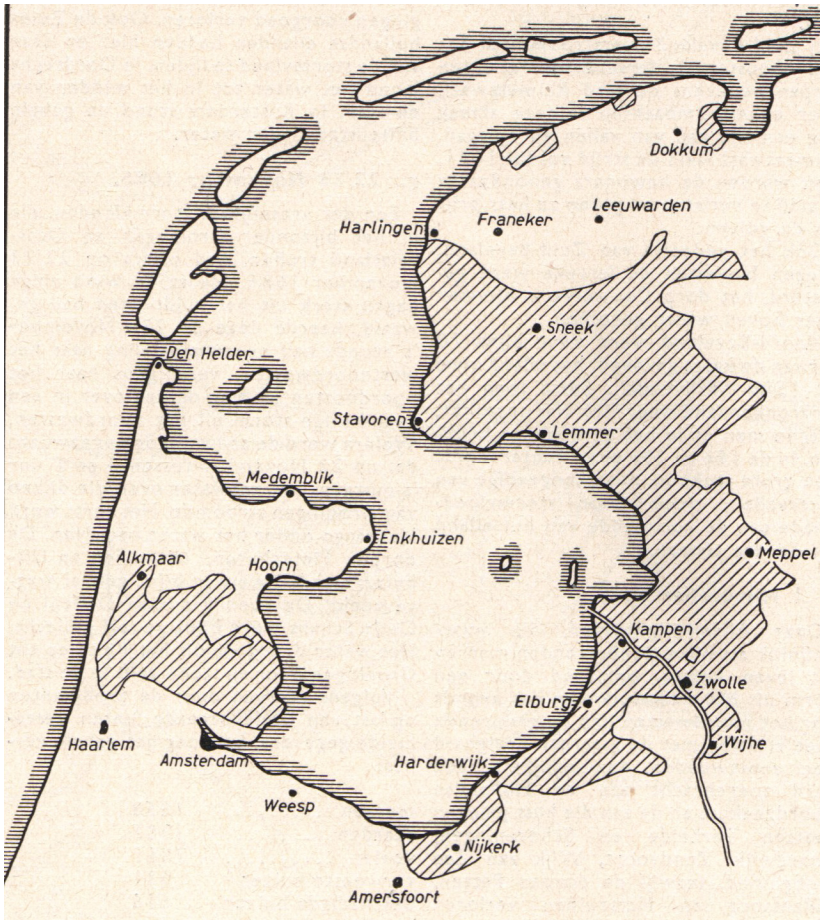
Ook in de periode na 1800 is de Nederlandse kust meerdere malen getroffen door stormvloeden, waarbij grote gebieden onder water kwamen te staan. Door het zoute overstromingswater werd grote economische schade aangericht. Dat geldt ook voor de inundaties in de Tweede Wereldoorlog. Enkele stormvloeden en inundaties die veel schade hebben veroorzaakt zijn (Mulder, 1954):
- 4 en 5 februari 1825 (o.a. Hondsbossche zeewering, Friesland, Overijssel);
- 23 december 1894;
- 12 maart 1906;
- 13-14 januari 1916 (Zuiderzeekust);
- 1940 militaire inundatie (Grebbelinie) ;
- 3 oktober 1944 militaire inundatie (dijk Westkapelle gebombardeerd door geallieerden);
- 1 februari 1953 Zeeland.

In figuur 4.5 zijn van enkele rampjaren de maximale waterstanden langs de Nederlandse kust weergegeven



Figuur 4.5 Hoogte van stormvloeden in cm +NAP in 1825, 1894, 1906, 1916 en 1953

Uit figuur 4.5 blijkt duidelijk dat de waterstand van de stormvloed in 1953 in het zuiden van Nederland hoger was dan alle voorgaande stormvloeden. In het noorden van het land, bijv. Delfzijl was in 1916 en 1894 de waterstand hoger. De stormvloed van 1825 heeft in Noord-Nederland vrij veel schade aangericht, zie figuur 4.6. De meest recente stormvloeden zijn beschreven en de omvang van de overstroming is bekend.



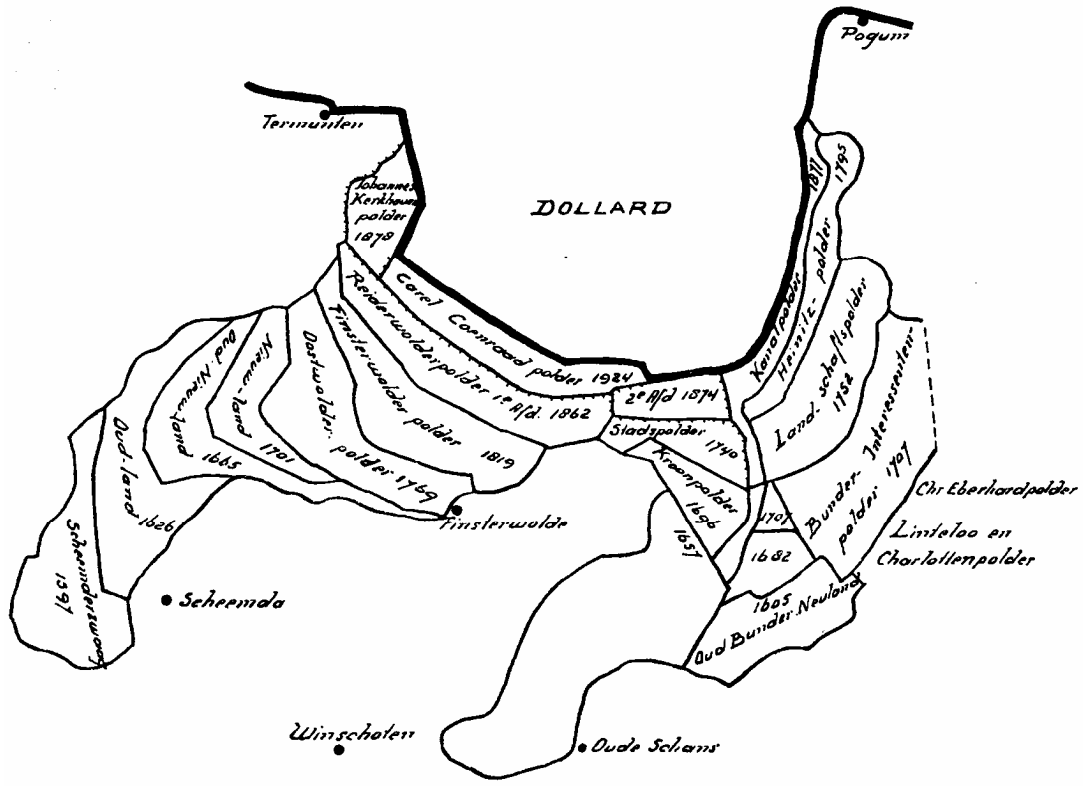
Figuur 4.6 Geïnundeerd gebied bij de stormvloed van 4-5 februari 1825, gedeelten van de provincies Friesland, Drenthe (Nijeveen/Kolderveen), Overijssel, Gelderland, Utrecht en Noord-Holland werden getroffen (Mulder, 1954).

Naast stormvloeden komen vooral in Zeeland regelmatig dijkvallen voor. Deze ontstaan door ondermijningen van de dijk. Als gevolg van dijkvallen, die ook bij rustig weer kunnen optreden, overstroomt meestal slechts een beperkt gebied (polder). In de periode 1880-1968 zijn langs de Nederlandse kust 570 dijkvallen geregistreerd, waarvan 146 in de periode 1880-1889. Het beheer van de zeewerende dijken was in het verleden in handen van lokale waterschappen. Deze waterschappen waren door hun geringe oppervlakte vaak niet in staat de kosten voor herbedijking van de zeedijk te dragen. De noodlijdende polders werden aangeduid als calamiteuze polders (Zeeland).

Topografie

Door landaanwinning en dijkdoorbraken is de kustlijn regelmatig van vorm veranderd. In figuur 4.4 is te zien waar in Nederland grote gebieden verloren zijn gegaan. Naast verlies is er ook landwinst opgetreden. Door (offensieve) bedijking van aan- en opwassen langs de kust, inpoldering en door herinpoldering van verloren gebieden is het areaal landbouwgronden voortdurend uitgebreid. Een overzicht van de inpolderingen langs de kust is o.a. te vinden in de toelichting bij de waterstaatskaart. In figuur 4.7 is als voorbeeld een overzicht gegeven van de

inpolderingen die in de loop der tijd de Dollard hebben verkleind. Daarnaast hebben belangrijke inpolderingen van zeearmen plaatsgevonden zoals in Zeeland (Braakman).



Figuur 4.7 Bedijkingen van de Dollard vanaf de 14de eeuw

Landgebruik
De belangrijkste verandering in het grondgebruik heeft vooral plaatsgevonden in de duinen en in de nieuw ingepolderde gebieden. De duinen zijn daarbij veranderd van een dynamisch duinlandschap met veel kale of schaars begroeide gronden naar een vastgelegd landschap met bossen en struwelen. In de 19 eeuw zijn er ook pogingen gedaan tot ontginning en de vestiging van landbouwbedrijven in de duinen (Jelles, 1969). Deze landbouwontginningen waren niet succesvol. De gevolgen van deze veranderingen zijn zowel ecologisch als hydrologisch van grote betekenis geweest. Ze hebben geleid tot een grotere verdamping en daardoor een geringere infiltratie van zoet water.

De duinen langs de kust zijn door de zeestromingen en de kustwerken (Maasvlakte, hoofden, pieren etc.) onderhevig aan afbraak (erosie) en aangroei. Daarnaast "wandelen" de duinen, dit is waarneembaar uit vergelijking van kaartmateriaal uit verschillende tijden (Knol, 2004). Om de duinen als zeewering op orde te houden is regelmatig zandsuppletie noodzakelijk.

De ingepolderde zeearmen zijn meestal als landbouwgebied ontwikkeld. De eerste decennia na de inpolderingen zijn er vooral akkerbouwgewassen verbouwd.

Watersysteem
In de lage kustzone komen vooral zout- en brakwatersystemen voor en in de duinen vooral zoetwatersystemen. In de afgelopen eeuwen zijn systemen soms sterk veranderd. De zout- en brakwatersystemen van de Zuiderzee, Zeeuwse Wateren en Lauwersmeer zijn door afdamming geheel of gedeeltelijk verzoet. Bovendien is de getijdenwerking geheel of grotendeels verdwenen. Ook het areaal is door inpoldering sterk verkleind. Momenteel wordt op enkele plekken hernieuwde inlaat van zoutwater overwogen. Ook wordt herintroductie van getijdenstroming overwogen (Haringvliet).

De kustzone grenst aan Laag Nederland en wordt daarvan gescheiden door dijken en duinen. Waar de duinen ontbreken, liggen belangrijke dijken, zoals de West Kapelse zeedijk en De Hondsbossche zeewering. Verder liggen er zeedijken langs de Fries-Groningse kust, Eems-Dollard en langs gedeelten van Waddeneilanden. Voor de afsluiting lagen er eveneens zeedijken langs de Zuiderzee, Lauwerszee, de Zeeuwse-Zuid-Hollandse wateren. Mansholt (1941) geeft hiervan een overzicht (tabel 4.3).

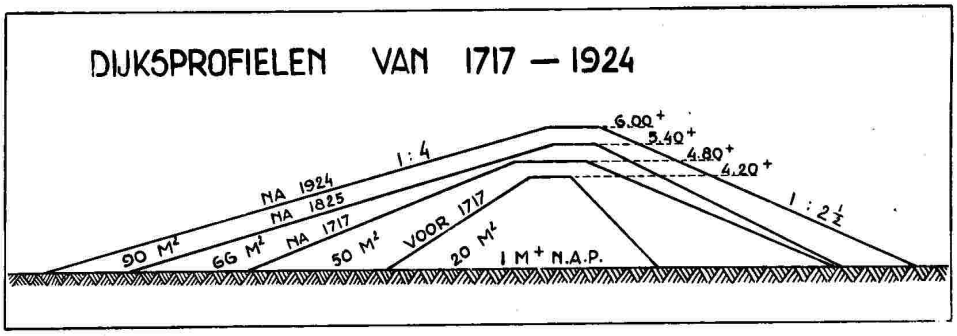
Tabel 4.3 Lengte aan zeeweringen in km ten laste van de waterschappen (naar Mansholt, 1941)

Provincie	Zeewering	IJsselmeerdijk	Slaperdijk	Zomerdijken	Hondsbosche Zeewering
Groningen	59				
Friesland	107.9	63.8	131		
Overijssel		29.6		14.5	
Gelderland		10			
Utrecht		8	33		
Noord-Holland		146.4	140		4.5
Zuid-Holland	102.5		40.1		
Zeeland	265.6				
	145.1				
	84.7				
Noord-Brabant	52.1		11.3		
	816.9	257.8	355.4	14.5	4.5

Meer dan de helft van de totale lengte aan zeeweringen lag voor de watersnoodramp van 1953 in de provincie Zeeland. De kosten van het onderhoud waren in 1941 als volgt:

4,5 km Hondsbossche zeewering	ca *f* 18000,- per km
816,9 km Zeeweringen	ca *f* 530,- per km
257,8 km IJsselmeerdijken	ca *f* 490,- per km
369,9 km Slaperdijken	ca *f* 48,- per km.

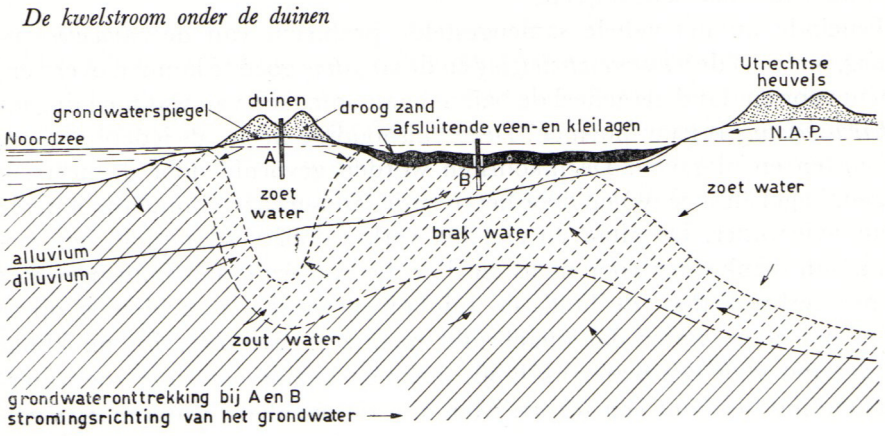
De hoogte van deze dijken, alsook de afmetingen van de dijken zijn voortdurend aangepast, enerzijds door de stijgende zeespiegel maar ook door bodemdaling. Daarnaast zakken dijken uit. In figuur 4.8 is de ontwikkeling van de dijkprofielen tussen 1717-1925 voor de Groninger zeedijk weergegeven. De dijken zijn dus in de loop der tijd hoger en ook massiever geworden.



Figuur 4.8 Dijkprofielen te Groningen (Rossum, 1990)

De zeedijken waren aanvankelijk in onderhoud bij de ingelanden en de kosten drukten op de opbrengsten. De lengte dijk per hectare diende dus liefst zo klein mogelijk te zijn. Rampen zijn in het verleden vaak de aanleiding geweest tot grootscheepse maatregelen. De overstroming van 1916 langs de Zuiderzee is een belangrijke stimulans geweest tot de afsluiting van de Zuiderzee, hetzelfde geldt voor de ramp van 1953 die de aanzet heeft gevormd voor het Deltaplan. Door uitvoering van deze plannen is de lengte aan kustzone aanmerkelijk verkleind, zodat het gevormde IJsselmeer en de Zeeuwse meren eigenlijk meer het karakter van binnenwateren hebben gekregen (verzoet). Zo is de lengte van de Zuiderzeedijken, die ca 257 km beslaan, aanzienlijk verkort door de aanleg van de Afsluitdijk die een lengte heeft van slechts 30 km.

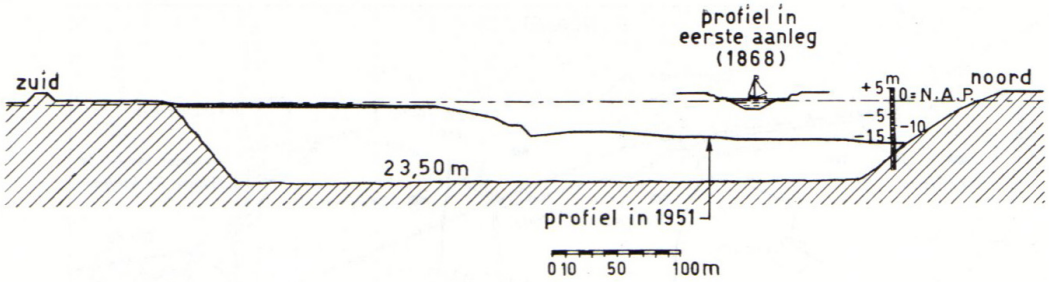
In de duinen heeft zich in de loop der tijd, door het verschil in dichtheid tussen geïnfiltreerde neerslag en het zoute grondwater, een zoetwaterbel gevormd. Deze bel drijft als het ware op zout water in de ondergrond (figuur 4.9). Dit zoete water was uitermate geschikt als drinkwater in een "zoute" omgeving. Vanaf 1853 doen de duinen dan ook dienst als bron voor drinkwaterwinning. De te winnen hoeveelheid water in de duinen is beperkt, en door de winning is de zoetwaterbel sterk in omvang afgenomen. Dit leidt tot twee problemen nl. verdroging en verzilting.



Figuur 4.9 Zoetwaterbel en kwelstroom onder de duinen (Metselaar, 1979)

Door de afname van de zoetwaterbel is de duinkust in de loop der tijd een toenemende zoutlek gaan vertonen, waardoor meer verzilting optreedt. Zeewater stroomt onder de duinen door en mondt uit in de lage polders langs de kust (kortere kwelweg, minder weerstand, meer kwel). Door inkrimping van de zoetwaterbellen in de duinen zijn ook de duinrellen steeds vaker drooggevallen. Deze rellen kunnen als beken of sprengen worden beschouwd die aan de binnenduinrand ontspringen. Momenteel wordt door verminderde winning en infiltratie, vernatting van de duinen nagestreefd. Hierdoor kunnen ook de zoetwaterbellen weer in omvang toenemen.

Ook door het voortdurend ruimer en dieper maken van de open zeeboezems komt steeds meer zoutwater het land binnen, vooral via de Rotterdamse Waterweg. In het verleden kon het Westland nog zoetwater inlaten uit de Waterweg, maar de zoutgrens is verschoven tot boven Rotterdam. In figuur 4.10 is de verandering in het profiel van de Rotterdamse Waterweg tussen 1868 en 1970 weergegeven.



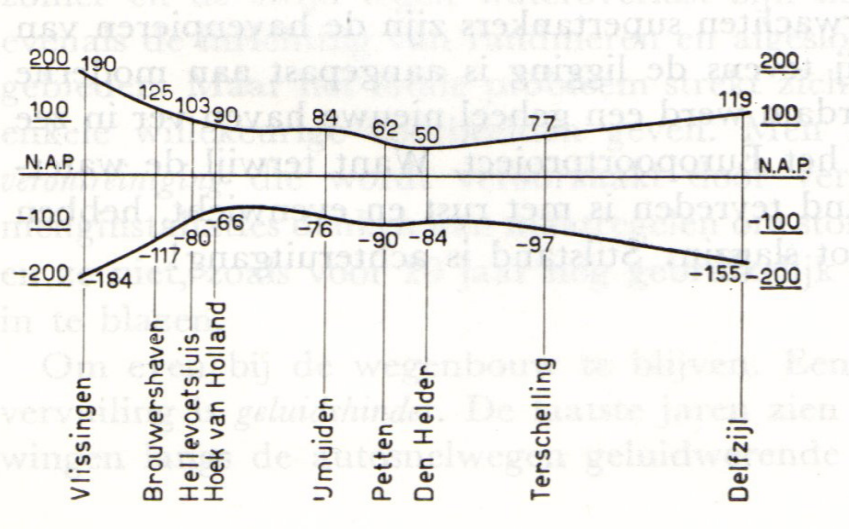
Figuur 4.10 Verruiming van het profiel nabij de mond van de Rotterdamse Waterweg tussen de jaren 1868 en 1970 (Metselaar, 1979)

Ook via de Schutsluis in IJmuiden komt tegenwoordig veel zout in het Noordzeekanaal terecht. Per schutting is dit circa 1200 ton chloor (Metselaar, 1979). De invloed hiervan was op zeker moment merkbaar tot in Utrecht en Alkmaar. Om deze verzilting in de kustzone tegen te gaan zijn een aantal maatregelen genomen:

- Aanvoer van gezuiverd water uit de Lek voor infiltratie in de duinen, ter aanvulling tekort aan neerslag (tevens gunstig mbt tot verdroging);
- Verkorting van de kustlijn;
- Aanvoer van zoet water om tekorten in Laag Nederland aan te vullen;
- Verbetering van de Rijnwaterkwaliteit.

Voor de afsluiting van de Zuiderzee in 1932 kwam veel zout water in de boezems van Laag Nederland terecht (o.a. Friesland), bijv. door het schutten van de schepen of het bewust inlaten van zout water om de boezem op peil te houden. Dat is nu nauwelijks meer het geval (met uitzondering van erg droge zomers in Rijnland).

De mogelijkheid tot lozing van overtollig water in de kustzone is afhankelijk van de getijdenwerking. Het verschil tussen eb en vloed bepaalt deze mogelijkheid, maar is langs de Noordzeekust niet overal gelijk. In figuur 4.11 is het verschil tussen eb en vloed op een aantal plaatsen langs de Noordzeekust weergegeven.



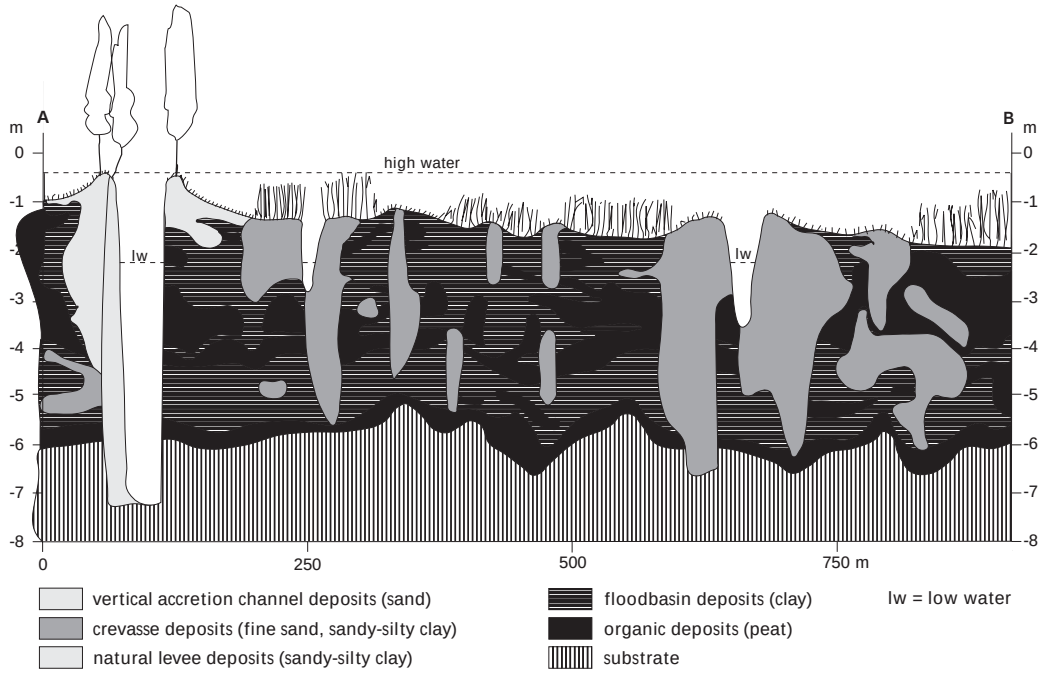
Figuur 4.11 Gemiddeld hoog- en laagwater langs de Nederlandse kust, bij Vlissingen en Delfzijl is het tijverschil het grootst (Metselaar, 1979)

Omstreeks 1800 stond de waterstand in de toenmalige Zuiderzee, Lauwersmeer en de Zeeuwse wateren nog onder invloed van de getijden. Deze invloed plantte zich via de rivieren stroomopwaarts voort. De stad Groningen had indertijd een zeehaven, omdat het Reitdiep in open verbinding stond met de Lauwerszee. Geleidelijk aan zijn veel rivieren en zeegaten afgedamd, dmv dammen of voorzien van sluizen en stuwen.

Het waterkwaliteitsbeheer van de Noordzee wordt vooral gevoerd op basis van internationale verdragen. Terwijl het beheer van de zoute, brakke en zoete kust-wateren (Zeeuwse wateren, Waddenzee, IJsselmeer) door het Rijk wordt uitgevoerd.

4.2 Het rivierengebied

Gebiedsbeschrijving
Het rivierengebied bestaat uit het gebied waarvan de topografie in sterke mate is gevormd door de grote rivieren, Rijn, Waal, IJssel en de Maas, exclusief het getijdengebied Het rivierengebied wordt aan weerszijden begrensd door de zandgronden (Hoog Nederland) en gaat benedenstrooms over in Laag-Nederland. De rivieren liggen nu grotendeels tussen dijken (buitendijks) om het achterliggende land (binnendijks) tegen overstroming te beschermen. Kenmerkend is de aanwezigheid van oeverwallen en komgronden. De oeverwallen liggen hoger dan de komgronden (figuur 4.12) en bestaan uit grovere afzettingen. Het zijn relicten van voormalige rivierlopen. De kommen zijn de laag gelegen gronden tussen de oeverwallen. Deze laagten fungeerden bij hoogwater als bergings- en overstromingsgebied voor rivierwater.



Figuur 4.12 Doorsnede door oeverwal en komgebied naar Berendsen en Stouthamer (2001)

Klimaat en overstroming
Als gevolg van hoge afvoeren traden de rivieren regelmatig buiten de oevers. Daarbij werd sediment afgezet. Door de rivierbedijkingen vanaf de 13e eeuw is het periodiek overstromen van het rivierengebied geleidelijk verminderd. Na de aanleg van de dijken hebben er nog verschillende overstromingen van het rivierengebied plaatsgevonden waarbij soms ook aangrenzende delen van Laag Nederland geïnundeerd zijn geweest. De doorbraakkolken (wielen, waaien) en het soms grillige verloop van de dijk zijn de nog zichtbare en stille getuigen van deze doorbraken.

De 19e eeuw was bij uitstek de eeuw van de rivieroverstromingen. Uit de periode 1800-1861 zijn in Gelderland 19 dijkdoorbraken bekend. Dit betrof de jaren: 1805, 1809, 1811, 1814, 1820, 1824, 1825, 1827, 1830, 1833, 1834, 1836, 1838, 1841, 1845, 1848, 1850, 1855 en 1861. Het gedrag van de rivieren was redelijk onvoorspelbaar. De rivierbeddingen waren sterk verwaarloosd en het water kon geen uitweg vinden door de steeds toenemende verzanding. Het deltagebied had te weinig riviermond om de grote massa's water bij tijd en wijle te kunnen afvoeren en verder was er het probleem van de ijsvorming. Door verschillen in stroming op een rivier ontstonden ijsklompen die konden aangroeien tot dammen van enkele kilometers lengte. Deze werden bij plotselinge dooi tot grote hoogten en breedten opgestuwd door smeltwater en kruiend ijs uit de bovenloop. IJszetting werd bevorderd door het grillige verloop der rivieren en de stagnatie van water bij zandbanken (figuur 3.6). Het beplanten van buitendijkse oevers met geriefhout en riet verergerde het probleem. Dit werkte de bevriezing nog sterker in de hand.

Hoogwater op de rivieren werd daarnaast veroorzaakt door extreme regenval in Duitsland of Frankrijk en door snel invallende dooi bovenstrooms. Deze twee

factoren spelen ook in de toekomst een relevante rol als gevolg van klimaatverandering.

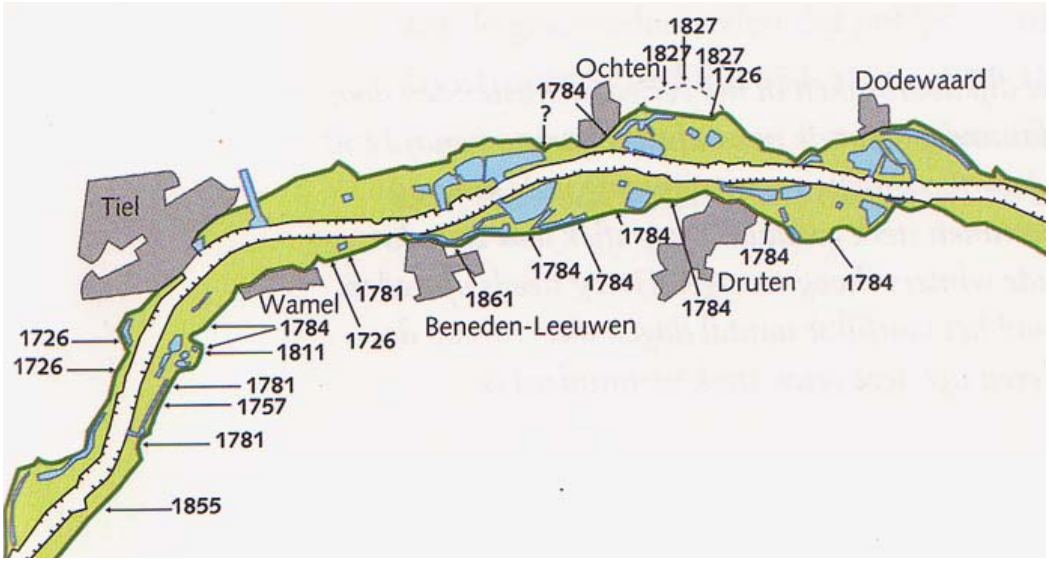
Dijkdoorbraken vonden vaak plaats op meerdere plekken. Voor de grote overstroming in 1855 zijn in het tekstkader de locaties benoemd waar in de periode van 3-7 maart de dijkdoorbraken plaatsvonden.

De dijkdoorbraak van 1855 is uitvoerig beschreven, een korte karakterisatie volgens Bauer (1863):
Den 3 Maart brak de Bislichsche dijk door, en bragt de gewone overstroming in onze IJsselstreken te weeg.

In den Oldburgschen dijk, beneden Doesborgh, vielen twee doorbraken
In den Baakschen dijk spoelden twee gaten.
In den Brummelschen bandijk vielen twee doorbraken.
Den 4 Maart had men eene doorbraak in den Erlecomschen dam.
Den 5 Maart doorbraken in den Waaldijk te Dreumel.
Denzelfden dag in den dijk van het Arnhemsche en Velpsche broek.
Ook den 5 Maart in den Grebbedijk te Wageningen.
Denzelfden dag aan de Spees bij Kesteren.
Denzelfden dag in den Nederbetuwschen dijk bij Lienden.
Denzelfden dag in den dijk onder Ingen.
Denzelfden dag ook in den dijk onde Maurik.
Denzelfden dag nog in den Maasdijk te Lith in Noordbrabant.
En denzelfden dag ook nog in dien te Alem.
Vervolgens vielen er drie doorbraken in den Zomerdijk van den polder van Geffen, en zes in de dijken tussen Hennis, onder Rosmalen, en den Watermolen van den polder van der Eigen.
Den 7 Maart had eene dijkbreuk te Pouderoijen.
Dezelfden dag brak de Malburgsche dam door.

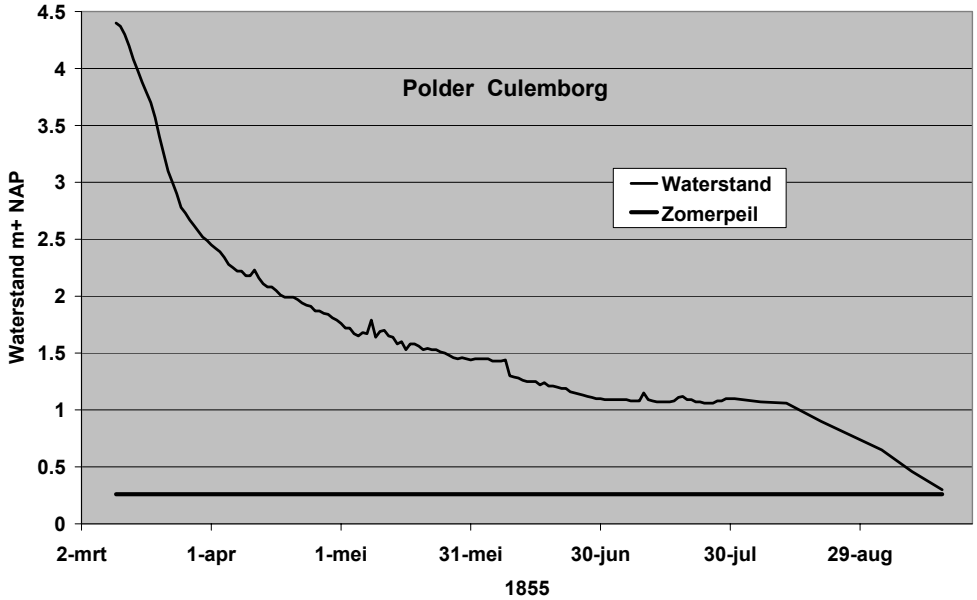
De oorzaak van de doorbraken lag dus veelal in het onregelmatige verloop van de rivier (bochtig, ondiepten, eilanden) waardoor bij ijsvastzetting, ijsophoging en opstuwing de dijken braken. Hoogwaterproblemen konden worden versterkt door het gelijktijdige optreden van stormvloeden. Bij hoogwater kunnen boezemwateren, polderwateren, beken en rivieren, die normaal op de rivier hun water lozen, niet of slechts beperkt lozen. Hierdoor treden ook in het achterland inundaties op.

In figuur 4.13 is voor de Waal tussen Dodewaard en Tiel weergegeven op welke plaatsen en in welke jaren de dijk is doorgebroken.



Figuur 4.13 Dijkdoorbraken langs de Waal tussen Dodewaard en Tiel tussen 1726 en 1855

De duur van de overstroming was sterk afhankelijk van de karakteristieken van de overstroomde polders. Als voorbeeld is in figuur 4.14 voor de polder Culemborg de hoogte van de waterstand in 1855 ten opzichte van het normale zomerpeil weergegeven. Het maaiveld ligt in dit gebied op circa 0,9 m +NAP. Deze polder viel dus pas na een half jaar (augustus) voldoende droog. Polders die hoger lagen vielen uiteraard wel eerder droog.



Figuur 4.14 Droogvallen polder Culemborg na de overstroming van maart 1855.

Voor de toekomst zijn als gevolg van klimaatverandering hogere waterstanden en afvoeren op de rivieren te verwachten, hierdoor neemt de kans op overstromingen toe getuige het hoge water in 1993 en 1995.

Topografie
Het rivierengebied wordt gekenmerkt door afwisseling van oeverwallen en komgebieden. De oeverwallen liggen hoger in het landschap dan de kommen. Doordat de rivieren alleen binnen de winterdijken nog materiaal (klei en zand) afzetten, en niet meer daarbuiten, komt de rivier steeds hoger in het landschap te liggen. Daarnaast is door ontginning en inklinking, vooral in de komgebieden, maaivelddaling opgetreden.

Landgebruik
Van nature waren de komgronden relatief natte gebieden, die vaak tot laat in het voorjaar onder water bleven staan. Het waren relatief "lege" gebieden die gebruikt werden als extensief grasland. De oeverwallen zijn al vanaf de Romeinse tijd bewoond. Ook lagen hier de bouwlanden en boomgaarden. Doordat vooral de komgronden weinig productief waren is in 1951 de Commissie Onderzoek Komgronden (Bruin H.P. de., 1988.) in het leven geroepen. Door verbeterde ontsluiting, verkaveling en ontwatering in de daarop volgende periode is de productiviteit vergroot. Het overheersende grondgebruik is grasland. Buitendijks waren de meeste gronden als grasland in gebruik. In het begin van de 19 eeuw waren er ook nog aanzienlijke delen van de uiterwaarden bebost (ooibos).

Watersysteem
De buitendijkse en binnendijkse gebieden zijn hydrologisch sterk met elkaar verbonden maar kennen een verschillend regiem. Het buitendijkse gebied van de uiterwaarden is sterk onderhevig aan de rivierdynamiek en overstroomt regelmatig. Door sedimentatie worden de uiterwaarden voortdurend opgehoogd. De binnendijkse gebieden worden sinds de bedijking rond de 13de eeuw nauwelijks meer opgehoogd, maar zakken juist door inklinking

De scheiding in binnen- en buitendijkse gronden heeft aanvankelijk lokaal plaatsgevonden en is van daaruit uitgegroeid naar een gesloten doorgaande dijk. Door normalisering van de rivieren werd in de loop van de 19^{e} eeuw de veiligheid van het aangrenzende gebied verbeterd. De rivieren werden beheerd door het rijk terwijl de rivierdijken werden onderhouden door de vele aangrenzende waterschappen. Door dit versnipperde beheer en onderhoud waren de dijken niet overal even hoog en sterk, zie tekstkader.

Als voorbeeld van de toestand der rivierdijken een citaat uit "Overzigt omtrent den toestand der dijken" (Bauer, 1863) mbt de Nederbetuwe.

"Bij de aansluiting van de Overbetuwschen dijk ligt de dijk onder goed profiel. Dijkskruin breed 4,5 el, buitenglooiing 1,5 op 1, binnenglooiingen 2 op 1. In het dorp Opheusden is de dijk aanmerkelijk lager. Tussen het veer en de batterij aan de Spees ligt eene kade op den binnenkant der kruin, afwisselend van hoogte. Bij de batterij is de dijk op ijsgang blootgesteld aan den aanval van het ijs. Van Opheusden tot aan de aansluiting van den dijk van den Marschpolder is de dijk zeer ongelijk van hoogte en profil. De dijkvakken, die in de laatste jaren niet verhoogd en verzwaard zijn, zijn zonder uitzondering te ligt.

Op eenige plaatsen onder Kesteren en Lienden liggen slooten aan den voet des dijks. Van Lienden tot Eck en Wiel is de dijk, met uitzondering der vernieuwde gedeelten, slap; op vele plaatsen met eene kade op den binnenkant der kruinen en met steile glooijingen. Ook ten aanzien van de Nederbetuwschen dijkvakken binnenwaarts is hetzelfde op te merken. Tegenover Maurik is de dijk voorzien met eene hoge kade op den binnenkant der kruin. Onder Rijswijk tegenover Roodvoet, alwaar de rivier wegens ijsverstopping een gevaarlijk punt oplevert, is de dijk mede te ligt, evenals bij Vredestein, alwaar de binnengrond bovendien zeer drassig is. –Een gevraagde opgave de dijkslengten, waarop zich kaden bevinden op de kruin, is nog niet binnengekomen."

Dit citaat geeft een indruk hoe men indertijd de dijken kwalificeerde en wat de problemen waren. Genoemde opgaven van dijklengten en hoogten is wel opgenomen voor de Overbetuwe. Als voorbeeld zijn de gegevens voor de Waaldijk bij Bemmel weergegeven, de hoogten zijn gegeven in Nijmeegs Peil (Tabel 4.4, Nulpunt 6,22 m+NAP):

Tabel 4.4 Gegevens betreffende de Waaldijk bij Bemmel in 1861

Bemmel (Waaldijk)	Lengte der verschillende dijk-gedeelten Ellen	Lengte van den geheelen dijk in de dorpspolder Ellen	Lengte der kade in de dorpspolder Ellen	Hoogte der dijken waar gene kade ligt Ellen	Hoogte der dijkgedeelten van eene kade voorzien Ellen	Hoogte der kade Ellen
a. Van paal 1 tot 15 ellen beneden dijkpaal no. 92	2158			9.40		
b. Vandaar tot bij de Ronduit ca.	242		242		8.48	8.90
c. Van de Ronduit tot 10 ellen beneden het huis van N. Arntz	848			Gem. 9 el.		
d. Van laatst-genoemd punt tot aan de paal van Doornik	1006.55	4255.55		Gem. 9.75 el		

Als noodpeil wordt ter plaatse van Bemmel aangegeven 15,09 m+NAP (Sloet, 1855), dit komt goed overeen met de hoogte ter plaatse van de kade (8,90 + 6,22= 15,12 m+NAP).

Goed dijkonderhoud is afhankelijk van de volgende factoren (Giebels, 1998):

- Bereidheid om de dijk ook in veilige tijden op hoogte te houden (dijken verzakken);
- Welstand der ingelanden;
- Technische kennis (bij kleine polders niet aanwezig).

Daarnaast speelde het systeem van "waterkrijg". Het verlangen om zelf een hogere dijk te hebben dan de buren aan de overkant (overdijking), bij hoog water zou het water over de lagere dijk (overlaat) stromen, hierdoor kon een wedloop in overdijking ontstaan.

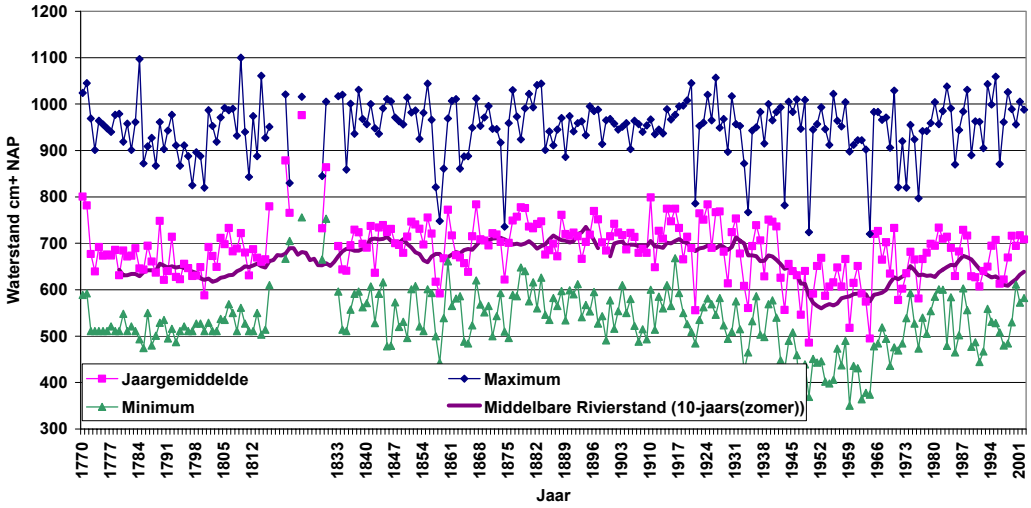
De inventarisatie van D. R. Mansholt uit 1941 geeft ook informatie over de totale lengte aan rivierdijken en ander waterkeringen (tabel 4.5).

Tabel 4.5 Lengte aan rivierdijken

Rivierdijken	Lengte in km	Aantal km rivierdijk per ha	Kosten in gld
Overijssel	151	2.9	0.22
Gelderland	536.9	4.4	0.14
Utrecht	52.2	1.2	0.81
Zuid-Holland	206	2.7	0.52
Noord-Brabant	69.4	1.1	0.08
Nederland	1015.5	2.7	0.29

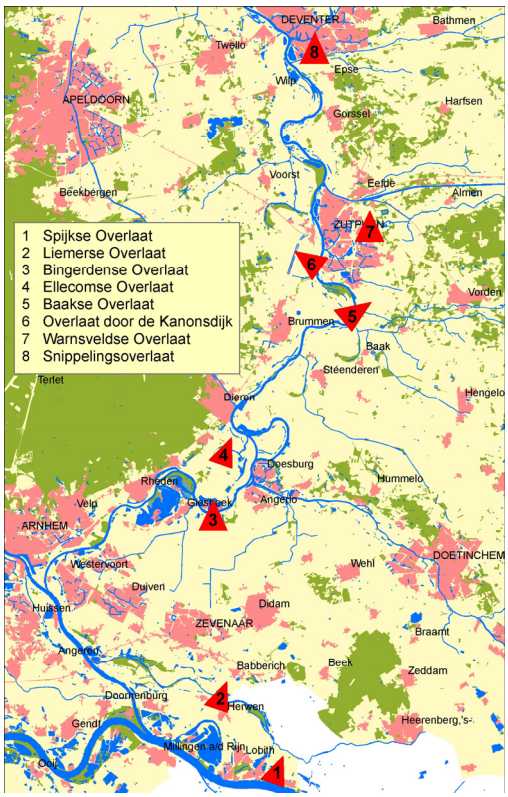
Naast rivierdijken wordt een groep andere waterkeringen, zoals kaden, dijken en waterkeringen langs binnenwater onderscheiden, de totale lengte hiervan bedraagt volgens de opgaven van Mansholt 4795,6 km

Het watersysteem van het rivierengebied wordt beïnvloed door de waterstand op de rivier. Bij hoge waterstanden is er zowel kans op een dijkdoorbraak, maar ook op extra kwelwater vanuit de rivier (dijkkwel). Vanwege de behoefte aan informatie over de waterstand is al relatief vroeg begonnen met het op een aantal plaatsen meten van waterstanden op de rivier. In figuur 4.15 is voor Doesburg het jaarlijkse minimum, maximum en gemiddelde van de IJsselstanden weergegeven, evenals het 10-jaarlijks voortschrijdend gemiddelde van de zomerwaterstanden. Voor deze locatie zijn metingen bekend sinds 1770.



Figuur 4.15 Jaargemiddelde waterstanden in de IJssel te Doesburg tussen 1770-2000

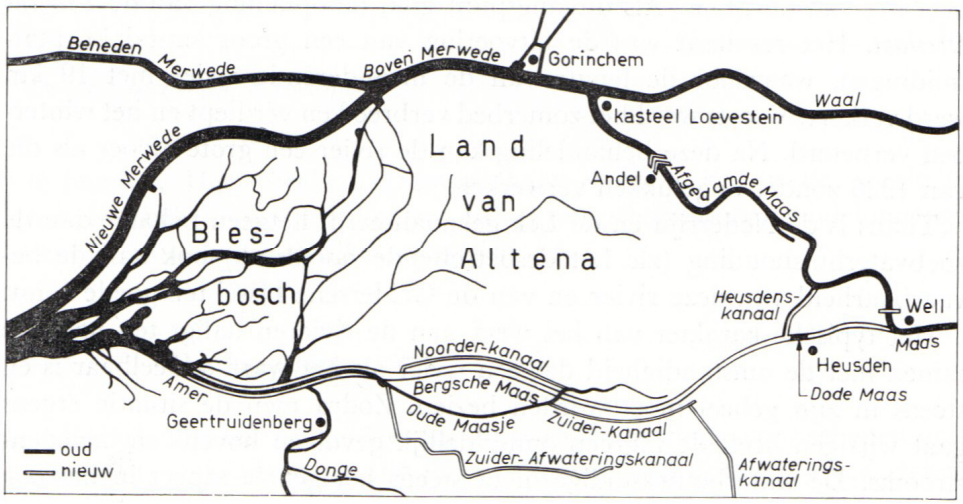
De economische gevolgen van de dijkdoorbraken waren groot. Bij een doorbraak van de rechter Lekdijk dreigde het lage deel van Holland onder water te komen. Om het risico op dijkdoorbraken te verminderen zijn in de loop der tijd een aantal maatregelen genomen. Hiervoor is een systeem van overlaten gemaakt. Dit is een verlaagde dijk, waarover bij hoogwater water kan stromen om de dijken benedenstrooms te ontlasten. In figuur 4.16 zijn een aantal overlaten in Oost-Nederland weergegeven.



Figuur 4.16 Systeem van overlaten in Oost Gelderland (naar Driessen et al., 2000).

Het gebied ten zuiden van de Maas in Noord-Brabant overstroomde regelmatig als gevolg van de werking van de Beerse Overlaat, waardoor een aanzienlijk deel van Noord-Brabant inundeerde.

De grote rivieren zijn in de loop van de 19e eeuw genormaliseerd, waardoor een meer gelijkmatig profiel en snelheidverdeling is verkregen. Door verbetering van de afvoer in de boven- en middenloop van de rivier verplaatste het probleem van wateroverlast zich naar de benedenloop. De rivieren Maas en Waal stonden bij Loevestein in directe verbinding en beïnvloeden elkaar. Door de aanleg van de Nieuwe Waterweg (1883), de Nieuwe Merwede en de scheiding van Maas en Waas (1887-1904), waarbij de Bergsche Maas werd gegraven, is de situatie aanmerkelijk verbeterd (figuur 4.17).



Figuur 4.17 Scheiding van Maas en Waal (Metselaar, 1979)

De Maas is in het kader van verbeteringswerken gekanaliseerd van Grave tot Maasbracht (5 stuwen), tussen Maasbracht en Maastricht is een Lateraal kanaal (Julianakanaal) gegraven.

Voor de Rijn is door de aanleg van het Pannerdens kanaal, de kanalisatie van de IJssel en de bouw van stuwen bij Hagestein, Amerongen en Driel de waterverdeling momenteel geregeld volgens een min of meer vaste verhouding, nl. 67% via de Waal, 22% door de Lek en 11% door de IJssel.
De dijken langs de grote rivieren zijn gedimensioneerd op een hoogwatergolf die eenmaal per 3000 jaar voorkomt. Door de verwachte klimaatverandering zal de afvoerpiek toenemen. Voor de Rijn wordt een toename verwacht tot 16 000 m^3/sec of meer.

Het binnendijks gelegen rivierengebied tussen de Nederrijn/Lek en de Waal voert het water af via de Linge. Toen de afwatering op de Waal bij Gorinchem in het verleden problematischer werd, is een lozingspunt gezocht met lagere waterstanden (eb en vloed). Hiervoor is het Kanaal van Stenenhoek (1818) gegraven. Het gebied tussen de Waal en de Maas voert het water af op de Maas.

In de komgebieden was tot na 1950 sprake van zeer natte situaties. De doorlatendheid van de zware komklei was slecht. Het maaiveld werd hierdoor vaak bol gelegd om het water oppervlakkig te kunnen afvoeren. De afwatering was echter zo slecht dat de kommen vaak tot in het voorjaar nat bleven. Door de uitvoering van een aantal ruilverkavelingen is de ontsluiting, de verkaveling en de ont/afwatering in het gebied sterk verbeterd. De belangrijkste maatregelen waren de aanleg van buisdrainage, de komst/vergroting van gemalen en verbetering van het afwateringstelsel. Door de hogere rivierpeilen is wateraanvoer bijna overal mogelijk. Het rivierwater van de Rijn werd vroeger ook gebruikt als bevloeiing vanwege de bemestende waarde (o.a.Velper- en Arnhemse broek). Meer recent wordt Rijnwater gebruikt als bron voor de drinkwatervoorziening. Het huidige Rijnwater is chemisch sterk veranderd, met hoge gehalten aan chloride en contaminanten. Door lozing van de kalimijnen in de Elzas is het chloridegehalte van de Rijn decennialang sterk toegenomen. Vooral in de zomer zijn de concentraties hoog waardoor geschiktheid voor drinkwaterwinning, aanvulling en doorspoeling is verminderd. Sinds begin 1990 is een duidelijke afname van chloridevracht opgetreden. Beoogd wordt de concentratie beneden afgesproken toelaatbare hoeveelheid te brengen, van 300 mg Cl^-/l. (Metzelaar, 1979).

4.3 Laag Nederland

Gebiedsbeschrijving
Onder Laag Nederland wordt het gebied verstaan waarvan de topografie in sterke mate is bepaald door of onder invloed van de zee. Het betreft het zuidelijke en noordelijke zeekleigebied, de droogmakerijen en het laagveengebied in West- en Noord-Nederland. Het gebied ligt tussen de kustzone en Hoog Nederland ingeklemd (figuur 4.2).

Klimaat en overstroming
Zowel stormvloeden op de Noordzee en Zuiderzee als hoogwater op de rivieren vormden bedreigingen voor Laag Nederland. Bij een eventuele doorbraak van de Noorder Lekdijk liep bijv. Amsterdam gevaar voor overstroming. Van deze omstandigheid is ten behoeve van de defensie handig gebruik gemaakt door de realisatie van (Nieuwe) Hollandse Waterlinie. Door samenvallen van stormvloeden met hoogwaterstanden op de rivier kunnen de waterstanden extra worden verhoogd waardoor de kans op dijkdoorbraak toeneemt. Ook wordt de lozingsmogelijkheid beperkt door hoogwater op de rivier waardoor de kans op inundatie toeneemt. Grote delen van laag Nederland bestonden oorspronkelijk uit veengronden. Voor de toekomst zal de wateroverlast verder toenemen als gevolg van klimaatverandering (meer neerslag), maaiveldsdaling (veen) en zeespiegelrijzing (meer kwel).

Topografie
Laag Nederland is relatief vlak en heeft in bepaalde delen een "getrapte" topografie (veengebieden naast droogmakerijen). De maaiveldhoogte varieert tussen +1 en -6 m+NAP. In het oorspronkelijke laagveengebied liggen zowel laagveenpolders als droogmakerijen. In beide type gebieden is het maaiveld binnen de onderscheiden

polders relatief vlak. Tussen de gebieden kunnen aanzienlijke hoogteverschillen voorkomen. Als gevolg van de afbraak en inklinking van veen is het maaiveld in de laagveengebieden (nog steeds) onderhevig aan maaivelddaling. De laagveengebieden hebben al sinds de ontginning te maken met maaivelddaling. Oorspronkelijk bestonden delen van de gebieden waar veen aan maaiveld voorkwam, aan de bovenzijde uit veenmosveen (oligotroof), de bovenkant van deze veenkussens lag boven NAP (figuur 2.10). Andere delen waren als laagveen ontwikkeld in voedselrijk milieu. Bij de ontginning zijn veengebieden ontwaterd, door ontwatering zijn de processen afbraak, oxydatie en inklinking van veen ingezet waardoor het maaiveld is gedaald. Omdat als gevolg van de maaivelddaling, de gebieden natter werden, zijn vervolgens de sloten verdiept en is het peil verlaagd, waardoor het proces van inklinking werd versterkt. Naast bodemdaling door ontwatering is er op aanzienlijke schaal veen gewonnen voor brandstof (turf). Door de uitvinding van de baggerbeugel werd het mogelijk om onder de waterspiegel veen te winnen. Deze baggerturf werd op zogenaamde legakkers te drogen gelegd, waarbij een typisch patroon van brede stroken oppervlaktewater en legakkers ontstond. Door overexploitatie ontstond erosie en oeverafslag. Dit leidde tot:

- uitbreiding van de oppervlakte open water, doordat de winning van veen winstgevend was werden de legakkers steeds smaller, waardoor als gevolg van windwerking de legakkers werden weggeslagen en steeds meer open water ontstond. Bij elke storm werd het areaal open water groter (Haarlemmermeer). Deze grote waterplassen bedreigden op hun beurt aangrenzende veengebieden, maar ook bewoningskernen. Door de stormen van 1834 werden in korte tijd zowel Amsterdam als Leiden bedreigd. Dit is de aanzet geweest tot de droogmaking van de Haarlemmermeer.
- het open water behoorde tot de boezem, door de vervening nam het oppervlak van de boezem toe waardoor meer water geborgen kon worden, een nadeel was dat het landbouwareaal afnam en daarmee de inkomsten voor het waterschap. Via verordeningen werd vastgelegd dat de afmetingen van de legakkers en de afstanden ertussen aan bepaalde voorwaarden moesten voldoen, en tevens moest door de vervener zogenaamd slikgeld of turfgeld worden betaald om daaruit bijv. de kosten voor inpoldering en droogmaking te kunnen voldoen.

Hoeveel de maaivelddaling in deze veengebieden is geweest, is van meerdere factoren afhankelijk. In tabel 4.6 zijn ter oriëntatie enkele cijfers vermeld (Vista, 2002).

Tabel 4-6 Dalingsgegevens van veenbodems in afhankelijkheid van het gehanteerde peil (Vista, 2002)

Locatie	Daling (cm)	Periode	cm/jaar	Peil	Literatuur
Groot Wilnis	50	1874-1898	2.0-4.5		Duyverman, 1948
Polders West-Utrecht	6-50	1920-1943	0.3-2.5		Idem, tabel 6a, p. 190
Twiske	55	5 jaar	5.1	-1.80 m	Schothorst, 1970
Hoenkoop	2	6 jaar	0.3	40 cm-mv	Schothorst, 1970
Hoenkoop	6.4	6 jaar	1.0	100 cm-mv	Schothorst, 1970
Bleskensgraaf	1	6 jaar	0.2	35 cm-mv	Schothorst, 1970
Bleskensgraaf	10.1	6 jaar	1.4	100 cm-mv	Schothorst, 1970
Zegveld	50	1875-1965	0.5	< 20 cm-mv	Van den Akker en Beuving, 1997
Zegveld	14	1969-1979	1.4	70 cm-mv	Schothorst, 1982
Zegveld	5	1969-1979	0.5	20 cm-mv	Schothorst, 1982
Zegveld		Recent	0.7	35 cm-mv	Beuving enVan den Akker, 1996
Zegveld		recent	1.5	70 cm-mv	Beuving enVan den Akker, 1996
Gein/Gaasp	72	1864-1997	0.5		Carasso-Kok en Slofstra, 1998
Baambrugge	93	1861-1997	0.7		Carasso-Kok en Slofstra, 1998
Assendelft	500	900-1500	0.9		Borger, 2000
Krimpenerwaard	650	Tot heden			Borger et al, 1997

In kleigebieden is de bodemdaling geringer dan in veengebieden omdat er geen oxidatie plaatsvindt. Als gevolg van rijping vindt er enige bodemdaling plaats. In situaties van veengronden afgedekt door dunne kleilagen kan de bodemdaling minder bedragen. In kleigebieden kan door het afticheln van klei (steenbakkerij) het maaiveld kunstmatig zijn verlaagd.

Grondgebruik

Het veengebied was kort na de ontginning door de relatief hoge ligging geschikt als bouwland, er zijn archiefstukken bekend waaruit blijkt dat er omstreeks 1200 graan werd verbouwd. Door de voortdurende maaivelddaling zijn de veengebieden natter geworden en alleen nog als grasland in gebruik. Daarnaast is als gevolg van verveningen nieuw oppervlaktewater ontstaan (plassengebied Utrecht, Nieuwkoop etc.). Schieland bestond omstreeks 1800 voor een aanzienlijk areaal uit open water. In Friesland lagen de zogenaamde zomerpolders die in de winter als boezem dienden en in de zomer, afhankelijk van de weersomstandigheden landbouwkundig (hooiland) gebruikt werden.

Veel meren die grotendeels verveend waren, zijn later drooggemaakt. Een aantal grote meren of gedeelten van meren, drooggemaakt in de periode 1800-2000 zijn:

Haarlemmermeer	1839-1852;
IJpolders (zeearm)	1873-1879;
Zuidplaspolder	1828-1840;
Pr. Alexanderpolder	1865-1874;
Wieringermeer (zeearm)	1927-1930;
Noord-Oostpolder	1936-1942;
Oostelijk-Flevoland	1950-1957;
Zuidelijk-Flevoland	1959-1968.

In de kleigebieden was vanouds de akkerbouw belangrijk (Zeeland, Groningen) evt in combinatie met veeteelt.

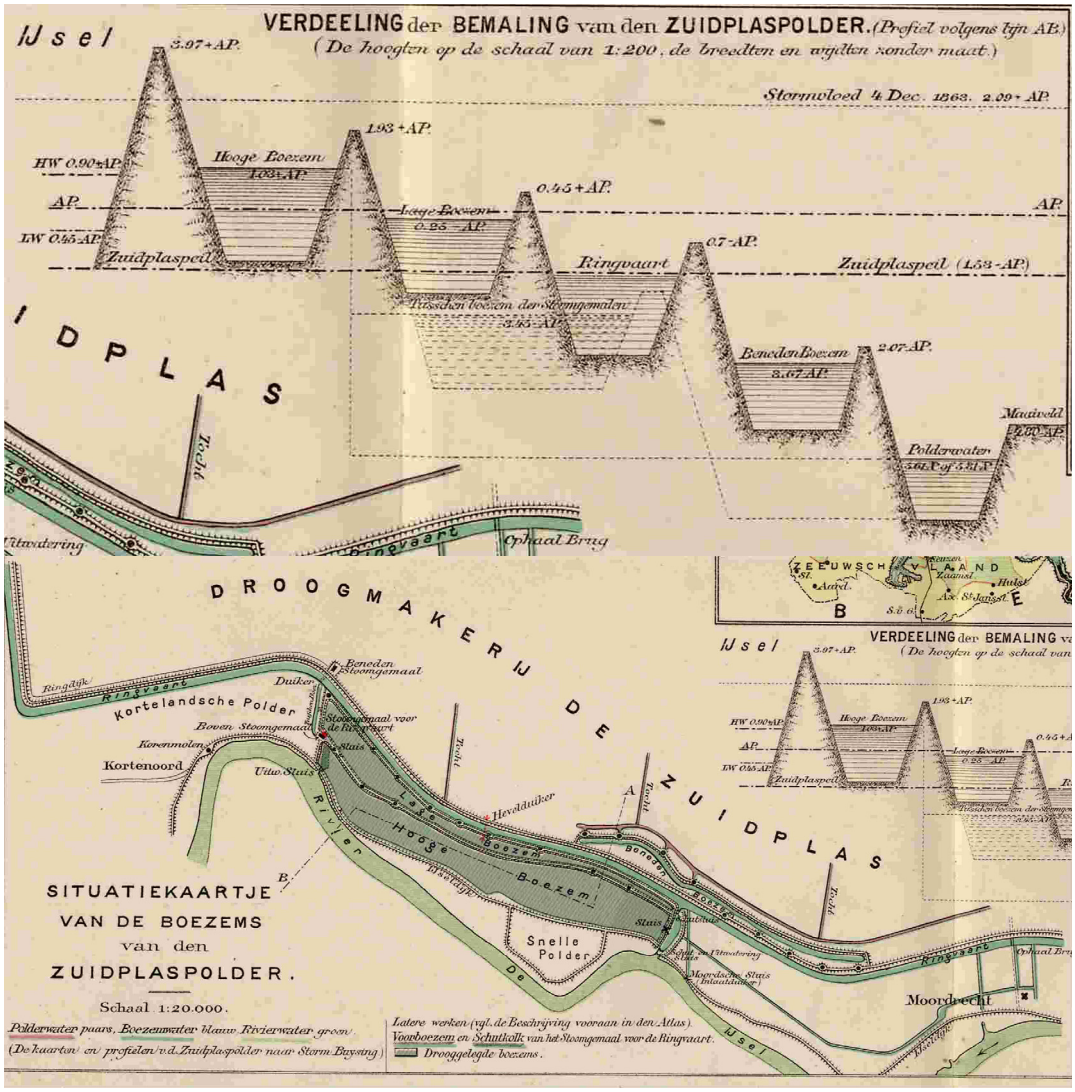
Watersysteem
Door de voortgaande maaivelddaling en de zeespiegelrijzing is in laag Nederland al vroeg een systeem van polders ontstaan. Polders bestaan uit laag gelegen gebieden die door kaden of dijken zijn omringd en waarbinnen kunstmatig de waterstand kan worden geregeld. Dit systeem is daarna in steeds meer gebieden toegepast waardoor laag Nederland nu grotendeels uit polders bestaat. Een van de basisprincipes van het waterschapsrecht in Nederland is het beginsel "Wiens water deert diens water keert". Dit houdt in dat degenen die worden bedreigd door het buitenwater ook verantwoordelijk zijn voor het onderhoud van de dijk die het water moet keren. Dijkplichtigheid, bestond oorspronkelijk uitsluitend voor de bewoners aan de dijk (aangelanden). Naarmate de ontginning vorderde hadden ook andere boeren (ingelanden) belang bij de instandhouding van de dijk. Toen in het laagveengebied het maaiveld in de loop der eeuwen steeds verder daalde en de zeespiegel rees, overstroomde bij doorbraken steeds meer land achter de dijk. Hierdoor breidde de dijkplicht zich steeds verder uit. Het onderhoud van de dijk was aanvankelijk verhoefslaagd. Elke hoeve onderhield daarbij een bepaald traject van de dijk. Op het onderhoud werd toezicht gehouden door het waterschap via de zogenaamde schouw. In het lage deel van Nederland zijn daarom al vroeg waterschappen opgericht. In de loop der tijd zijn steeds meer dijken gemeengemaakt, dat wil zeggen het onderhoud is overgenomen door het waterschap.

De locaties van doorbraken zijn veelal als buiten- of binnengedijkte plassen (waaien of wielen) ter weerszijde van een daardoor kronkelige rivierdijk te herkennen. Door een dijkdoorbraak werd het achterliggende gebied bedekt met een laag zand uit de doorbraakkolk, hierdoor was deze grond enige tijd ongeschikt voor productie, de zogenaamde overslaggronden.

De lozing van het waterbezwaar vond aanvankelijk onder vrij verval plaats. Door middel van greppels en weteringen werd het water verzameld en vervolgens via duikers, heulen en zijlen in de dijk op het buitenwater geloosd. Door de voortdurende bodemdaling, stijging van de zeespiegel en rivierpeil werden de lozingsmogelijkheden bemoeilijkt (zie figuur 2.12). Oplossingen om de lozingssituatie te verbeteren waren:
- Uitwijken naar een lager gelegen uitstromingspunt of locatie met lagere ebstanden (Linge-kanaal van Stenenhoek, Reitdiep-Lauwerszee naar Eemskanaal-Dollard, Bijleveld);
- Gebruik van opvoerwerktuigen, zoals poldermolen, (stoom/diesel/elektrisch) gemalen;
- Creëren van meer waterberging via een extra waterboezem (Schermerboezem, Frieslands boezem, Alblasserwaard).

De poldermolen maakt gebruik van de wind als energiebron. Windbemaling heeft een aantal nadelen. Dit zijn de afhankelijkheid van wind en voldoende windsterkte en de beperkte opvoerhoogte van het scheprad (ca 2 m). Door introductie van het

stoomgemaal werd de afvoercapaciteit, vooral omdat het gemaal niet afhankelijk is van de wind, in de loop van de 19e eeuw vergroot. Vooral na 1870 worden steeds meer stoomgemalen gebouwd. In een aantal poldergebieden vindt lozing van polderwater plaats op de boezem ipv direct op het buitenwater (grote rivieren of de zee). Bij boezems kan onderscheid worden gemaakt in een vrije boezem, waarbij te allen tijde kan worden geloosd en een gesloten boezem, die een maalstop kent bij het bereiken van een bepaald peil op de boezem. Bij een gesloten boezem kan daardoor in natte perioden bij onvoldoende afvoercapaciteit de waterstand in de polder oplopen waardoor de landerijen dras of onder water komen te staan. Daarnaast leidde het niet kunnen malen met windmolens, vanwege geringe windsterkte, vaak tot natte situaties op de percelen. Dit was een situatie die in verleden als normaal werd beschouwd. In figuur 4.18 is een detail van het boezemsysteem van Zuidplaspolder (Zuid-Holland) weergegeven. Via een systeem van molens en boezems (beneden boezem, ringvaart, lage boezem, hoge boezem), met verschillende peilen werd het water in een aantal slagen uitgemalen op de Hollandse IJssel.



Figuur 4.18 Detail boezemsysteem van Zuidplaspolder (Zuid-Holland)

In het Hollands-Utrechts laagveengebied is de drooglegging meestal gering. In het Friese laagveengebied is de drooglegging groter. Om de landbouwkundige gebruiksmogelijkheden van de veenweidegebieden te handhaven cq. te verbeteren, zijn voortdurend peilverlagingen doorgevoerd. Met de peilverlaging wordt naast opbrengstvergroting ook de draagkracht van grasland in natte perioden verbeterd. De grondwaterstanddalingen zijn volgens veel waarnemingen geringer dan de peilverlagingen waarvan ze een gevolg zijn. Een veel gebruikte vuistregel is dat het jaargemiddelde van de grondwaterstand daalt met de helft van de peilverlaging (Wind, 1985). Als belangrijkste verklaring voor dit fenomeen wordt door Wind genoemd het verschil in de hoeveelheid oppervlakkige (of greppel-)afvoer bij verschillende slootpeilen. Bij verlaging van toch al diepe slootpeilen doet dit verschijnsel zich nauwelijks voor (kleine oppervlakkige afvoer). Door peilverlagingen neemt de kwel naar de polder toe, of kan de wegzijging afnemen, als gevolg van toenemende kweldruk en afname van de weerstand van de veenlaag. Het proces van maaivelddaling in de veengebieden zal uiteindelijk leiden tot het verdwijnen van de veengebieden, tenzij dit proces kan worden gekeerd. De erosie of slijtage van veen is het best zichtbaar langs de ondiepe randen van veengebieden, waar de zandondergrond geleidelijk aan de oppervlakte komt. Een standstil situatie vergt minimaal een moerassige situatie waardoor de gronden niet of nauwelijks meer geschikt zijn voor landbouwkundige productie.

In kleigebieden is de drooglegging groter. Op deze gronden is in de loop der tijd de ontwatering verbeterd als gevolg van rijping van kleigronden, profielverbetering en de aanleg van buisdrainage (figuur 4.19).

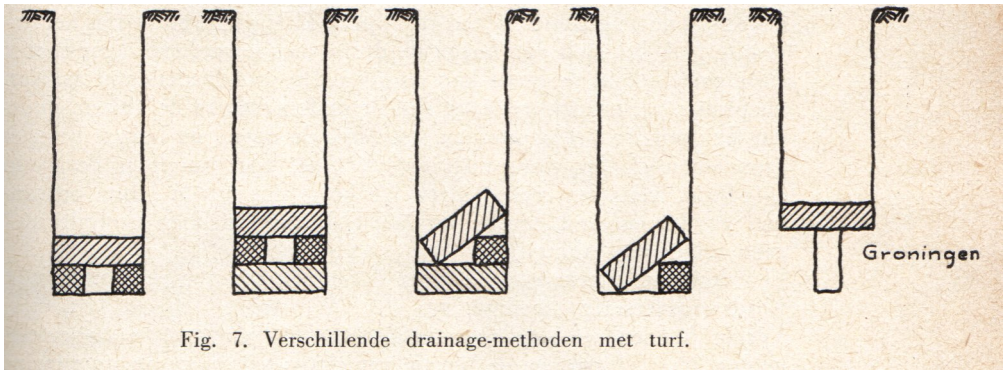


Fig. 7. Verschillende drainage-methoden met turf.

Figuur 4.19 Verschillende drainage-methoden met turf (Bouwman, 1953).

In de periode voor het leggen van stenen drainbuizen, werd de afvoer van het overtollige regenwater bevorderd door op het bouwland een fijnmazig net van hoofdgreppels, dwarssloten en diepe ploegvoren aan te leggen. De akkers lagen "bol"; ze waren opgehoogd met materiaal uit de voren en greppels en helden aan de zijkanten af om de afwatering te bevorderen. Dit systeem kostte vrij veel grond. De eerste gebieden waar buisdrainage werd toegepast waren de zeekleigebieden in Groningen en Zeeland, in meer recente tijd zijn ook andere kleigebieden, zoals komkleigebieden, voorzien van buisdrainage.

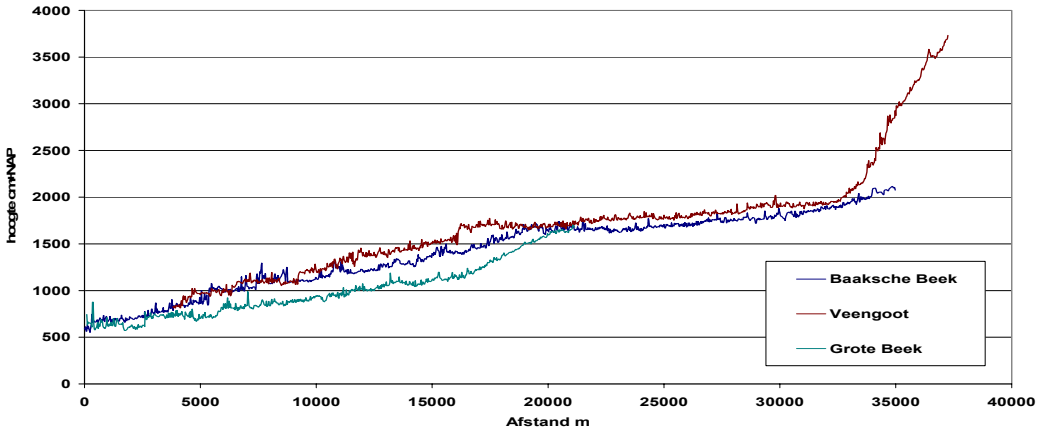
Het proces van poldervorming vergde samenwerkingsverbanden, die resulteerden in locale waterschappen. Door de komst van de windbemaling konden polders worden samengevoegd. Met de komst van grotere molens en stoomgemalen trad ook schaalvergroting van de waterschappen op. Het aantal waterschappen bedroeg bijna 3000 omstreeks 1940 en is sindsdien sterk gedaald tot enkele tientallen.

4.4 Hoog Nederland

Gebiedsbeschrijving
Onder Hoog-Nederland wordt het zandgebied van noord, oost en zuid Nederland verstaan dat in het Pleistocene tijdvak is gevormd. Het gebied wordt meer dan de andere deelgebieden gekenmerkt door hoogteverschillen. Zo kenmerkt het gebied zich door een regionale helling. Maar ook lokaal kunnen er hoogteverschillen optreden bijv bij beekdalsystemen en tussen dekzandruggen en dalen. Daarnaast liggen binnen Hoog-Nederland nog enkele opvallende elementen met een sterke maaiveldhelling, nl. de stuwwallen, deze kenmerken zich door een grotere helling dan het dekzandgebied.

Klimaat en overstroming
In Hoog Nederland waren omstreeks 1850 de verschillende beken en rivieren nog niet gedimensioneerd op grote afvoeren. Ze traden daarom regelmatig buiten hun oevers. Hierdoor inundeerden de laaggelegen beekeerd- en broekgronden op grote schaal (bijv. Markelosche, Stokkumerbroek langs de Schipbeek). Als gevolg van de veranderingen in het landgebruik (ontginningen, graven van sloten in voormalige heidegebieden) werd er versneld water op de beken afgevoerd. Hierdoor namen de inundaties sterk toe. Daarnaast kon hoogwater op de rivieren de beekafvoeren stremmen waardoor inundaties in de benedenlopen optraden. Door verbeteringswerken behoren deze inundaties vrijwel tot het verleden. Door klimaatverandering (meer neerslag), vernatting en mogelijk toekomstige vertraging van de afvoer op rivieren neemt de kans op wateroverlast in het regionale watersysteem weer toe (WB21). Hiervoor worden maatregelen voorbereid om water tijdelijk te bergen (calamiteitenpolders, bergingsgebieden, overlooppolders, retentiegebieden).

Topografie
In Hoog Nederland is sprake van grotere hoogteverschillen dan in andere delen van Nederland met uitzondering van de duinen. De regionale helling in de dekzandgebieden bedraagt ca 1 : 1000/3000. Deze helling is in Oost-Nederland, Zuid-Limburg en bij de stuwwallen groter (De Vries, 1974) .
In figuur 4.20 is het verloop van het maaiveld langs drie beken in Oost-Gelderland weergegeven. De Veengoot begint op het Oost-Nederlands Plateau en stroomt vervolgens evenals de Baaksche Beek en de Grote Beek via het "Oostelijk Dekzandgebied" in westelijke richting naar de IJssel. Opvallend is het vlakke oostelijk deel van het "Oostelijk Dekzandgebied".



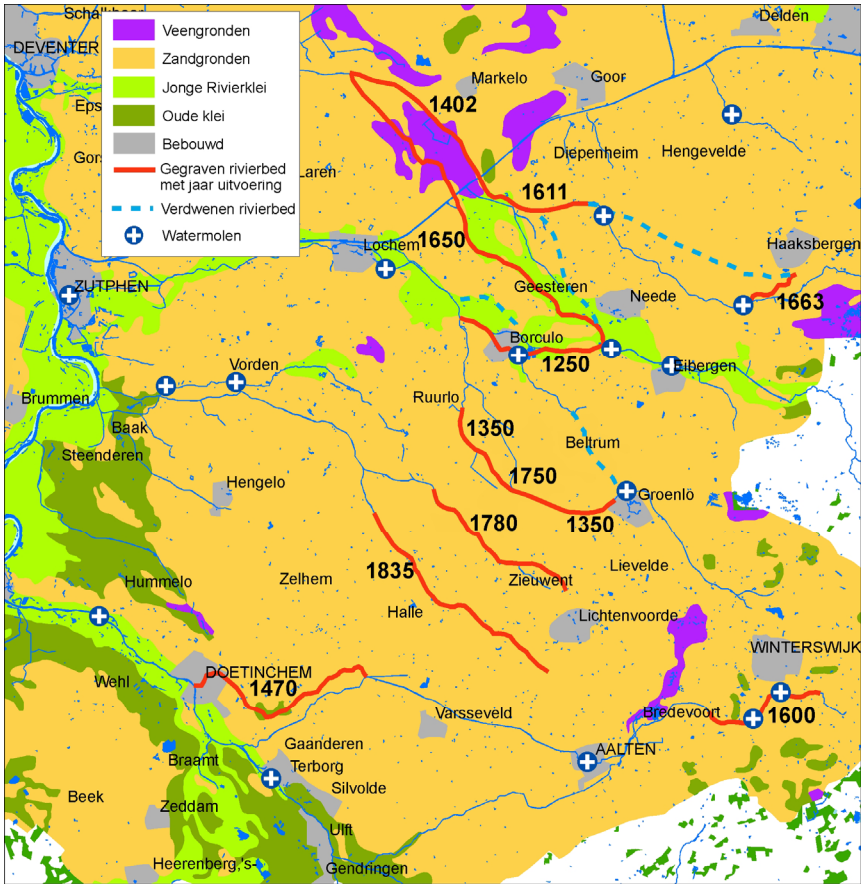
Figuur 4.20 Maaiveldshoogten langs enkele beken in Oost-Gelderland

In grote delen van Hoog-Nederland is dekzand (Formatie van Twenthe) afgezet (dekzandprofiel). Het microreliëf van deze gebieden is zwak golvend. Zowel de hoogten als laagten zijn onregelmatig van vorm. De laagten waren in een aantal gevallen afvoerloos. Het gevolg van het microreliëf is dat de eigenschappen van de gronden, voor zover beïnvloed door het grondwater, op korte afstand snel wisselen, dus natte en droge plaatsen komen vlak naast elkaar voor.

Grondgebruik
Het grondgebruik op de zandgronden is in de afgelopen 200 jaar sterk veranderd. De uitgestrekte heidevelden zijn ontgonnen als landbouwgrond of als bos. Daarnaast zijn forse arealen aan stuifzanden vastgelegd als bos. Hierdoor zijn zowel de verdamping als de infiltratie van regenwater in de zandondergrond sterk veranderd.

Een bijzondere plaats nemen de hoogveengebieden in. Door stagnatie van de afvoer kon in een aantal gebieden veenvorming optreden. De veendikte bedroeg soms wel meer dan 4 meter. In de loop van de 19e en 20e eeuw en soms al veel eerder zijn grote delen van deze hoogveengebieden afgegraven (bijv. Veenkoloniën, de Peel). Hierdoor is het maaiveld fors verlaagd en zijn waterscheidingen verdwenen. Een bekend voorbeeld daarvan is het verdwijnen van het veen rond Veenendaal in de Gelderse Vallei. Hierdoor konden overstromingen van de Rijn tot aan Amersfoort reiken (zie hoofdstuk 5).

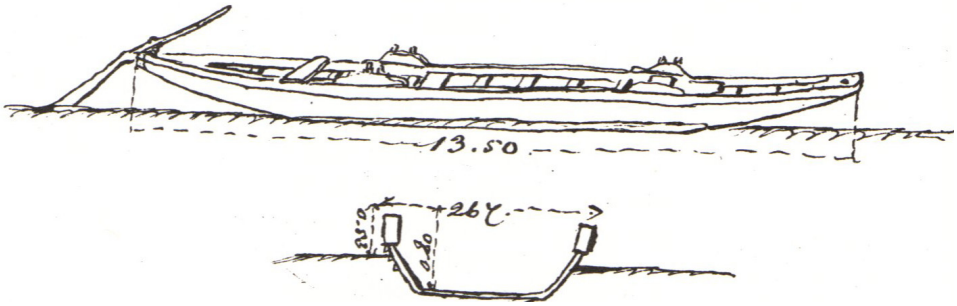
Watersysteem
In de Hoog-Nederland vindt de afwatering plaats via een groot aantal beken die uitmonden in de grote rivieren. De meeste beken zijn van oorsprong niet geheel natuurlijk. Volgens Van der Ven (2000, zie figuur 4.21) blijkt dat in de loop der tijd veranderingen zijn aangebracht in de oorspronkelijke stroomgebieden door het graven van waterlopen.



Figuur 4.21 Gegraven en verdwenen rivierbeddingen (naar Driessen et al., 2000)

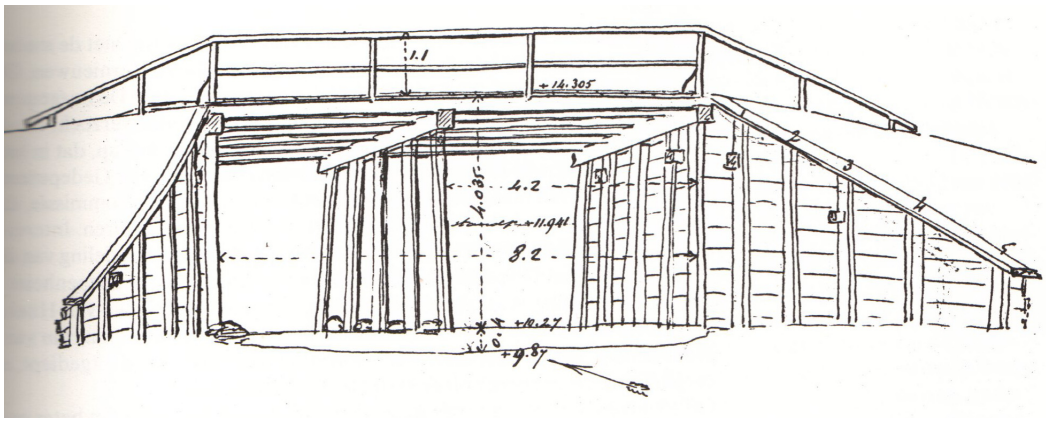
In figuur 4.21 is te zien dat als gevolg van deze vergravingen bijvoorbeeld de Regge is onthoofd. De oorspronkelijke bovenlopen van de Regge zijn in verbinding gebracht met de Berkel en de Schipbeek. Deze vergravingen hebben om verschillende redenen plaatsgevonden, o.a.
- scheepvaart;
- watermolens;
- bevloeiing;
- ontginning.

Zo heeft de stad Deventer grote invloed gehad op de Schipbeek, door het graven van een verbinding tussen de Markelosche beek met de Buurserbeek. De Buurserbeek was de bovenloop van de Regge. Door deze verbinding werd de Regge onthoofd van haar bovenloop, maar werd het wel mogelijk om per boot vanuit Deventer Duitsland te bereiken. In figuur 4.22 is een voorbeeld gegeven van een zomp die op de Oude IJssel werd gebruikt, opvallend is de geringe diepgang, dit zegt iets over de waterdiepte in de beken. Verschillende auteurs (IJzerman, 1934; Staring, 1845) beschrijven dat bij lage afvoeren de boten toch niet konden varen en dat daarom dammen in de beken en rivieren werden opgeworpen om het water op te stuwen. Als het water voldoende was gestegen, stak men de dam door en werd de boot op de waterstroom meegevoerd, totdat wederom de waterdiepte ontoereikend werd, en begon men opnieuw een dam op te werpen.



Figuur 4.22 Schets van zomp die op de Oude IJssel werd gebruikt (Schutten, 1981)

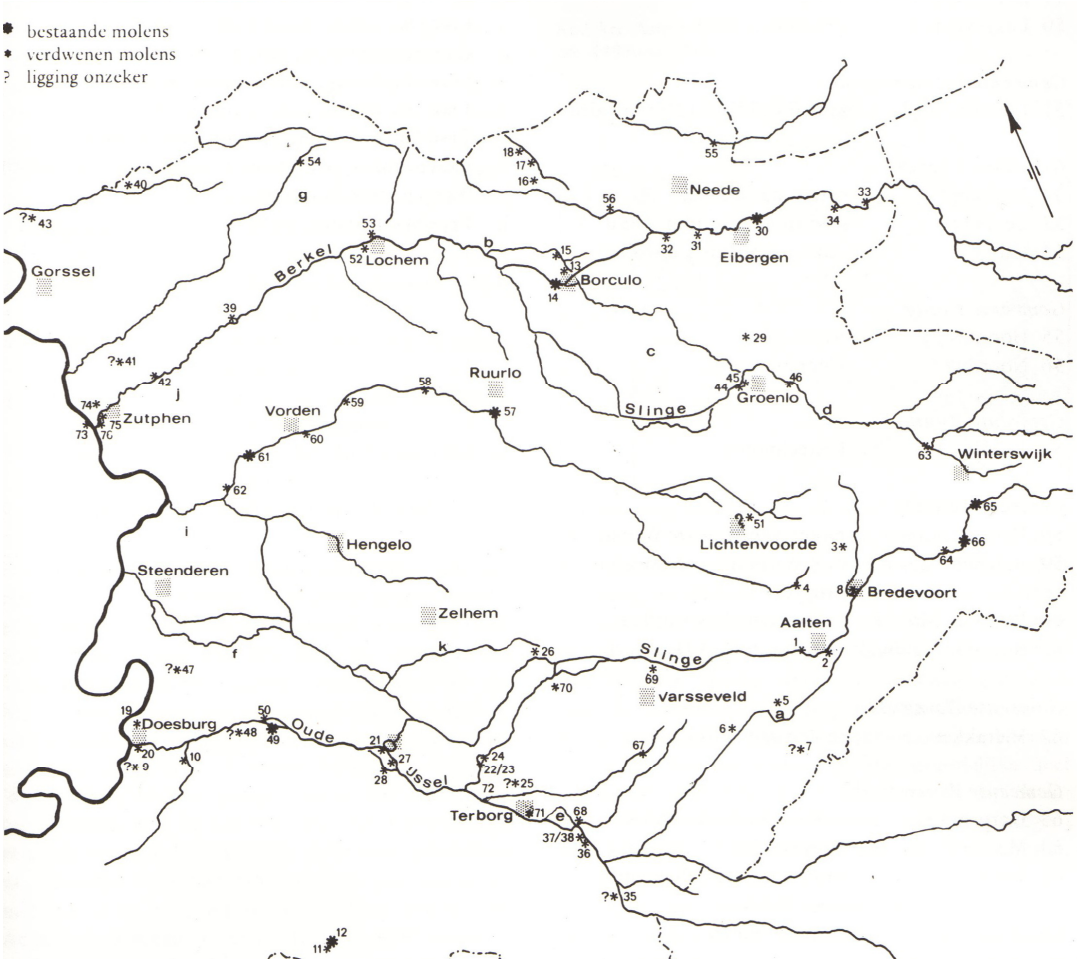
De scheepvaart op de grotere wateren, zoals de Vecht, Regge, Berkel en Oude IJssel was lange tijd belangrijk, daarbij waren er veel obstakels zoals bruggen (figuur 4.23).



Figuur 4.23 Detail van een schets van de Hooge Brug in de weg Zutphen-Markelo (Schutten, 1981)

Een andere reden om een beek te verleggen was om een watermolen van water te voorzien of om de hoeveelheid water op de watermolen te vergroten. Hagens (1978) heeft op basis van historisch onderzoek de bestaande en verdwenen watermolens van Overijssel en Gelderland (incl. De Veluwe) geïnventariseerd (figuur 4.24).

Voorafgaand aan de komst van de kunstmest, was bevloeiing een manier om nutriënten toe te dienen. Hiertoe werden schutten geplaatst in de waterloop, of werd het water opgeleid. In Drenthe werd de methode veel toegepast. Na ca 1900 verdwenen veel bevloeiingssystemen en werden de opgerichte bevloeiingswaterschappen opgeheven.



Figuur 4.24 Bestaande, verdwenen en vermoedelijke locaties van watermolens in Oostelijk Gelderland (Hagens, 1978)

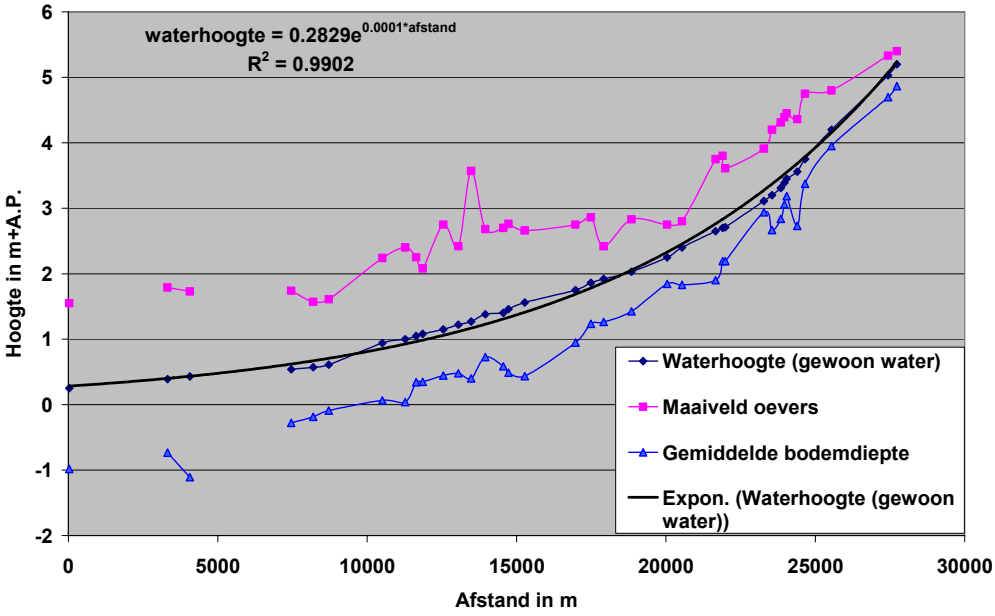
De situatie van de afwatering in Oost-Nederland (Overijssel en Achterhoek) is in het midden van de 19e eeuw opgenomen door Willem Staring (1845, 1847 en 1848). Hierdoor weten we het een en ander over afmetingen en diepten. Als voorbeeld zijn de gegevens voor de Soestwetering (figuur 4.25) in Salland weergegeven. De afwatering van de grote oppervlakte aan woeste gronden was slecht tot nihil. Staring en Ferrand (1845) constateren dat *door de verdeeling der woeste gronden op het Munstersche, heeft de Berkel en de Ramsbeek een versnelden toevoer van water gekregen. Broeken en veengronden, die voorheen geheel afgesloten waren, en alleen door uitdamping konden opdrogen, wateren thans geregeld af, zonder aan het hoofdkanaal, de Berkel, eenig meerder vermogen is gegeven. Hetzelfde heeft sedert de verdeling van Ruurlo, en van de markengronden onder Borculo, met de waterleidingen in die gemeenten plaats gehad, en is, met name het geval met de Lebbinkbeek. Het zal verder onuitvoerbaar blijven, de rivier in te rigten, dat nimmer,ook bij de aanhoudende ……*

Door de slechte afvoermogelijkheden en de geringe dichtheid aan waterlopen hadden de woeste gronden aanvankelijk een groot vermogen om water vast te houden (sponswerking). Hierdoor stonden grote gebieden in nattere perioden langere tijd onder water. Bij de verdeling en ontginning van de woeste gronden zijn veel nieuwe waterlopen aangelegd, hierdoor konden de nieuw ontgonnen gebieden hun water

sneller afvoeren naar de rivier/beek, waardoor benedenstrooms de afvoerpieken toenamen.

	Afstand boven den mond, in ellen.	BIJ GEWOON WATER. Waterbreedte.	Peil boven A.P.	Grootste diepte.	V. ellen ruimte.	De oevers of kaden boven 't water.	Onderkant der bruggen boven 't water	Aanmerkingen.
Boven den mond.	30	13	0.25	1.6	16	1.3	»	
Geerenvonder.	200	18	»	1.1	16	1.1	2.78	Doorvaart 4.65 el.
Beneden de Zandwetering	2325	14	»	1.2	12	1.5	»	
Boven de Zandwetering	2515	10	»	0.9	8	1.5	»	
Hoogevondersbrug.	3320	8.9	0.39	1.2	10	1.4	1.81	» 4.35 »
Aalvangersbrug.	4065	7.8	0.43	1.7	12	1.3	1.79	» 3.75 »
Windesheim. watermolen	5662	13	»	1.0	11	1.2	»	
Distelhofsvonder.	7457	11	0.54	1.0	9	1.2	2.2	» 3.80 »
Soestbrug.	8194	5.3	0.57	0.7	4	1.0	1.7	» 5.30 »
Vonder.	8714	10	0.61	0.7	7	1.0	»	» 4.60 »
Vonder.	10509	8	0.94	0.9	7	1.3	»	
Kappersbrug.	11274	5.2	1.00	1.0	5	1.4	1.6	» 5.20 »
Vonder.	11639	8.5	1.05	0.8	6	1.2	»	
Vonder.	11859	8.2	1.08	0.8	6	1.0	»	
Vonder.	12549	8.5	1.15	0.8	6	1.6	»	
Vonder.	13049	8.1	1.22	0.7	6	1.2	»	
Ketelerbrug.	13479	4.6	1.27	0.8	4	2.3	1.9	
Vonder bij de Krijtenberg.	13957	9.2	1.38	0.7	6	1.3	1.4	
Brug bij de kerk.	14537	8.6	1.40	0.8	7	1.3	1 5	
Plattenbergerbrug.	14732	7.2	1.46	0.9	7	1.3	1.5	
Vonder.	15274	8	1.56	1.2	9	1.1	»	
Bruinsbrug.	16969	5	1.75	0.9	4	1.0	1.3	
Vonder.	17489	8	1.86	0.7	5	1.0	»	
Brug.	17914	6.1	1.92	0.8	4	0.5	1.0	
Brug bij den Dingshof.	18849	6.6	2.03	0.8	4	0.8	1.3	De kruin der noodkade ligt op 3.3 el + A.P.
Beneden de Vloedgraven.	20039	7.4	2.25	0.4	3	0.5	»	
Brug.	20539	3.5	2.40	0.5	2	0.4	0.9	
Brug in den oerweg.	21659	4	2.65	0.9	3	1.1	1.9	
Brug bij Boxbergen.	21899	5.9	2.70	0.6	3	1.1	0.7	
Vonder bij Boxbergen.	21984	5.9	2.71	0.6	3	0.9	1.3	
Brug.	23277	3.5	3.11	0.4	0.6	0.8	1.0	
Vonder.	23547	4.5	3.20	0.5	2.4	1.0	1.0	
Brug.	23827	3.6	3.31	0.5	1.7	1.0	1.1	
Stuw bij de Kranenkamp.	23967	3.35	3.39	0.26	1.1	1.0	1.3	Steenen hoofden en houten vloer.
Brug.	24042	3.4	3.45	0.2	0.9	1.0	1.1	
Brug in den zandweg.	24393	2.9	3.56	0.8	2.4	0.8	1.1	
Brug.	24653	3.2	3.75	0.4	1.2	1.0	1.2	
Brug.	25543	3.2	4.20	0.2	0.8	0.6	1.0	
Brug.	27433	2.1	5.05	0.3	0.7	0.3	0.7	
Brug.	27733	2.2	5.20	0.3	0.7	0.2	0.8	

Figuur 4.25 Opname Soestwetering (Staring, 1848)

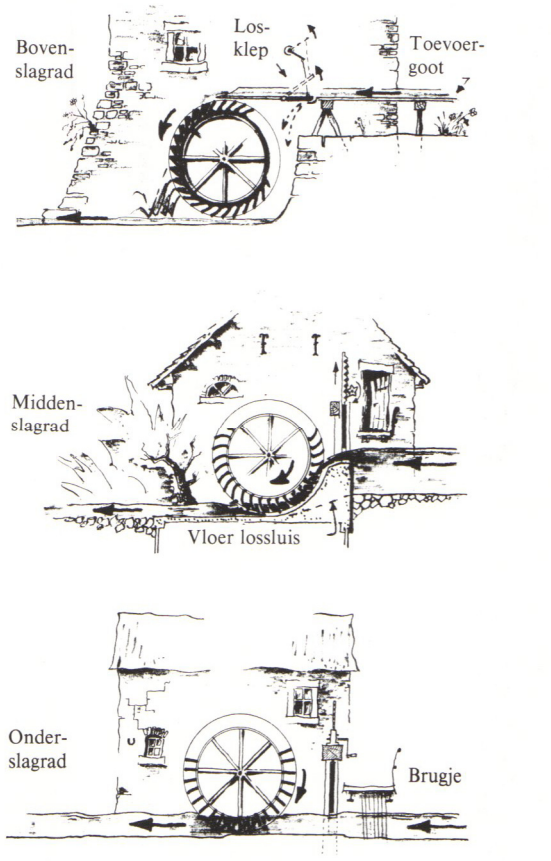


Figuur 4.26 Verloop waterspiegel en maaiveld voor Soestwetering

De gegevens uit figuur 4.25 zijn uitgezet in figuur 4.26 De waterhoogte in de Soestwetering heeft bij benadering een exponentieel verloop, dat geldt niet voor de bodem van de Soestwetering. Deze is berekend als gemiddelde van de doorsnede en de breedte van de waterloop. Uit het maaiveldverloop zijn locaties af te leiden waar bij stijging van de waterspiegel de wetering buiten de oevers treedt.

Staring (1845) somt in zijn onderzoek de belangrijkste beperkingen op die bij de afvoer via de Berkel optreden door de grotere toevloed aan water, Staring noemt de volgende oorzaken:
- *Molenstuwen;*
- *Vernaauwingen;*
- *Bogten;*
- *Hulpsluizen;*
- *Bedijking.*

De watermolens (figuur 4.27) die op de rivieren en de grotere beken stonden, stuwden het water op. Daarnaast is het vermogen der vloedschutten bij de watermolens te gering om bij hoge vloeden het afkomende water snel genoeg te kunnen lozen, hetzelfde geldt voor de hulpsluizen, waardoor wateroverlast ontstond.



Figuur 4.27 Drie typen van watermolens.

Door de aanwezigheid van kolken en verzandingen ontstonden soms plotselinge vernauwingen of zeer grote waterbreedten (figuur 3.4). Deze vernauwingen en ondiepten vormden knelpunten in de afwatering en voor de scheepvaart. Verder wordt door de opstuwing de Berkel buiten de onbedijkte oevers gedrongen. Volgens Staring is een overstroming een groot voordeel voor de aangrenzende gronden vanwege de bemestende werking van het rivierslib.

Naast de opname van de waterlopen, het benoemen van de oorzaken van de problemen mbt tot afvoer, worden voorstellen tot verbetering, incl. kosten, gedaan. Deze inventarisatie van Staring is een belangrijke bron mbt tot de situatie van de afwatering van de regionale systemen in Oost-Nederland.

De voorstellen van Staring hebben niet direct tot ingrepen geleid.

Een andere belangrijke studie betreft de studie van de Staatscommissie voor de Bevloeiingen (1897). Deze staatscommissie had de opdracht te onderzoeken: *"welke gronden hier te lande voor bevloeiing in aanmerking zouden komen; door welke middelen zoodanige bevloeiing zou zijn tot stand te brengen; of en zoo ja op welke wijze die van Staatswege zou behooren te worden bevorderd."*

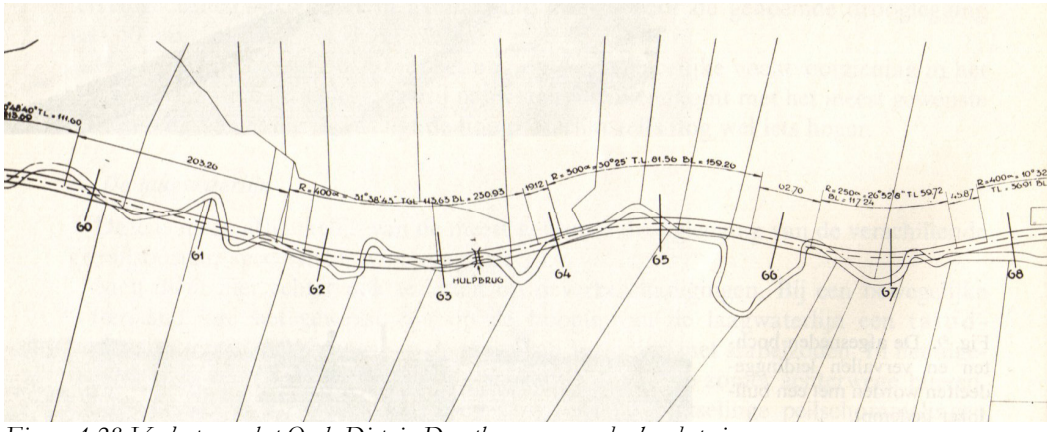
De bevloeiing als middel om te bemesten is door de introductie van de kunstmest kort na het verschijnen van het rapport al achterhaald, maar het rapport bevat hydrologische informatie voor het hoge deel van Nederland, o.a.:
- Oppervlaktewaterstanden,
- Afvoermetingen,
- Analyse van water,
- Doorlatendheidsmetingen.

Bij het ontwerpen van verbeteringsplannen is het verslag meermalen geraadpleegd (Heidemij, 1948).

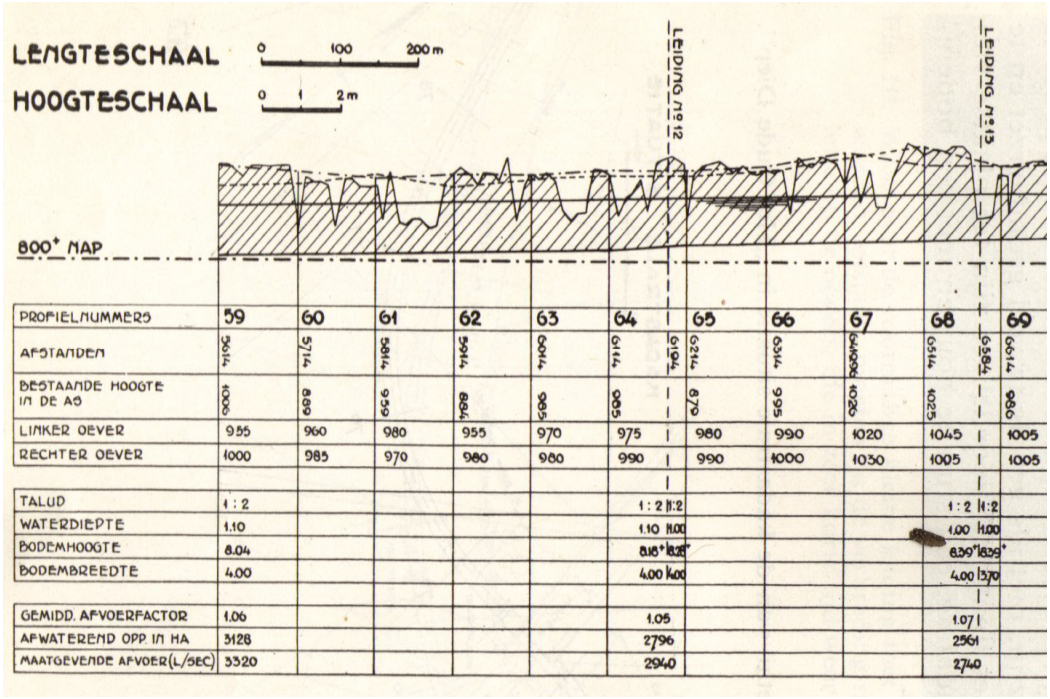
In 1917 is op initiatief van het Departement van de Landbouw, Nijverheid en Handel een enquête uitgevoerd naar de invloed van de waterafvoer op de landbouw. Uit deze landelijke enquête bleek dat de situatie voor de landbouw op veel plaatsen niet aan de toenmalige eisen voldeed. Dit heeft geresulteerd in de oprichting van het Bureau voor Ontwatering (1920 – 1935). Verbeteringsplannen dienden aan dit bureau te worden voorgelegd. Het Archief van dit Bureau bevat informatie over de voorgenomen verbeteringsplannen.

Met betrekking tot verbeteringsplannen van de beken zijn in het algemeen 3 fasen te onderkennen. De 1e fase had tot doel het keren van de zomervloeden, de 2e fase het keren van de wintervloeden en in de 3e fase zijn de landbouwkundige eisen bepalend. De 1e en 2e fase hebben vooral betrekking op de beken en rivieren. In figuur 2.14 is goed te zien hoe in de loop der tijd het profiel van de rivier de Berkel (bovenstrooms Lochem) is verbreed en verdiept.

Naast een groter doorstromingsprofiel is de rivier veelal rechtgetrokken. Voor een deel van het Oude Diep in Drenthe is in figuur 4.28 en 4.29 weergegeven hoe de loop van de beek is rechtgetrokken en verbreed.

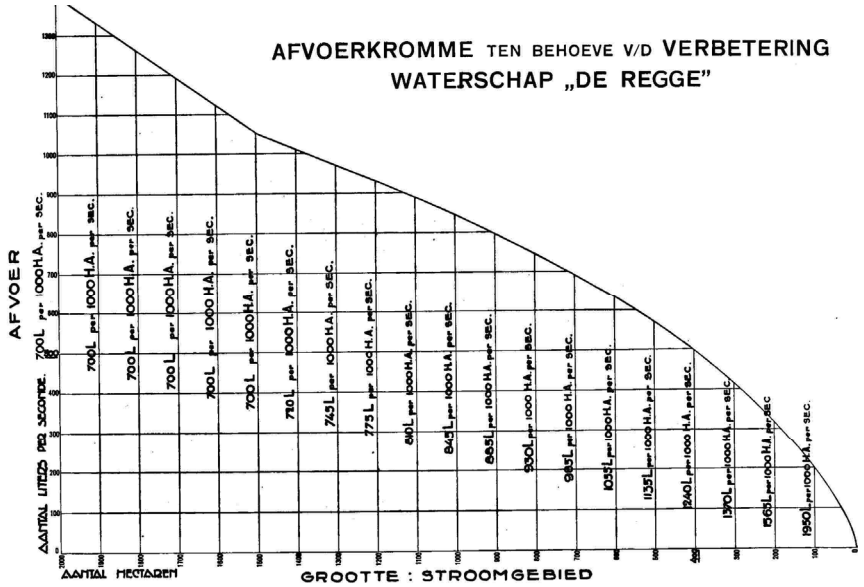


Figuur 4.28 Verloop van het Oude Diep in Drenthe voor en na beekverbetering.



Figuur 4.29 Lengteprofiel van het aangepaste Oude Diep.

Voor de berekening van de afmetingen van beken en waterlopen wordt gebruik gemaakt van afvoerfactoren. De afvoerfactor is de afvoer per oppervlakte-eenheid van het beschouwde gebied bij een gekozen overschrijdingsfrequentie (specifieke afvoer). De afvoerfactoren, die gebruikt werden voor de berekeningen van verbeteringsplannen zijn voortdurend aangescherpt. Bij de eerste plannen voor de Regge werd nog gerekend met een afvoerfactor van 0,3 l/sec/ha. Bij de volgende verbeteringsplannen is gebruik gemaakt van hogere afvoerfactoren (figuur 4.30). Door de hogere landbouwkundige eisen (Cultuurtechnisch Vademecum) zijn de waterlopen daarna nog ruimer gedimensioneerd.



Figuur 4.30 Afvoerkromme ten behoeve van de verbetering Waterschap De Regge (naar IJzerman, 1934)

Waterschappen zijn in hoog Nederland in vergelijking met laag Nederland relatief laat ontstaan. Een van de eerste waterschappen in Hoog Nederland is het waterschap voor de rivier de Dommel, dit waterschap is opgericht in 1863. Het waterschap "De rivier de Dommel en de zich daarin ontlastende beken en rivieren" omvatte slechts de gronden die belang hebben bij een goede afwatering van de rivier. Het toenmalige beheersgebied betrof een oppervlak van 4389 ha. In 1921 is dit waterschap opgeheven en is het waterschap "Het stroomgebied van de Dommel" opgericht, met een beheersgebied van 137800 ha. Omstreeks 1880 worden in Oost-Nederland een aantal waterschappen opgericht:

1884 Waterschap De Regge
1881 Waterschap De Schipbeek
1881 Waterschap van De Berkel
1881 Waterschap De Dortherbeek
1880 Waterschap van de Oude IJssel
1882 Waterschap Odoorn
1884 Waterschap Weerdinge.

Grote delen lagen aanvankelijk buiten waterschapsverband, vooral de hogere gronden. Er is veel strijd gevoerd door bewoners van de hogere gronden om verschoond te blijven van waterschapslasten. Het was voor boeren van de hogere gronden (bijv. Winterswijk) moeilijk te begrijpen waarom ze zouden moeten meebetalen aan de verbetering van beken en rivieren waarvan ze geen overlast ondervonden (bijv. de Oude IJssel op ca. 30 km afstand). Na verloop van tijd zijn alle gronden binnen het beheersgebied van een waterschap gekomen, omdat ook de hogere gronden via het grondwater en oppervlaktewater het systeem benedenstrooms belasten. In hoog Nederland heeft evenals in laag Nederland een sterke concentratie van waterschappen plaatsgevonden.

4.5 Aanbeveling

In dit hoofdstuk zijn slechts enkele hoofdlijnen mbt tot de beschrijving, de werking en de veranderingen, die hebben plaatsgevonden ten aanzien van de watersystemen, weergegeven. Elk gebied heeft echter een eigen geschiedenis en ontwikkeling doorgemaakt. Voor een goed begrip van de meer locale watersystemen verdient het aanbeveling om voor een watersysteem in hoog resp. laag Nederland, meer in detail informatie te verzamelen om tot een meer gedetailleerde beschrijving te komen.

Hoog Nederland wordt gekenmerkt door de aanwezige beeksystemen, al dan niet met een natuurlijke oorsprong. Voor één van deze systemen zou alle beschikbare historische data verzameld kunnen worden, waarna kan worden nagegaan of een historische modelmatige reconstructie mogelijk is, bijv gericht op de grondwater-situatie. Daarvoor dienen de beschikbare bronnen meer in detail te worden geïnventariseerd op data. Modellen die voor een modelmatige beschrijving kunnen worden ingezet zijn SIMGRO, SWAP. Hierdoor zou bijv. de sponswerking van een historisch watersysteem kunnen worden beschreven.

Voor de modellering van historische overstromingssituaties is al een voorschot genomen, zie hoofdstuk 5. Er is zeker nog een verbetering van de modeldata mogelijk door de inventarisatie van aanvullende bronnen.

Voor laag Nederland zijn de polders al dan niet met boezemsystemen kenmerkend. Ook voor deze systemen is het kader van WB21 de gedachte aan het invoeren van een maalstop actueel. Deze situatie is vergelijkbaar met een situatie met windbemaling waarbij gedurende een natte periode, als gevolg van een te geringe windsnelheid, geen lozing mogelijk is. Door simulatie van dit soort situaties ontstaat inzicht in de historische situatie in de poldergebieden.

5 Overstroming Gelderse Vallei in 1855

In dit hoofdstuk wordt kennis over historisch waterbeheer toegepast om de historische overstroming van 1855 in de Gelderse Vallei te reconstrueren. Hiervoor is een hedendaags hydraulisch model toegepast in een historische context. De modelresultaten zijn gebruikt om de effecten van deze overstroming op natuur en landschap te beschrijven. Door deze reconstructie kunnen de daadwerkelijke effecten van overstroming worden beschreven die anders alleen met scenario's kunnen worden berekend. Dit geeft inzicht in de bruikbaarheid van historische data in combinatie met hedendaagse modellen.

De pilot Gelderse Vallei is tevens onderdeel van een studie naar de verspreiding van stoffen en organismen via waterberging en overstroming (SEO 2003, ongepubliceerd).

Achtergrond
Dijkdoorbraken in het rivierengebied waren in het verleden niet ongewoon. Ze werden vaak veroorzaakt door grootschalige ijsvorming in en langs de hoofdstroom. De ijszetting werd bevorderd door het grillige verloop van de rivieren en de aanwezigheid van zandbanken. De begroeiing en bebouwing van buitendijkse oevers, met riet, geriefhout of steenovens vergrootte het probleem nog. Door de omvang van de ijsvorming ontstonden er soms dammen van enkele kilometers lengte in de rivier. Het ijs werd bij plotselinge dooi door smeltwater en kruiend ijs uit de bovenloop tot grote hoogten en breedten opgestuwd. Bij hydraulische knelpunten, zoals bij Rhenen, bleven de ijsmassa's steken, waardoor stroomopwaarts dijkdoorbraken ontstonden. Deze kwamen vaak op meerdere plaatsen voor en werden zowel veroorzaakt door de druk van het ijs op de dijken als door oplopende waterpeilen. Soms werd geprobeerd deze ijsdammen op te blazen om de doorstroming weer op gang te brengen.

In de winter van 1855 vonden er in het rivierengebied op grote schaal overstromingen plaats. Eén van deze dijkdoorbraken langs de Rijn vond plaats in de Grebbedijk op 5 maart 1855. Het gevolg van deze doorbraak was dat de Gelderse Vallei tot aan Amersfoort onder water liep.

5.1 Gegevensbronnen

De overstroming van 1855 is uitvoerig beschreven en gekarteerd. Zowel voor als na de overstroming zijn peilmetingen verricht en is het overstroomde gebied gedetailleerd in kaart gebracht. Voor deze pilot zijn de volgende gegevensbronnen gebruikt:
- Afwatering Gelderse Vallei, rapport van de Commissie voor de Gelderse Vallei, ingesteld bij beschikking van den Minister van Binnenlandsche Zaken en Landbouw van 16 april 1931.

- Beekman A.A., 1948. De wateren van Nederland. Martinus Nijhoff, Den Haag.
- Sloet L.A.J.W. baron en H.F. Fijnje, Beschrijving van den Watervloed in Gelderland in maart 1855.
- Poll W. van de, 1855. Schets van den Watervloed in Gelderland, Noord-Brabant, Utrecht en Zuid-Holland.
- Algemene Dienst Rijkswaterstaat, 1968. Beschrijving van de provincie Utrecht behorende bij de Waterstaatskaart.
- Deys, H.P. 1988 De Gelderse Vallei. Geschiedenis in oude kaarten… HES, Utrecht.

Vanwege het verkennende karakter van deze pilot zijn de volgende bronnen niet geraadpleegd. Ze bevatten vermoedelijk aanvullende informatie:
- Verslag over den toestand der provincie Utrecht in 1855, gedeeltelijk geciteerd via bron 1.
- Archieven waterschap Vallei en Eem
- Waterstaatskaart 1879 (Kwartblad 2 Rhenen)

5.2 Hydrologische historie van het gebied

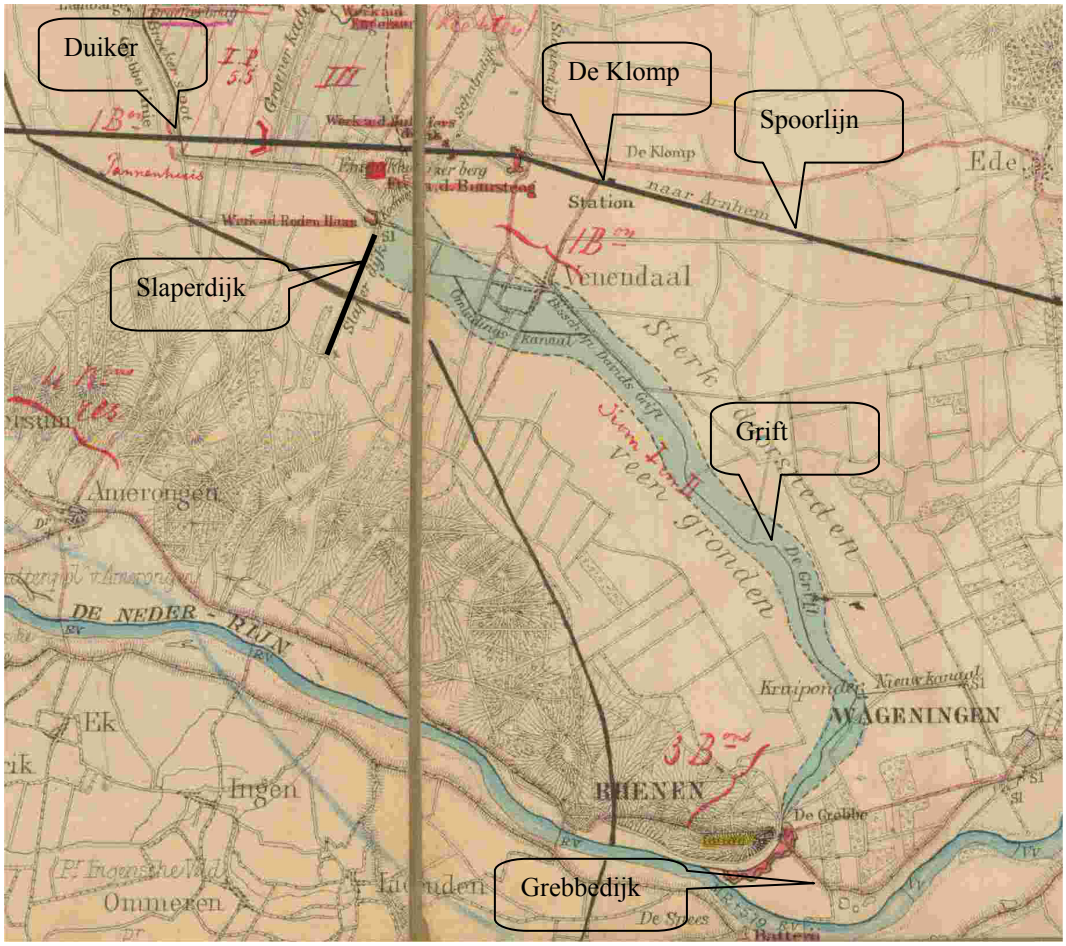
De Gelderse Vallei wordt in het oosten en westen begrensd door stuwwallen resp. de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug. Aan de zuidkant loopt de Rijn en de noordelijke begrenzing wordt gevormd door de randmeren, voorheen de Zuiderzee. Waterhuishoudkundig was de Gelderse Vallei voor 1550 op te splitsen in een noordelijk en een zuidelijk stroomgebied. Ter hoogte van Veenendaal lag een waterscheiding die uit een dik veenpakket bestond en dat aansloot bij een stuwwalrelict, de Emmikhuizerberg (Stol, 1992). De afwatering van het noordelijk deel van de Vallei vond plaats via tal van beken die via de Eem bij Amersfoort uitmondden in de Zuiderzee. Soms leidden dijkdoorbraken vanuit de Zuiderzee tot overstromingen in de noordelijke Vallei. De afwatering van het zuidelijk stroomgebied van de Vallei verliep via de Kromme Eem, die bij Rhenen via de Grebbesluis in de Rijn uitmondde. Ook vanuit de Rijn traden voor 1550 soms overstromingen op. Deze reikten tot aan Veenendaal.

Door vervening (Veenendaal) in de 16de eeuw van het scheidende veenpakket daalde het maaiveld met meerdere meters en verdween de belangrijke waterscheiding in de Vallei. Hierdoor werden beide stroomgebieden hydrologisch met elkaar verbonden tot een nieuw stroomgebied. Deze verbinding werd door de aanleg van turfvaarten (Bisschop Davidsgrift, Schoonebekergrift) versterkt. Na de turfwinning bij Veenendaal speelde de Grift een belangrijke rol in de ontwatering van de Vallei. Deze functie is later (1937-1942) overgenomen door het Valleikanaal en genormaliseerde beken. Eerdere plannen (1933) om in de Vallei een groot scheepvaartkanaal aan te leggen tussen de Rijn en de Zuiderzee (Eem-Rijnkanaal) zijn gestrand, ondermeer door tegenwerking van Amsterdam (Beekman, 1948). Dit initiatief is in de vorm van het Amsterdam-Rijnkanaal (1933-1952) elders uitgevoerd. De Grebbedijk is 7 keer doorgebroken, namelijk in 1595, 1602, 1643, 1651, 1682,

1711 en in 1855. Daarnaast zijn er tal van bijna doorbraken geweest, waarvan die in 1998 de bekendste is.

Na de doorbraak in 1651 is de Slaperdijk aangelegd. Hierdoor werd de Vallei wederom in twee delen opgesplitst. De functie van de Slaperdijk was om o.a. Amersfoort te beschermen tegen een overstroming van de Rijn bij een eventuele doorbraak van de Grebbedijk. Door de aanleg van de Slaperdijk werd de afwatering van het zuidelijke deel van de Gelderse Vallei (Binnenveld) in noordelijke richting bemoeilijkt. In 1744 is voor militaire doeleinden de Grebbelinie aangelegd. Dit stelsel van kaden en sluizen was bedoeld om vijandelijke invallen vanuit het oosten te vertragen door het opzetten van inundatievlakken. Door het grote hoogteverschil tussen de zuidelijke en noordelijke Vallei (circa 6 meter), was compartimentering noodzakelijk om leegloop in noordelijke richting te voorkomen. De toepassing van de Grebbelinie in 1793 om de Franse troepen tot staan te brengen mislukte door te lage waterstanden in de Rijn. Gemiddeld bleek er maar 83 dagen per jaar voldoende water in de Rijn te staan om de inundatie tot stand te brengen. Ook bleek het vullen van het meest zuidelijke compartiment gemiddeld 25 dagen te duren voordat het naastliggende compartiment gevuld kon worden. Dit aspect is in de pilot niet verder bekeken, maar zou bij een goed werkend 'historisch hydraulisch model' wel kunnen worden berekend. Dat geldt ook voor de ijsvorming die in 1794/1795 in de inundatievlaktes optrad, waardoor de Franse troepen alsnog de stellingen konden innemen.

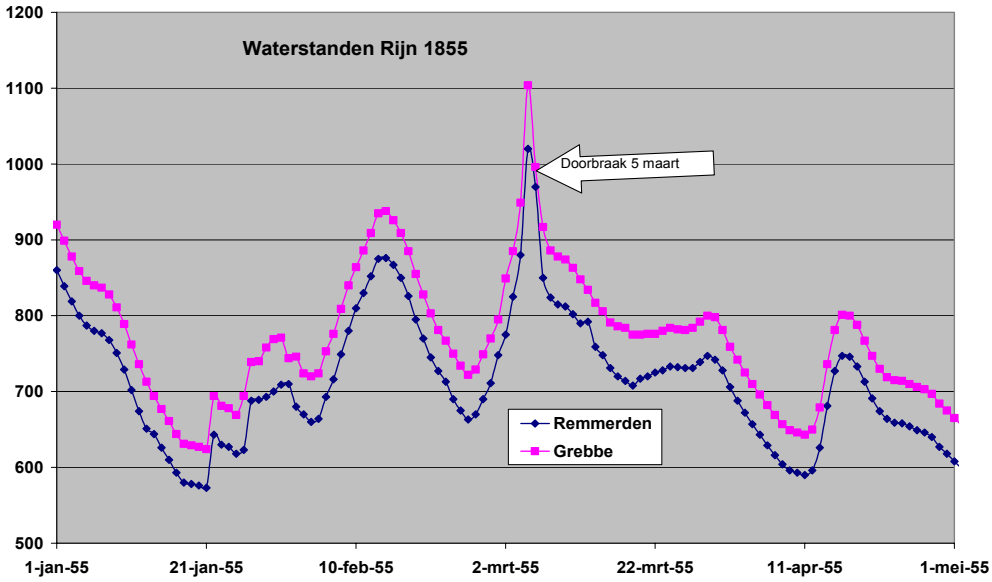
Tot slot is tussen 1843 en 1845 de spoorlijn Utrecht-Arnhem aangelegd. In de Gelderse Vallei is deze spoorlijn op een dijklichaam aangelegd. Hierdoor is er in 1845 nog een extra compartiment in het gebied ontstaan (figuur 5.1 resp. 5.3). Deze spoordijk werd op twee plaatsen doorsneden: door een duiker in de Grift en de spooronderdoorgang bij 'De Klomp' (Veenendaal).



Figuur 5.1 Ligging van enkele dijken en de deel inundatiekommen van de Grebbelinie in de Gelderse Vallei.

5.3 Beschrijving van de doorbraak in de Grebbedijk in 1855

De doorbraak van de Grebbedijk laat zich goed aflezen uit de waterstanden uit die tijd (figuur 5.2). De Rijn had in die tijd nog een vrije afvoer. In deze figuur is duidelijk te zien dat de hoogwatergolf een piekvorm heeft en dus door een stremming gevolgd door een doorbraak wordt veroorzaakt. De overstroomde gebieden in de Gelderse Vallei, maar ook elders in de Betuwe, hebben daardoor de functie gehad die we nu noodoverlopen zouden noemen.



Figuur 5.2 Waterhoogten bij de Grebbe en Remmerden (5 km stroomafwaarts) in cm +AP tussen 1 januari 1855 en 1 mei 1855(Bron internet)

De belangrijkste bron die de doorbraak in detail beschrijft is het verslag over "den toestand der provincie Utrecht in 1855 (bron: 1,1931)". Onderstaande tekst is hieruit integraal overgenomen. De data die hierin worden genoemd zijn van cruciaal belang bij de latere modellering, zowel voor de schematisatie als voor de calibratie van het model. Met A.P. wordt Amsterdams peil bedoeld (zie bijlage 2).

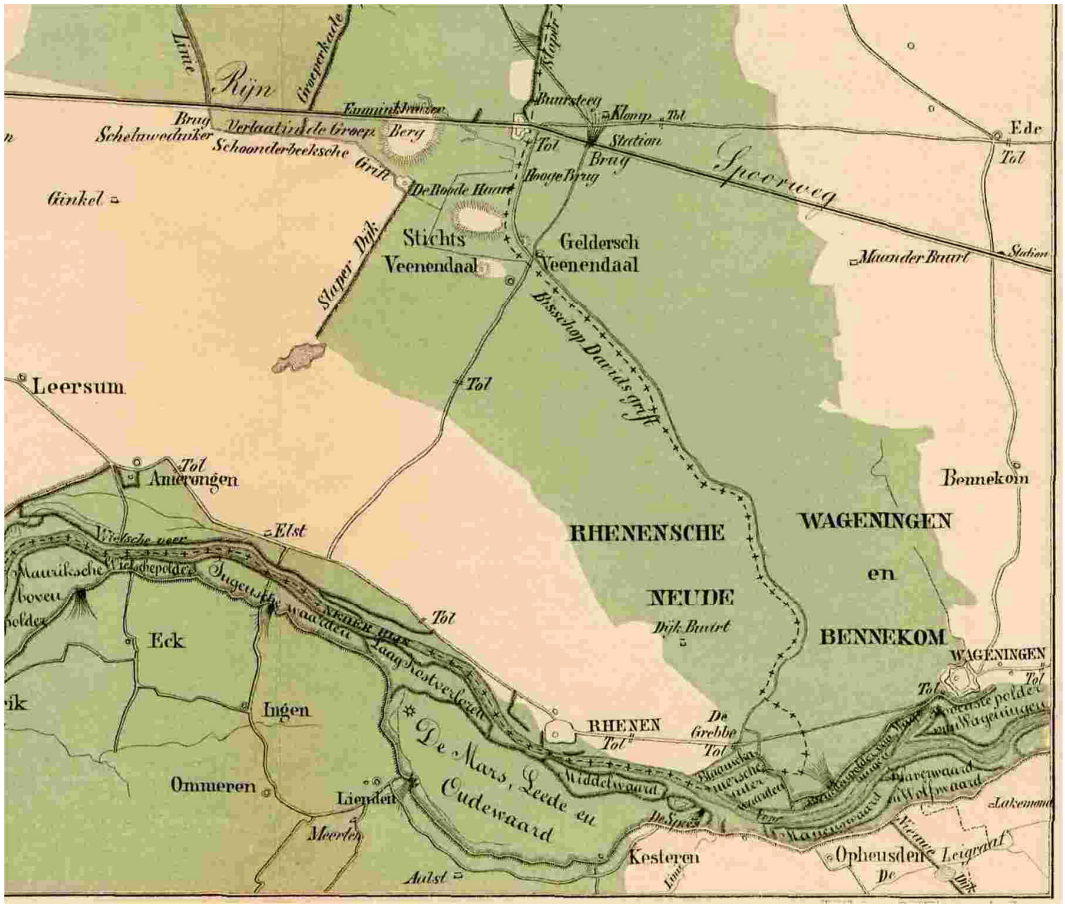
"*Den 5. Maart, des voormiddags te 6 ure, geraakte het ijs in beweging met een waterstand van 11,00 el boven A.P., welke steeds hooger werd, tot dat op drie plaatsen eerst de noodkade en later de dijk zelf boven den Dooven 3 ure des namiddags, bij een waterstand van 11,215 el boven A.P. of 0,215 el boven noodpeil, doorbrak, terwijl het binnenwater slechts een hoogte van 6,25 el boven A.P. aangaf.*
De eerste geringe doorbraak, werd bij zulk een groot verval spoedig dieper en groeide aan tot eene wijdte van 1,65 el[1] en eene diepte van 5,00 el onder A.P.
In 4 uren tijds viel het water buiten de Grebbesluis, ten gevolge van deze doorbraak en van die van den Marschdijk, van den dijk te Lienden, te Maurijk en te Ingen, tot 10,15 el boven A.P. weg, en rees binnen tot 7,90 el boven A.P.
Zestien uren na de doorbraak begon het water aan den Rooden Haan merkbaar te stijgen. De schotbalkensluis aldaar was door de zorg van den aan de Grebbesluis gestationeerden luitenant der genie bezorgd en de waterverdeling geregeld.[2]
De naast de sluis liggende heulen werden door een kistdam aan de buitenzijde tegen doorbraak bezorgd.

Het vloedwater rees voor de sluis aan den Rooden Haan en dus ook in de geheele kom van Geldersch en Stichtsch Veenendaal, den 5., 6., 7,. 8., 9. en 10. Maart, tot hoogte van 5,17, 7,00, 8,50, 8,80, 8,93 en 9,05 el boven A.P.

[2] Dit kan niet juist zijn.

De Grebbesluis werd tot waterlozing gereed gemaakt; doch dewijl de doorbraak nog steeds tot den 10. Maart inliep, zoo moest de sluis tot dien tijd gesloten blijven.
Bij het sterk rijzen van het water voor den Slaperdijk waren de bruggen aan de Klomp en het fort Buursteeg niet in staat het noordwaarts opdringende water door den spoorweg een doortogt te verleenen.
Hierdoor stroomde in den nacht van den 7, op den 8. Maart de grond 2,00 el diep onder de brug bij de Klomp weg, en viel daar aan de oostzijde een gat van 10 el en aan de westzijde een gat van 15 el breedte in de baan. Door den stevigen bouw van de brug is dezelve blijven bestaan, doch het vervoer over de spoorweg was gestremd. Het water liep daarna over den straatweg van de Klomp naar Renswoude en tegen het noordelijk gedeelte van den Slaperdijk. De daarin liggende heulen waren inmiddels met schuiven, rijshout en aarden dammen afgesloten. De schotbalkensluis aan de Daatselaar was gedigt. Het water liep tot 0,11 el onder de rollaag van genoemde sluis, doch tevens om de kop van den Slaperdijk, langs de op verscheidene plaatsen gedigte Groeperkade, naar de straatweg tusschen Renswoude en Scherpenzeel, en verder naar de Luntersche beek.
Den 9. Maart, des avonds te half 10 ure bezweek de duiker in de Munnikenheul bij een waterstand voor dezelve van ongeveer 8,80 el boven A.P. Het gat werd 32 el wijd bij een diepte van 8,70 el onder de dijkskruin. Renswoude werd overstroomd, en door verscheidene in de Groeperkade gevallen gaten liep het water langs Scherpenzeel en den Grebbeliniedijk naar Woudenberg en Amersfoort.
Het water vloeide, zowel ten oosten als ten westen van den liniedijk, naar den Heiligenberg, Stoutenburg en Amersfoort, daar de doorbraken te Lambalgen, boven Bruinenberg, 2 beneden Bruinenberg, te Asschat en bij de Bruinenburgersluuis, als het ware, eene opene gemeenschap daarstelden.
De kade om den uiterwaard, boven de doorbraak bij de Grebbe, keerde den 11.Maart het rivierwater, zodat alstoen door de Grebbesluis en de schotbalkensluis aan den Rooden Haan de wateraftapping is begonnen."

Hieruit blijkt dat de overstroming in fasen heeft plaatsgevonden, waarbij steeds andere compartimenten zijn doorgebroken en overstroomd. Een interessant detail is daarbij de doorbraak van de spoordijk Utrecht-Arnhem. Deze is doorgebroken op de plek waar zich veen in de ondergrond bevond en waar zich nu het belangwekkende natuurgebied 'Het Meeuwenkampje' bevindt.



Figuur 5.3 Detail van de het overstroomde gebied (groen) als gevolg van de doorbraak van de Grebbedijk (Sloet, 1855)

5.4 Modellering van de doorbraak in de Grebbedijk in 1855.

Voor de modellering van de Gelderse Vallei is gebruik gemaakt van het hydraulische model SOBEK. Het is ontwikkeld door WL Delft. Dit model kent twee modules, namelijk de modules Channel Flow (CF) en de Overlandflow module (OF). Voor een volledige beschrijving van het programma wordt verwezen naar de handleiding (WL Delft Hydraulics, 2001). Hier volgt beknopt de werking van, Channel Flow-(CF) en Overlandflow module (WQ).

De CF-module berekent de afvoer in de waterlopen. Bovenstrooms van de waterlopen wordt een randvoorwaarde toegekend (peil of een debiet). Op basis van het verhang, de afmeting van de waterlopen en wandruwheden berekent de CF-module waterstanden in een één-dimensionaal oppervlaktewaternetwerk. Hiertoe worden de Saint-Venant vergelijkingen (continuïteit- en momentumvergelijking) numeriek opgelost. Het oppervlaktewaternetwerk wordt opgebouwd uit knooppunten en tussenliggende segmenten. Waterstanden worden berekend op de knooppunten en debieten worden berekend op de tussenliggende segmenten, met een gemiddelde lengte van 150 meter.

De Overlandflow-module koppelt het 2D-hoogtegrid (terreinhoogte) met de waterlopen, waardoor waterstroming van en naar het landoppervlak mogelijk is. De stroming van water over land wordt berekend door de gradiënt van waterhoogten en de weerstanden van het landoppervlak.

Modelgebied en modelinvoer

De grootte van het modelgebied is bepaald aan de hand van de maaiveldhoogte. Als begrenzing is het gebied aangehouden dat lager ligt dan 10 meter +NAP. Deze hoogte is afgeleid van het maximale peil in de Rijn (circa 11 meter +NAP) op het moment van de doorbraak in 1855 en de hoogste waterstanden elders in het gebied. De zuidzijde van het gebied wordt begrensd door de Grebbedijk. De noordzijde is globaal begrensd door de maximale uitbreiding van het overstroomde gebied. Het modelgebied wordt weergegeven in figuur 5.4. In het SOBEK model wordt gewerkt met rastercellen. De grootte hiervan bepaalt in belangrijke mate de rekentijd. Er is gekozen voor een grootte van 150 meter grids. Alle andere vlakdekkende informatie is eveneens naar deze 150 meter grids geaggregeerd.

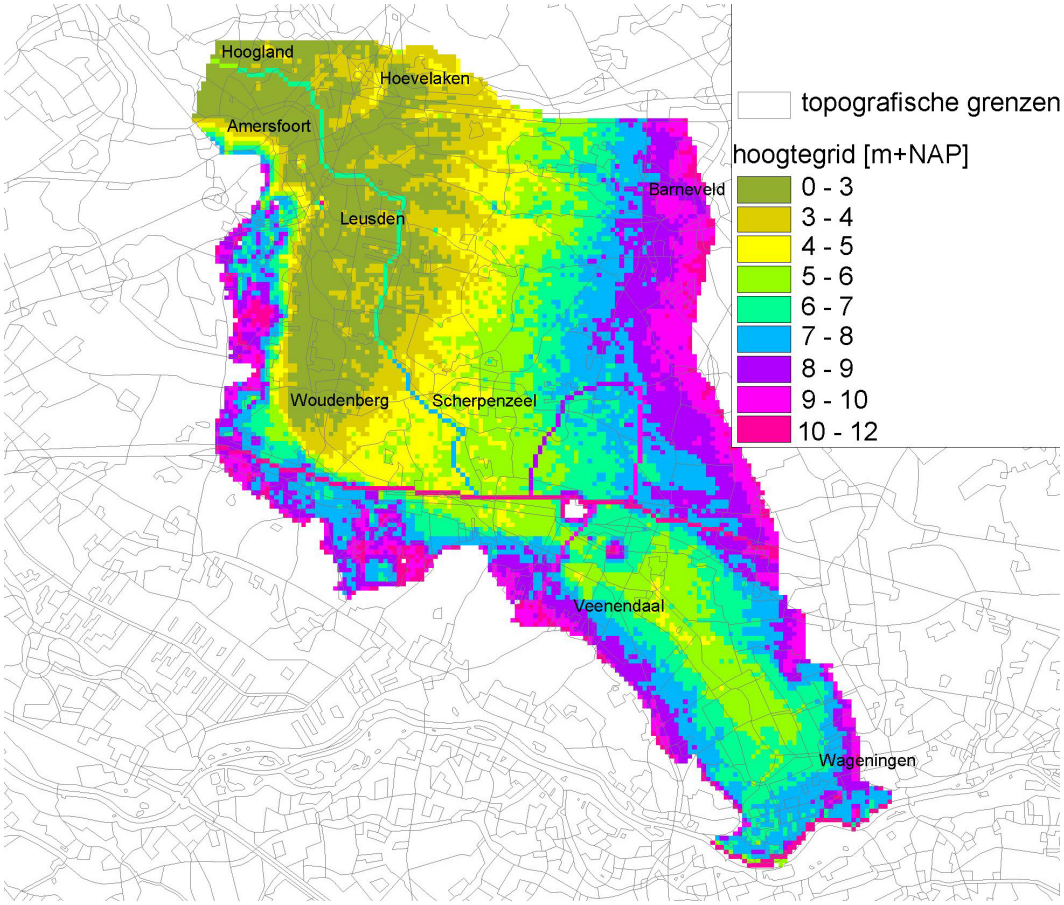
Voor de modelschematisatie en calibratie zijn de volgende gegevens gebruikt:
- maaiveldhoogte
- grondgebruik
- topografie
- dimensionering van elementen
- peilgegevens

Gegevens over de geohydrologie en de meteorologische condities uit 1855 zijn niet in het model opgenomen. Ze hebben wel een rol gespeeld bij de duur van de overstroming. Zo heeft de opstuwing van de Zuiderzee geleid tot overstroming vanuit de Zuiderzee en tot vertraagde afvoer vanuit de Gelderse Vallei. Verdamping of neerslag heeft de drooglegging mogelijk versneld of vertraagd.

Maaiveldhoogte

De maaiveldhoogte in het model is ontleend aan de huidige maaiveldhoogten, afkomstig van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN). Voor gebieden die nu bebouwd zijn, is de maaiveldhoogte afgeleid uit de directe omgeving bij gebrek aan oude gegevens. Enkele metingen afkomstig van de topografische kaarten rond 1900 (Bonnekaarten), doen vermoeden dat het maaiveld plaatselijk wel 10-20 cm hoger lag dan nu. De maaiveldhoogten zijn geaggregeerd van 25 meter grids naar de 150 meter grids (figuur 5.4).

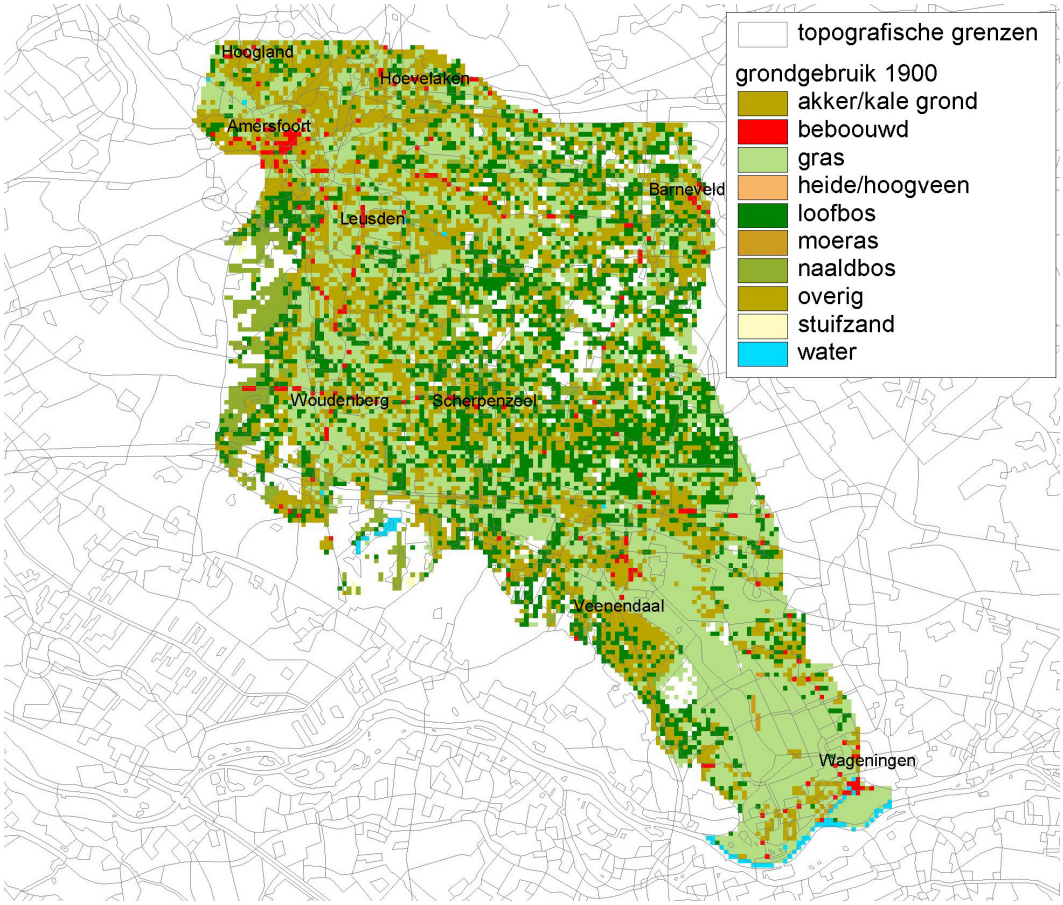
De dijken zijn in het model ook als hoogtegrid van 150x150 meter opgenomen. Hiervoor is het hoogtegrid handmatig aangepast. De hoogtegegevens van de dijken zijn ontleend aan incidentele metingen op de Bonnekaarten rond 1900.



Figuur 5.4 Hoogtegrid modelgebied

Historisch grondgebruik

Het historische grondgebruik is gebruikt om de hydraulische weerstand van de begroeiing te bepalen. De topografische kaart van 1850 (TMK 1850) geeft daarover informatie, maar is niet digitaal beschikbaar. Voor 1900 is echter een landsdekkend digitaal bestand met grondgebruik beschikbaar (Knol et al., 2004). Dit bestand lijkt een bruikbare bron om het landgebruik in 1855 redelijk te benaderen. Uit een visuele vergelijking van de analoge kaart van 1850 met HGN-1990 blijkt dat er in dit gebied tussen 1850 en 1900 geen grote veranderingen in grondgebruik is opgetreden Het grondgebruik in het HGN bestand is daarvoor geaggregeerd van 50 meter naar 150 meter grids (figuur 5.5).



Figuur 5.5 Grondgebruik modelgebied (Knol et al., 2004)

Het grondgebruik is omgezet naar een hydraulische weerstand volgens de waarden uit tabel 5.1 (Heynert, 1991).

Tabel 5.1 Weerstandswaarden (K) voor verschillende typen grondgebruik

Klasse HGN	k-waarde (m)
Gras	0,3
akker/kale grond	0,3
heide/hoogveen	0,3
Loofbos	10
Naaldbos	10
Bebouwd	0,1
Water	0,1
Moeras	0,3
Stuifzand	0,1
Overig	0,1

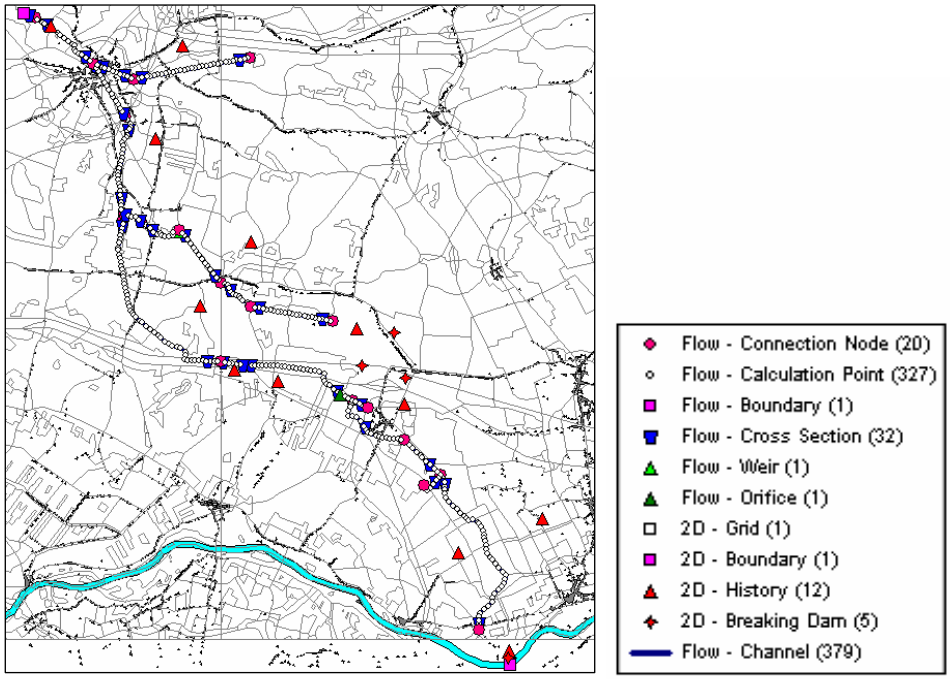
SOBEK converteert de k-waarden naar de coëfficiënt van De Chézy (C), hierdoor is een berekening van stijghoogten en debieten mogelijk. ($Q = A*C * \sqrt{RS}$)

$$C = 18 \log (12R/k) \text{ of } C = 18 \log (12h/k) \qquad \textit{White Colebrook}$$

Hierin is:
A = *Nat oppervlak [m2]*
C = *De Chezy coëfficiënt [m1/2/s]*
R = *hydraulische straal: A/P [-]*
S = *stijghoogtegradiënt : [-]*
P = *Natte omtrek [m]*

Topografie

De topografische gegevens zijn ontleend aan het bestand HGN-1900 wat betreft de verstedelijking. De overige topografie zoals de ligging van dijken, kunstwerken en relevante waterlopen is ontleend aan de TMK-1850. Er zijn in het model drie hoofdwaterlopen onderscheiden: de Grift, Barneveldse beek en Lunterse beek.



Figuur 5.6: Sobek-elementen

Dimensionering kunstwerken en waterlopen

De capaciteit van de waterlopen is afhankelijk van de afmeting van de waterlopen (diepte, bodembreedte en talud) en het verhang. Gegevens hierover zijn deels ontleend aan archieven en een deels geschat.

De Grift en de Luntersche en Barneveldse Beek zijn als de belangrijkste historische waterlopen gemodelleerd. Voor de dimensionering hiervan is uitgegaan van verschillende bodembreedtes met een talud van 1:2. De weerstand bedraagt 40 $^{m1/3}s^{-1}$. De initiële waterstand was 0. De geschematiseerde waterlopen werden in de praktijk nog gebruikt voor beperkte scheepvaart met trekschuiten. Voor de gemodelleerde waterlopen zijn de volgende bodemhoogten en bodembreedte gebruikt:

- Grift tot samenkomst met Luntersche Beek (bodemhoogte van 7.28 tot 0,63 m+NAP, bodembreedte 0,75 m)

- Grift na samenkomst met Luntersche Beek (bodemhoogte van 0.63 tot 0 m+NAP, bodembreedte 3,00 m)
- Luntersche Beek (bodemhoogte van 5,33 tot 2,02 m+NAP, bodembreedte 0,50 m)
- Barneveldsche Beek (bodemhoogte van 1.50 tot 0,33 m+NAP, bodembreedte 3,00 m)

Aan de zuidzijde van het gebied wordt de afvoer op de Rijn via de Grebbesluis in de Grebbedijk geregeld. Aan de noordzijde is bij het lozingspunt rond Amersfoort een lineaire Q(h)-relatie opgelegd (afvoer 0 m3/s peil 0 m+NAP, afvoer 10.8 m3/s Peil 1.5 m+NAP).

De Grift kruist de Slaperdijk, hier is een duiker gemodelleerd (breedte 2 m, bodemhoogte 5.12 m+NAP).

De gegevens over de dimensionering van deze elementen zijn ontleend aan de topografische kaart 1850, de beschrijvingen van de overstroming (Deys, 1988) en van de Bonnekaarten rond 1900. De dimensionering van de waterlopen is geschat.

Dijkdoorbraken en waterpeilen
De tijdstippen van de dijkdoorbraken, de dimensies van de doorbraak en het dichten van de dijken zijn cruciaal in het model. Ze bepalen hoeveel water er het gebied instroomt. De peilgegevens hebben een tweeledig doel. Ze zijn van belang voor de schematisatie en voor de validatie van het model. Er zijn drie bronnen gebruikt:
- waterstanden van de Rijn vanaf de doorbraak tot aan het sluiten van de dijk (figuur 5.2);
- waterpeilen in de Gelderse Vallei voorafgaand aan de overstroming (initiële waarde 0);
- de omvang van de overstroming(figuur 5.3).

Dijkdoorbraken
De dijkdoorbraken zijn in SOBEK gemodelleerd middels breaking dam-nodes. In tabel 5.2 zijn de verschillende doorbraken en hun karakteristieken weergegeven. De doorbraaklocatie met afmetingen en diepte doorbraakkolk zijn veelal in kaarten vastgelegd (Sloet 1855). Breedte en diepte van de doorbraak bepalen in het model het debiet. Exacte afmetingen zijn niet te bepalen omdat gedurende de overstroming de doorbraak aanvankelijk wat breder is geworden en bij het dichten weer smaller. Tijdens dit proces is ook het debiet veranderd door de lagere rivierpeilen (figuur 5.2).

Tabel 5.2. Tijdstip van doorbraak en dichten van de Grebbedijk

Locatie doorbraak	Datum	Tijd	Diepte (bodem dijkbreuk)	Breedte
Grebbedijk	5 maart	16.00 uur	4,94 m (6,56 m +NAP)	150 m
Spoordijk Emmikhuizen	8 maart	0.00 uur	1,35 (8,85 m + NAP)	100 m
De Klomp	9 maart	10.00 uur	1,50 m (8,70 m + NAP)	10 m
Munnikeheul	9 maart	22.00 uur	1,30 m (8,60 m + NAP)	40 m
dichten Grebbedijk	11 maart	8.00 uur	4,94 m (11.50 m +NAP)	150 m

Op vooraf bepaalde tijdstappen wordt op de breaking dam nodes de dijkhoogte verlaagd naar de aangegeven doorbraakdiepte. Daarmee wordt de dijkdoorbraak gesimuleerd.

Waterpeilen
Het waterpeil van de Rijn wordt in het model gesimuleerd door een 2D boundary. De waarden hiervan en de tijdstippen worden vooraf ingevoerd. In het model is daarvoor gebruik gemaakt van de waterhoogten uit figuur 5.2.

Na het dichten van de dijk op 11 maart stond het waterpeil in de Rijn lager dan in de Gelderse Vallei en kon worden begonnen met de afvoer van water naar de Rijn en naar de Zuiderzee. De afvoer naar de Rijn is mogelijk uitgesteld zolang de dijken in de Betuwe nog niet waren hersteld.

In tabel 5.3 zijn de invoerbestanden en modelsettings weergegeven.

Tabel 5.3 Invoerbestanden en modelsettings

Invoerbestanden	Settings
hoogte (HGT100.asci (celgrootte 150x150) weerstand (Friction-grid.asci 100x100 m) waterlopen (watergang.shp) doorbraak (Breaking Dam.asci) Rijnstanden (2D boundary node.asci) History nodes (zie figuur 5.6)	- timestep 1 uur - use 2D grid as height - assume no dikes - Initial global Water dephts (waterdiepte op eerste tijdstip van de berekening)

5.5 Resultaat modellering

Als eerste berekening is voor het studiegebied een situatie doorgerekend zonder compartimentering door de Grebbelinie en spoorlijn. In feite is daarmee de situatie tussen 1550 en 1651 (aanleg slaperdijk) gesimuleerd. Deze simulatie was wenselijk om een eerste indruk van de juistheid van invoerparameters te krijgen. De resultaten hiervan zijn gebruikt om het model op onderdelen aan te passen.

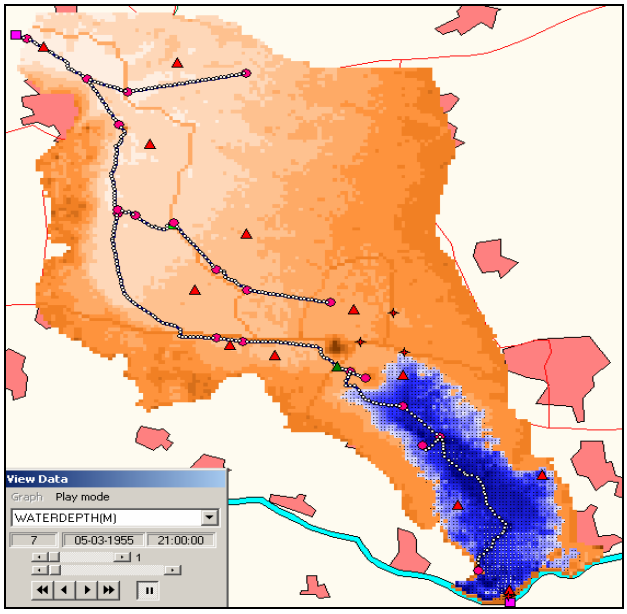
Een tweede simulatie is uitgevoerd met compartimentering. In figuur 5.7 is het overstroomde gebied weergegeven acht uur na de overstroming. Uit deze simulatie komt naar voren dat de eerste fase van overstroming redelijk nauwkeurig wordt gesimuleerd, maar dat de latere doorbraken van de compartimenten afwijken van de beschrijvingen. Het blijkt dat er uiteindelijk te weinig water het gebied instroomt om alle gebieden te laten overstromen. De oorzaken daarvan zijn mogelijk de volgende:
- maaiveld lag hoger dan in het model is opgenomen;
- de doorbraak in de Grebbedijk was groter dan in het model is opgenomen;
- verkeerde dimensionering van de waterlopen;
- verkeerde dimensies van de kunstwerken;
- te grote afvoer verondersteld bij drooglegging;
- ongunstige meteorologische condities (regen).

In de literatuur en archieven lijken voldoende gegevens voorhanden om deze modelparameters veel beter te benaderen.

De resultaten van de modellering bestaan uit overstromingskaartjes die op uurbasis de volgende overstromingsparameters weergeven:
- het overstroomde gebied;
- waterdiepte.

Hieruit zijn te berekenen de:
- overstromingsduur;
- drooglegging;
- stroomsnelheid;
- evacuatietijd.

Door tijdreeksen van overstromingskaartjes te presenteren ontstaat een filmpje waarin het proces van overstroming goed kan worden gevolgd.



Figuur 5.7. Waterdiepte en areaal overstroomd gebied op 5 maart 1855 om 21:00 uur (fragment uit de simulatie)

In bijlage 5 zijn de mogelijke vormen van modeluitvoer samengevat.

5.6 Effecten van overstroming op natuur

In de discussie over de effecten van waterberging en natuur (Runhaar et al., 2004) is het interessant om in retrospectief te kijken of de overstroming in 1855 effect heeft gehad op de huidige natuurwaarden. Deze vraag naar lange termijn effecten doet zich voor in veel bergingsgebieden. In deze studie zijn de effecten hiervan niet onderzocht, maar de mogelijkheid doet zich wel voor om 150 jaar na dato hier iets over op te merken.

De historische modellering maakt het mogelijk in de Gelderse Vallei gebieden te identificeren op basis van overstromingsduur, diepte en periode van overstroming. Deze factoren zijn bepalend voor de effecten op de fauna en vegetatie (Runhaar et

al., 2004). Daarnaast speelt sedimentatie met rivierslib nog een rol. Anders dan nu mag er vanuit worden gegaan dat het toenmalige slib van de Rijn geen grote concentraties aan nutriënten bevatte. Wel kan dit relatief voedselrijke en basenrijke slib, afhankelijk van de plek van sedimentatie, van invloed zijn geweest op de zuurgraad van zandbodems.

Effecten op de vegetatie
Wat opvalt is dat de huidige blauwgraslanden, bloemrijke en orchideerijke graslanden, allemaal binnen het toenmalige overstromingsgebied liggen. Dit betreft de Bennekomse Meent, De Blauwe hel, Het Meeuwenkampje, Allemanskamp en Groot Zandbrink. Het Meeuwenkampje lag zelfs in het dijkdoorbraakgebied (spoorlijn Utrecht-Arnhem).

Ook de floristische verspreidingsgegevens van Nederland (FLORIVON) die globaal tussen 1930 en 1950 zijn verzameld, laten zien dat het in 1855 overstroomde gebied begin 20e eeuw bijzondere floristische waarden kende. Hetzelfde geldt voor de eerste floristische gegevens uit het gebied in 1891 (Schaafsma, 2004). Hieruit kan worden geconcludeerd dat respectievelijk 35, 80 en 150 jaar na deze overstroming, de floristische verscheidenheid vermoedelijk niet sterk onder deze overstroming heeft geleden. Ook de langdurige overstroming (tot 2 maanden bij Veenendaal) heeft niet geleid tot het verdwijnen van blauwgraslanden of trilvenen (Blauwe Hel). Een gedetailleerde analyse met historische verspreidingsgegevens kan duidelijker maken voor welke soorten de overstroming mogelijk wel een rol heeft gespeeld en welke soorten mogelijk zelfs baat hebben gehad bij overstroming. Het is niet ondenkbaar dat onregelmatige overstromingen met rivierwater een belangrijke rol hebben gespeeld in de verspreiding van soorten.

Tot slot kunnen afzettingen met rivierslib een rol hebben gespeeld in de buffering van verzuringsgevoelige zandgronden in de Vallei zoals dat ook voor bevloeiing door beekwater wordt verondersteld. Bij beken was er echter sprake van een veel geringere sedimentlast, maar wel van een hogere overstromingsfrequentie.

Effecten op de fauna
Het effect van de overstroming op de fauna is waarschijnlijk groter geweest dan dat op de vegetatie, maar is moeilijk te kwantificeren. Hiervoor zullen veldwaarnemingen in archieven moeten worden geraadpleegd. Runhaar et al (2004) geven aan dat het vooral de weinig mobiele soorten zijn die gevoelig zijn voor overstroming, bijvoorbeeld door verdrinking en het (tijdelijk) verdwijnen van leefgebieden. Voorbeelden van gevoelige soorten zijn reptielen, vlinders en andere groepen insecten. Een vluchtige blik op de historische verspreidingsgegevens van vlinders (Tax, 1989) laat zien dat o.a. de volgende plaatstrouwe soorten hier begin 20e eeuw nog voorkwamen: Rode vuurvlinder, veenhooibeestje, moerasparelmoervlinder en zilveren maan. Mogelijk zijn deze soorten na de overstroming van elders gemigreerd of zijn ze gezien het tijdstip van de overstroming (vroege voorjaar) nooit echt bedreigd geweest. Sommige soorten overwinteren als ei of als pop en zijn dan minder vatbaar voor externe invloeden. Ook voor weidevogels heeft de overstroming plaatsgevonden net voor het broedseizoen, dat toen voor veel soorten later lag dan

nu. Verder is bekend dat stukken begroeiing zijn losgeslagen van de (veenachtige) bodem en als drijftillen hebben overleefd, inclusief de specifieke fauna. Uit Van de Poll (1855) komt het volgende citaat:
"Daar de landerijen grootendeels uit veengronden zijn samengesteld, waren ze niet aanstonds ter bebouwing geschikt; de oogst kan dan ook in die streken niet overvloedig zijn geweest. Als eene geologische bijzonderheid verdient wel vermeld te worden, hoe sommige hooilanden in den Achterberg de bovenste laag, ter dikte van 1 voet, door het water is afgeligt en weggedreven. Men vond stukken drijvende, ter grootte van 3 morgen – onder Mane van 1 bunder: enkele waren met lies en struiken bezet, zoodat men er voorbijvarende, waande vasten grond te zien. ……..

Het is te hopen voor de Geldersche Vallei, dat het reeds voor jaren ontworpen uitwateringskanaal eindelijk tot stand moge komen. Eene uitgestrektheid gronds, thans gedoemd slechte hooilanden, zelfs moeras en onland te blijven, zou daardoor in vruchtbaar land kunnen verkeeren. Moge de bij 's Konings Besluit van 16 Nov. 1852, No. 52 , benoemde Commissie gelukkig slagen"

Discussie

Uit deze voorbeeldstudie blijkt dat het mogelijk is om historische overstromingen kwantitatief te beschrijven. Zelfs een modelmatige reconstructie is mogelijk met een hydraulisch model. Kritische onderdelen voor een reconstructie zijn de beschikbaarheid van (dagelijkse) waterpeilen, locaties met doorbraken, gebiedskenmerken, afmetingen van dijkdoorbraken, grootte van het overstroomde gebied en de ontwatering na de overstroming. De overstroming in de Vallei is door meerdere bronnen beschreven, deze beschrijvingen zijn niet onderling vergeleken op consistentie en aanvullende informatie. Met betrekking tot peilen kunnen metingen enigszins afwijken van de werkelijke ivm verschillen tussen A.P en N.A.P. (bijlage 2). Niet alle benodigde informatie is voor 1855 te achterhalen, zo is voor de historische maaiveldhoogte aangenomen dat deze weinig verschilt van de huidige situatie. Voor het grondgebruik is gebruik gemaakt van de situatie omstreeks 1900 (Knol et al., 2004). De berekeningen zijn nog onvoldoende gekalibreerd op gemeten peilen en voorplanting van de overstromingsgolf door de Vallei. Ook zijn de afmetingen van de doorlaten (o.a. onder de Spoordijk) niet bekend, waardoor de tijd van doorbraak is geschat op basis van gemeten waterstanden. De gebruikte weerstanden staan ter discussie, deze zijn van groot belang mbt de snelheid waarin de overstromingsgolf zich voortplant. Ook is de neerslag gedurende de overstroming niet in de berekeningen opgenomen Uit de provisorische berekeningen blijkt dat er minder gebied overstroomt dan op de ingetekende kaarten uit 1855 is aangegeven. Dit kan duiden op verkeerde maaiveldhoogtes, te kleine inlaten of te snelle afvoeren in het model.

Het programma SOBEK Overland Flow heeft de volgende beperkingen:
- Presentatie van data voor 1900 (in tabellen en grafiek) is niet mogelijk;
- SOBEK kan de watersnelheid in de x- en y-richting niet (automatisch) wegschrijven voor alle rastercellen. Automatische uitvoer is wel mogelijk op de cellen waar een history-station is gepositioneerd. Handmatig wegschrijven van een tijdstap is mogelijk;

- Het model heeft nog beperkte mogelijkheden voor de modellering van stof- en sedimententransport, dit wordt ontwikkeld;
- Modellering van drijvende stoffen is niet mogelijk.

Deze laatste opties zijn van belang om transport van sediment en planten en dieren te simuleren.

Conclusies en aanbevelingen

- Met historische data blijkt het mogelijk om met een actueel hydraulisch model een historische overstroming te simuleren;
- De uitkomsten van de simulatie komen in grote lijnen overeen met de feitelijke overstroming, zoals grootte van het overstromingsgebied en de snelheid van overstroming;
- De verblijftijd van het water (overstromingsduur) is korter dan gemeten, maar geeft een redelijk goed beeld van de eerste overstromingsfase. De leegloop van het gebied blijkt sneller te gaan dan in werkelijkheid heeft plaatsgevonden;
- De compartimentering door dijken en spoorlijnen en de gefaseerde doorbraken hiervan bemoeilijken de modellering;
- Langdurige overstroming van waardevolle natuur (blauwgraslanden) met slibrijk en matig voedselrijk Rijnwater heeft niet geleid tot het verdwijnen van deze vegetaties op een termijn van 100-150 jaar. De zuidelijke vallei (Binnenveld) stond circa 80 jaar na deze overstroming bekend om zijn uitgestrekte waardevolle graslanden. Binnen de voormalige overstroomde gebieden liggen nu de laatste blauwgraslanden van de Gelderse Vallei: Bennekomse Meent, Allemanskamp, Meeuwenkampje en Groot Zandbrink;
- De effecten van de historische overstroming op de fauna zijn minder duidelijk. Historische data van locatiegebonden diersoorten (vlinders en reptielen) laten ter plekke geen grote gaten in de verspreiding zien. Dat geldt wel voor het rivierengebied. Dit wijst er mogelijk op dat er in de Gelderse Vallei al snel hervestiging kon optreden en in het riviergebied isolatie en overstroming, naast milieuverschillen, een bijdrage hebben geleverd aan de geringere biodiversiteit.

Aanbevelingen
Algemeen
- ontwikkelingen van een betrouwbare methode voor vlakdekkende maaiveldreconstructies (1850-1900);
- verbetering van de hydraulische weerstandswaarden in historisch perspectief
- ontwikkeling en verbetering van kennis over de ruimtelijke verspreiding van stoffen en organismen.

Voor het modelgebied:
- Verbeteren van de historische modellering van de Gelderse Vallei. Vanwege het verkennende karakter is slechts een summiere calibratie en validatie uitgevoerd terwijl er nog ongebruikte gegevens voorhanden zijn;

- Het toetsen van de overstroomde gebieden met floristische en faunistische waarnemingen om na te gaan tot welke grootschalige effecten overstroming heeft geleid op ecosystemen;
- Bepaling van dispersiegedrag van stoffen en organismen onder invloed van overstromingen;
- Toepassing van het model op de militaire strategie van inundatie over lange perioden. Op basis van bekende Rijnafvoeren is het in principe mogelijk om achteraf te bepalen in welke jaren en maanden inundatie van de Grebbelinie uit militair oogpunt zinvol was.

Literatuur

In het overzicht van de literatuur is een opsplitsing gemaakt naar regio. Algemene literatuur en literatuur die betrekking heeft op Nederland is samengevat onder het hoofd Nederland. De overige waterstaatsliteratuur is weergegeven per provincie. Literatuur die betrekking heeft op een specifiek waterschap is eveneens opgenomen per provincie.

Literatuur opgesplitst naar regio

Nederland:

Andela, G., 2000. *Kneedbaar landschap, kneedbaar volk - De heroïsche jaren van de ruilverkaveling in Nederland.* Amsterdam, Thot.

Atlas van Nederland, deel 15, 1986. *Water.* Den Haag.

Beekman, A.A., 1905. *Het dijk- en waterstaatsrecht in Nederland voor 1795.* 's-Gravenhage.

Beekman, A.A., 1909 en 1912. *Polders en droogmakerijen, a. Eerste boek, Beschrijving van het Nederlandse Polderland, b, Tweede boek, Technische inrichting van polders, c. Platen*, 's-Gravenhage.

Beekman, A.A., 1932. *Nederland als polderland.* Zutphen.

Beekman, A.A., 1948. *De wateren van Nederland.* Martinus Nijhoff, Den Haag.

Berendsen, H.J.A., 2004. *De vorming van het land.* Koninklijke Van Gorcum, Assen.

Berendsen H.J.A. en E. Stouthamer, 2001. *Palaeogeographic development of the Rhine-Meuse delta, The Netherlands.* Koninklijke Van Gorcum, Assen.

Bicker Caarten, A., 1990. *Middeleeuwse watermolens in Hollands polderland. 1407/'08-rondom 1500.* Stichting Uitgeverij Noord-Holland. Wormerveer.

Bieleman, J., 1992. *Geschiedenis van de landbouw in Nederland 1500-1950. Veranderingen en verscheidenheid.* Meppel/Amsterdam.

Blauw, M., 2003. *Waterstaat in kaart. Geschiedenis van de Waterstaatskaart 1865-1992.* Matrijs, Utrecht.

Buisman, J., 1996-2000. *Duizend jaar weer, wind en water.* Deel 1 t/m 4. Franeker.

Borger, G., 1977. *De ontwatering van het veen: Een hoofdlijn in de historische nederzettingsgeografie van Nederland.* KNAG geografisch tijdschrift XI (1977) nr.5 blz. 377-387.

Bouwman, L.H., 1953. *Drainage van landbouwgronden.* Ceres land- en tuinbouwreeks. Utrecht

Commissie voor Hydrologische Onderzoek TNO (CHO), 1986. *Verklarende hydrologische woordenlijst.* Rapporten en nota's No 16. Den Haag.

Cools, R.H.A., 1948. *Strijd om den grond in het lage Nederland. Het proces van bedijking, inpoldering en droogmaking sinds de vroegste tijden*. 's-Gravenhage.

Commissie voor de Gelderse Vallei, 1931. *Afwatering van de Gelderse Vallei.*

Commissie Noodoverloopgebieden, z.j.. *Eindrapport van de Commissie Noodoverloopgebieden.*

Commissie Waterbeheer 21e eeuw, 2000. *Waterbeleid voor de 21e eeuw. Geef water de ruimte en de aandacht die het verdient.* Advies aan staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat en de Voorzitter van de Unie van Waterschappen.

Deys, H.P., 1988. *De Gelderse Vallei. Geschiedenis in oude kaarten.* HES, Utrecht

Dibbits, H.A.M.C., 1950. *Nederland-Waterland; een historisch-technisch overzicht.* Utrecht.

Driessen, A.M.A.J., 1994. *Watersnood tussen Maas en Waal. Overstromingsrampen in het rivierengebied tussen 1780 en 1810.* Gelderse Historische Reeks XXI. Zutphen, Walburg Pers.

Gerding, M.A.W., 1995. *Vier eeuwen turfwinning. De verveningen in Groningen, Friesland, Drenthe en Overijssel tussen 1550 en 1950.* Afdeling Agrarische Geschiedenis A.A.G. Bijdragen 35, Wageningen.

Giebels, L., 1998. *Waterkrijg en wie keert het water? De maatschappelijke discussie rond de verhoging van de Lekdijk Bovendams in 1880.* NEHA-jaarboek 1998.

Gottschalk, M.K.E., 1971, 1975, 1977. *Stormvloeden en rivieroverstromingen in Nederland, I, de periode voor 1400; II de periode 1400-1600; III de periode 1600-1700.* Assen/Amsterdam.

Groeneveld, J., 1985. *Veranderend Nederland, Een halve eeuw ontwikkeling op het platteland.* Maastricht/Brussel.

Hagens, H., 1978. *Molens, Mulders, Meesters. Negen eeuwen watermolens in Twente, Salland en de Gelderse Achterhoek.* Smit, Hengelo.

Handboek KRW, 2002. *Handboek Europese Kaderrichtlijn Water versie 8*. (3 december 2002).

Heerd, R.M. van, E.A.C. Kuijlaars, M.P. Teeuw & R.J. van 't Zand, 2000. *Productspecificatie AHN 2000.* Rijkswaterstaat, Adviesdienst Geo-Informatie en ICT.

Hermans, H., ca 1950. *Hoe Nederland groeide. Anderhalve eeuw bodemwinning en bodemverbetering*. Bussum.

Hoorn, J.W., 1988. *Landbouwkundig onderzoek.* In Het Gelders rivierengebied uit zijn isolement. Een halve eeuw plattelandsvernieuwing. De Walburg Pers. Zutphen.

Hullu, de J. en A.G. Verhoeven, 1920. *Andries Vierlingh. Tractaet van Dijckagie.* 's-Gravenhage.

Jansen, P.C., F. de Vries en J. Runhaar, 1999. *Grondwaterkarakteristieken van bodemeenheden; het oorspronkelijk grondwaterregime ontleend aan bodemkenmerken.* SC-rapport 694, ISNN 0927-4499. DLO Staring Centrum, Wageningen.

Laan, K. ter, 1968. *Van Goor's Aardrijkskundig woordenboek van Nederland.* 3e druk bewerkt door A.G.C. Baert. Van Goor Zonen, Den Haag/Brussel.

Linden, H. van der, 1956. *De Cope. Bijdrage tot de rechtsgeschiedenis van de openlegging van de Hollands-Utrechtse laagvlakte.* Assen.

Kaderrichtlijn Water, 2000. Europese Commissie, 2000. Richtlijn2000/60/ van het Europese Parlement en de Raad. Vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid.

Ketting Olivier, B.F., 1982. *Inventaris van de Archieven. Rijkscommissie voor de Ontwatering (1918-1934) en Rijksbureau voor Ontwatering (1920-1935).* Ministerie van Landbouw.

Klostermann, J.E.M., 2003. *The social construction of sustainability in Dutch water companies.* Thesis. Alterra. Wageningen

Knol, W.C., H. Kramer, G.J. van Dorland en H. Gijsbertse, 2003a. *Historisch Grondgebruik Nederland: tijdreeksen grondgebruik Noord-Holland van 1850 tot 1980.* Alterra-rapport 751. Wageningen.

Knol, W.C. en M.W.M. Noordman, 2003b. De *kadastrale kaart van 1832: digitale ontsluiting en landschapsecologische toepassingen.* Alterra-rapport 820. Wageningen.

Knol, W.C., H.Kramer en G.J. van Dorland, 2003c. *Ontwikkelingen in het grondgebruik in Oost-Nederland en de West-Duitse grensstreek: grondgebruik van 1850-1990.* Alterra rapport 822.

Knol, W.C., H. Kramer en H. Gijsbertse, 2004. *Historisch Grondgebruik Nederland: een landelijke reconstructie van het grondgebruik rond 1900.* Alterra-rapport 573. Wageningen.

Koeman, C., 1983, *Geschiedenis van de kartografie van Nederland.* Canaletto, Alphen aan de Rijn.

Linden, W. van der, A.H.M. Kremers en H.J.T. Weerts, 2002. *Landsdekkende karakterisatie topsysteem. Eindrapport.* NITG 02-112-B. Delft.

Mansholt, D.R., 1938. *De waterschaplasten in Nederland.* 's-Gravenhage.

Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat, 1956. *Publicatie ter gelegenheid van het 25-jarig bestaan 16 oktober 1956*. E.J. Brill, Leiden.

Metzelaar, W., 1979. *Nederland deltaland.* Educaboek, Culemborg.

Mulder, H.F., 1954. *Een en ander over vroegere stormvloeden.* Polytechnisch tijdschrift, 9e jaargang, nr 31-34, uitgave B, blz 538b-546b.

Nijhof, P., 1982. *Watermolens in Nederland.* Uitgeverij Waanders, Zwolle

Rapport aan den Koning, 1868. *Van den Commisie tot onderzoek van drinkwater in verband met de verspreiding van cholera en tot aanwijzing der middelen ter voorziening van zuiver drinkwater.* Van Weelden en Mingelen. 's Gravenhage.

Runhaar, J., P.C. Jansen, H. Timmermans, F.P. Sival & W.C. Knol, 2003. *Historische waterhuishouding en historisch grondgebruik in het waterschap Regge en Dinkel.* Alterra rapport 801.

Schultz, E., 1992. *Waterbeheersing van de Nederlandse droogmakerijen*. Lelystad.

Sepp, J.C., 1773. *Nieuwe Geographische Nederlandsche Reise- en Zakatlas vervattende 74 gekleurde kaarten van de Vereenigde Nederlanden.* Amsterdam, Heruitgave Robas.

Staal, M. van der, 1916. *Januarivloed 1916*. Uitgegeven ten voordeele van het Watersnood-Comite. Rotterdam

Staatscommissie voor de bevloeiingen, 1897. *Verslag van Staatscommissie benoemd bij Koninklijk Besluit van 5 mei 1893, no. 16 tot het instellen van een onderzoek omtrent bevloeiingen*. Den Haag.

Staring, W.C.H., 1878. *Voormaals en thans.* Tjeenk Willink, Zwolle.

Staring, W.C.H., *Geologische kaart.* Grondboor en hamer

Stol T., 1993. *Wassend water, dalend land. Geschiedenis van Nederland en het water.* Kosmos, Utrecht/Antwerpen.

Petersen, van J.W., 2002. *Reizen is tol betalen.* Fagus.

Priester, P, 1991. *De economische ontwikkeling van de landbouw in Groningen 1800-1910. Een kwalitatieve en kwantitatieve analyse.* Afdeling Agrarische Geschiedenis A.A.G. Bijdragen 31, Wageningen.

Projectgroep Spankrachtstudie, 2002. *De spankracht van ons rivierenland. Eindrapport Spankracht*. RIZA, Lelystad.

Veen, J. van, 1954, *Tide-Gauges, subsidence-gauges and flood stones in the Netherlands.* Geologie en Mijnbouw 16e jaargang pag. 214-219.

Ven, G.P. van der, 1976. *Aan de wieg van Rijkswaterstaat, wordingsgeschiedenis van het Pannerdens kanaal.* Zutphen.

Ven, G.P. van der , 1993/2004. *Leefbaar laagland. Geschiedenis van de waterbeheersing en landaanwinning in Nederland.* Matrijs, Utrecht.

Versfelt, H.J., 2003. *De Hottinger atlas van Noord- en Oost Nederland.* Heveskes Uitgevers, Groningen.

Vewin, 1895-1996. *Statistische overzichten van de waterleiding in Nederland, met uitkomsten van fysisch en chemisch onderzoek.* Jaarrapporten 1895-1939 (elk jaar), 1943, 1949, 1952, 1957, 1966, 1968, 1973, 1981, 1986, 1992.

Visser, W.C. 1958. De *landbouwwaterhuishouding van Nederland.* Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland T.N.O. (Naast dit landelijk overzicht zijn er ook provinciale delen verschenen).

Vista, 2002. *Dilemma's van het Hollandveen. Bouwsteen voor het structuurschema Groene Ruimte en het project Deltametropool in het kader van de uitwerking van de Vijfde Nota.*

Vries, J.J. de, 1982. *Anderhalve eeuw hydrologisch onderzoek in Nederland.* Rodopi, Amsterdam.

Wagenaar, J.F.A., 1906. *Waterstaatswetgeving. Handboek voor gemeente- en waterschapsbesturen in Noord Brabant op last van Gedeputeerde Staten van Noord Brabant samengesteld.* 2e druk. Stokvis & zoon. 's-Hertogenbosch.

Wind, G.P. 1985. *Slootpeilverlaging en grondwaterstandsdaling in veenweidegebieden.* Cultuurtechnisch Tijdschrift 25e jaargang, blz, 321-330.

Woud, A. van der, 1987. *Het lege land. De ruimtelijke orde van Nederland 1798-1848*. Amsterdam.

Provincies:

Groningen

Bekekamp, H., 1981. *Honderd jaar waterleiding in Groningen.* Groningen.

Directie Algemene Dienst van de Rijkswaterstaat, 1961. *Beschrijving van de provincie Groningen behorende bij de waterstaatskaart.* Staatsdrukkerij en Uitgeversbedrijf. 's-Gravenhage.

Geertsema, C.C., 1910. *De zeeweringen, waterschappen en polders in de provincie Groningen.* Groningen.

Geertsema, C.C., 1979. *De zijlvestenijen in de Groninger Ommelanden.* Groningen.

Kooper, J., 1939. *Het waterstaatsverleden van de provincie Groningen.* Groningen

Ligtendag, W.A., 1995. *De Wolden en het water. De landschap- en waterstaatsontwikkeling in het lage land ten oosten van Groningen vanaf de volle Middeleeuwen tot ca. 1870.* Regio-Project Uitgevers, Groningen.

Mansholt, D.R., 1939. *De waterschapslasten in de provincie Groningen.* Departement van Economische Zaken, Directie van den Landbouw. Den Haag.

Stratingh, G. en G.A. Venema, 1855. *De Dollard of geschied-, aardrijks- en natuurkundige beschrijving van deze boezem der Eems.* Groningen(herdruk 1979)

Rossum, F. van 1990. *Van Lauwerszee tot dollard tou.* 125 jaar Provinciale waterstaat.

Friesland:

Directie Algemene Dienst van de Rijkswaterstaat, 1948. *Beschrijving van de provincie Friesland behorende bij de waterstaatskaart.* Staatsdrukkerij en Uitgeversbedrijf. 's-Gravenhage.

Provinciale waterstaat van Friesland, 1956. *Rapport inzake de bemaling van Frieslands boezem.*

Mansholt, D.R., 1939. *De waterschapslasten in de provincie Friesland.* Departement van Economische Zaken, Directie van den Landbouw. Den Haag.

Wouda, D.F, 1951. *Over de afwatering van Friesland en haar geschiedenis.* Sneek.

Drenthe

Coert, G.A., 1984. *Drenthe en zijn waterschappen. (*50-jaar drenthse waterstaatsbond)

Coert, G.A., 1991. *Stromen en schutten, vaarten en voorden. Geschiedenis van de natte waterstaat in Drenthe 1291-1988*. Meppel/Amsterdam.

Directie Algemene Dienst van de Rijkswaterstaat, 1965. *Beschrijving van de provincie Drenthe behorende bij de waterstaatskaart*. Staatsdrukkerij en Uitgeversbedrijf. 's-Gravenhage.

Huiskes, G., 1995. *De visschen vergeeven. Geschiedenis van de watervervuiling en –zuivering in Drenthe*. Boom, Meppel.

Mansholt, D.R., 1939. *De waterschapslasten in de provincie Drenthe*. Departement van Economische Zaken, Directie van den Landbouw. Den Haag.

Overijssel

Directie Algemene Dienst van de Rijkswaterstaat, 1963. *Beschrijving van de provincie Overijssel behorende bij de waterstaatskaart*. Staatsdrukkerij en Uitgeversbedrijf. 's-Gravenhage.

Dirkx, J., P. Hommel en J. Vervloet, 1996. *Kampereiland. Een wereld op de grens van zout en zoet*. Utrecht. Matrijs

Donker, H., 1996. *Water tussen Regge en Dinkel*. Almelo.

Egberts E., 1985. *Wie water deert, die water keert*. Uitgegeven ter gelegenheid van het 60-jarig bestaan van de Overijsselsche Waterschapsbond 1925-1985.

Lely, C. 1884. *Ontwerp tot verbetering van de Schipbeek en het belang der afwatering van het waterschap De Schipbeek*. Zwolle.

Linden, van den Heuvell, A. van, 1939. *Waterstaatswerken in Overijssel*. Wolvega.

Lindner, A en C.T. Ruys, 1981. *Waterschap De Schipbeek 1881-1981*. Markelo.

Mansholt, D.R., 1939. *De waterschapslasten in de provincie Overijssel*. Departement van Economische Zaken, Directie van den Landbouw. Den Haag.

Pelkwijk, J. ter, 1826. *Beschrijving van Overijssels Watersnood in Februarij 1825*. Zwolle.

Spek, T., F.D. Zeiler en E. Raap, 1996. *Van de Hunnepe tot de zee. Geschiedenis van het Waterschap Salland*. Kampen. IJsselacademie

Staring, W. en T.J. Stieltjes, 1847. *De scheepvaart in Salland en Twente.* Zwolle.

Staring, W. en T.J. Stieltjes, 1848. *De Overijsselsche Wateren.* Zwolle.

Schutten, G.J. 1981. *Varen waar geen water is. Geschiedenis van de scheepvaart ten oosten van de IJssel van 1300 tot 1930.* Uitgeverij Broekhuis, Hengelo

Texeira, de Mattos L.F., 1903. *De Dedemsvaart.* Zwolle.

IJzerman, M.J., 1934. *Waterschap De Regge.* Zwolle

Wieringa, H.(red), 1983. *Waterstaat van Overijssel. Uitgave honderd jaar provinciale waterstaat in Overijssel (1882-1982).*

Zeiler, F. D. ea. 1996. *Van Hunnepe tot de zee.* IJsselakademie. Kampen.

Gelderland

Bauer, F.C.D. 1863. *Watervloed in Gelderland in Januari en Februari 1861.* H.C.A. Thieme & D.A. Thieme, Nijmegen en Arnhem.

Bijl, A., 1997 *Het Gelders water. Waterstaatkundige en sociaal-economische ontwikkeling in de polders van de westelijke Tielerwaard (1809-1940).* Rijksuniversiteit Leiden.

Bruin H.P. de., 1988. *Het Gelders rivierengebied uit zijn isolement. Een halve eeuw plattelandsvernieuwing.* Stichting Gelders Rivierengebied. Gelders Historische Reeks XVIII. De Walburg Pers, Zutphen.

Commissie voor de Geldersche Vallei, 1933. *Afwatering van de Geldersche vallei.* 's-Gravenhage, Algemeene Landsdrukkerij.

Driessen A.M.A.J., G.P. van der Ven en H.J. Wasser, 2000. *Gij beken eeuwigvloeijend. Water in de streek van Rijn en IJssel.* Stichting Matrijs. Utrecht.

Jong, P.J. de (red), 1982. *De Berkel beschouwd.* De Walburgpers, Zutfen.

Mansholt, D.R., 1939. *De waterschapslasten in de provincie Gelderland.* Departement van Economische Zaken, Directie van den Landbouw. Den Haag.

Mentink, G.J. en J. van Os, 1985. *Over-Betuwe: geschiedenis van een polderland (1327-1977).* Zutphen. De Walburg Pers.

Petersen, J.W., 1978. *De waterplaag. Dijkdoorbraken en overstromingen achter Rijn en IJssel.* De Walburg Pers, Zutphen.

Polderdistrict Nederbetuwe, 1977. *Zeshonderdvijftig jaar Neder-betuwe.* Amsterdam.

Poll, W. van der, 1855. *Schets van den Watervloed in Gelderland, Noord-Brabant , Utrecht en Zuid-Holland in maart 185*5. Wed. D.R. van Wermeskerken, Tiel.

Pons L.J., 1957. *De geologie, bodemvorming en waterstaatkundige ontwikkeling van het land van Maas en Waal en een gedeelte van het Rijk van Nijmegen.* Bodemkundige studies 3, Wageningen.

Reuvens, L.A., 1867. *De verbetering van de gezamenlijke afwateringen in het Zutphensche.* Nijhoff en Zoon , Arnhem.

Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst, 1991. *Beschrijving van de provincie Gelderland behorende bij de 5e editie van de waterstaatskaart.* Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft.

Sloet, Baron L.A.J.W. en H.F. Fijnje, 1855. *Watervloed in Gelderland.* G.J. Thieme & D.A. Thieme, Arnhem.

Staring, en Ferrand, 1845. *Verslag over den toestand der Berkel en ontwerp tot verbetering van die rivier.* Thieme, Zutphen.

Staring, en Ferrand, 1847. *Verslag over den toestand der rivieren en afwateringen in het Zutphensche, en ontwerpen tot verbetering van dien toestand.* Thieme, Zutphen.

Vedder, J., 2001. *Het Apeldoorns kanaal.* Matrijs Utrecht.

Verloren van Themaat R., 1966. *De Oude IJssel. De veelzijdige rol van het water.* Uitgeversmaatschappij C. Misset. Doetinchem.

Vos, J.G. en G.J.B. Stork, 1980. *Het land van de oude IJssel en zijn waterschap.*

Utrecht

Algemene Dienst Rijkswaterstaat, 1968. *Beschrijving van de provincie Utrecht bij de waterstaatskaart.*

Boomgaard-Manschot, J. van der, R.N.S. Emans en J.A.L. de Meyere, 1997. *Water …. Lekker nat.* Uitgave bij 40-jarig bestaan Waterleidingbedrijf Midden Nederland (WMN). Waanders-uitgevers. Zwolle.

Borger ,G.J, 1982. *Staat van Land en Water. Provinciale Waterstaat van Utrecht 1882-1982.* Stichts Historische Reeks 7. Zuthen, De Walburg Pers.

Directie Algemene Dienst van de Rijkswaterstaat, 1968. *Beschrijving van de provincie Utrecht behorende bij de waterstaatskaart.* Staatsdrukkerij en Uitgeversbedrijf. 's-Gravenhage.

Donkersloot - de Vrij, M.,1993. *De Stichtse Rijnlanden. Geschiedenis van de zuidelijke Utrechtse waterschappen.* Utrecht, Matrijs.

Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst, 1989. *Beschrijving van de provincie Utrecht behorende bij de 5e editie van de waterstaatskaart.* Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft.

Stol T., 1992. *De Veenkolonie Veenendaal*, Stichtse Historische Reeks 17. Walburg Pers.

Noord-Holland

Borger G.J. en S. Bruines, 1994. *Binnewaeters gewelt.* 450 jaar boezembeheer in Hollands Noorderkwartier. Stichting Uitgeverij Noord-Holland, Wormerveer.

Directie Algemene Dienst van de Rijkswaterstaat, 1950. *Beschrijving van de provincie Noord-Holland behorende bij de waterstaatskaart.* Staatsdrukkerij en Uitgeversbedrijf. 's-Gravenhage.

Groen J.A., 1978. *Een cent per emmer, Het Amsterdamse drinkwater door de eeuwen heen.* Gemeentewaterleidingen, Amsterdam.

Hijmans, W, 1970. Van duin tot IJsselmeer (50 jaar PWN). Meijer Pers N.V. Amsterdam.

Kooiman, D, 1936, *Zeeweringen en Waterschappen van Noord-Holland.* Samsom, Alphen aan de Rijn. (3e druk, eerste druk van 1864 door mr. G. de Vries Azn, 2e druk van 1894 door Jhr.mr. J.W.M. Schorer)

Jelles, J.G.G., 1969. *Geschiedenis van beheer en gebruik van het Noord-Hollands Duinreservaat.* ITBON Mededeling nr 87/1968.

Provinciale Molencommissie Noord-Holland, 1981. *Molens in Noord-Holland.* Meijer Pers, Amsterdam.

Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst, 1988. *Beschrijving van de provincie Noord-Holland behorende bij de 5e editie van de waterstaatskaart.* Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft.

Schilstra J.J., 1981. *De Hondsbossche.* Hoogheemraadschap Noord Hollands Noorderkwartier.

Zuid-Holland

Baars, C., 1973. *De geschiedenis van de landbouw in de Beijerlanden.* Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen 801. Wageningen.

Bont, Chr. de, 2001. *Delfts Water*. Walburg Pers, Zutphen.

Directie Algemene Dienst van de Rijkswaterstaat, 1967. *Beschrijving van de provincie Zuid-Holland behorende bij de waterstaatskaart*. Staatsdrukkerij en Uitgeversbedrijf. 's-Gravenhage.

Giebels, L., 2002. *Hollands water. Het Hoogheemraadschap van Rijnland na 1857*. Utrecht Matrijs

Fockema Andrea, S.J. 1934. *Hoogheemraadschap van Rijnland, Zijn recht en zijn bestuur van den vroegsten tijd tot 1857*. Leiden. Reprint , Alphen aan de Rijn, 1982.

Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst, 1987. *Beschrijving van de provincie Zuid-Holland behorende bij de 5e editie van de waterstaatskaart*. Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft.

Texeira de Mattos, L.F, 1908-1925. *De waterkeeringen, waterschappen en polders in Zuid-Holland. 6 Delen*. Den Haag.

Vink, T 1926. De Lekstreek. *Een aardrijkskundige verkenning van een bewoond deltagebied*. Proefschrift. Amsterdam.

Zeeland:

Bruin, M.P. 1981. *Waken en bewaren, 100 jaar Provinciale Waterstaat Zeeland*. Middelburg.

Directie Algemene Dienst van de Rijkswaterstaat, 1971. *Beschrijving van de provincie Zeeland behorende bij de waterstaatskaart*. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.

Kraker, A. de en W. Bauwens, 2000. *Polders en waterschappen in het Hulsterambacht (1600-1999)*. Kloosterzande.

Fischer, M.M., 1997. *Holocene evolution of Zeeland (SW Netherlands)*. Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO. Boom-Planeta, Haarlem.

Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst, 1984. *Beschrijving van de provincie Zeeland behorende bij de 5e editie van de waterstaatskaart*. Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft.

Noord- Brabant

Buyks, H.G.J., 1996. *Van den Grave aff totter Diezen toe*. Bijna 700 jaar waterschappen in het Maasland 1307-1996. Waterschap De Maaskant.

Buyks, H.G.J., 1984. *675 jaar waterschappen in de Maaskant 1309-1984*. Waterschap De Maaskant.

Directie Algemene Dienst van de Rijkswaterstaat, 1946. *Beschrijving van de provincie Noord-Brabant behorende bij de waterstaatskaart.* Staatsdrukkerij en Uitgeversbedrijf. 's-Gravenhage.

Provinciale Waterstaat van Noord-Brabant, ca 1923. *Rapport nopens de oprichting van het waterschap "Het Noorderafwateringskanaal".*

Ingenieursbureau voor afwateringsbelangen en Openbare Werken M. Bongaerts, 1920. *Voorlopig rapport omtrent de afwatering en de kanalisatie van de Peel.*

Ingenieursbureau voor afwateringsbelangen en Openbare Werken M. Bongaerts, 1920. *Verbetering en Afwatering van de rivieren De Dommel en De Aa, nader rapport.*

Ingenieursbureau voor afwateringsbelangen en Openbare Werken M. Bongaerts, 1920. *Verbetering en Afwatering van de rivieren De Dommel en De Aa, Waterschap "De Beneden Aa".* Hoofdstuk III.

Ingenieursbureau voor afwateringsbelangen en Openbare Werken M. Bongaerts, 1922. *Verbetering van de afwatering der rivier " Donge".*

Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst, 1989. *Beschrijving van de provincie Noord-Brabant behorende bij de 5e editie van de waterstaatskaart.* Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft.

Wagenaar, J.F.A., 1906. *Waterstaatswetgeving. Handboek voor gemeente- en waterschapsbesturen in Noord-Brabant.* Stokers, 's Hertogensbosch.

Waterschap "Het stroomgebied van de Dommel", 1963. *Het stroomgebied van de Dommel 1863-1963.* Boxtel.

Limburg

Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst, 1990. *Beschrijving van de provincie Limburg behorende bij de 5e editie van de waterstaatskaart.* Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft.

Gorissen, A. en R. van der Hoek, 1994. *Waterschappen in Peel en Maasvallei.*

Waterschappen:

Gedenkboeken mbt waterschappen en hoogheemraadschappen zijn opgenomen onder provincies.

Cultuurmaatschappijen en landinrichting

Cultuurtechnische Dienst/Landinrichtingsdienst

Diverse Ruilverkavelingsrapporten

Gedenkboeken

Tijdschrift

Cultuurtechnisch tijdschrift (tot 1989)/Landinrichting (vanaf 1989).

Heidemij/Arcadis

Gedenkboeken:
Heidemij, 1928. *Inleidingen gehouden en rapporten uitgebracht op het congres der Nederlandsche Heidemaatschappij te Arnhem gehouden in juni 1928 ter gelegenheid van haar 40-jarig bestaan.* Wageningen.

Heidemij, 1948. *De Nederlandse Heidemaatschappij 60 jaar.*

En verder ter gelegenheid van 25, 20, 50, 75, 100 jaar.
Tijdschrift
Heidemijtijdschrift.

Grontmij

Oranjewoud

Overige literatuur

Heynert ,K.V., 1999. *Achtergronden en gebruikshandleiding, Decision Support System Inrichting Rivieren.* Land Water en Milieu Informatietechnologie, Delft.

Tax, M.H., 1989. *Atlas van de Nederlandse dagvlinders.* Natuurmonumenten, 's Graveland.

Runhaar, H., G. Arts, W.C. Knol, B. Makaske & N. van den Brink. 2004. *Waterberging en natuur; kennisoverzicht ten behoeve van regionale waterbeheerders.* STOWA rapport

Wolters-Noordhoff Atlasprodukties, 1990. *Grote Historische Atlas van Nederland 1:50.000, West-Nederland 1839-1859*. Groningen.

WL Delft Hydraulics, 2003. *Sobek Rural, Managing your flow.* Delft.

Bijlage 1 Woordenlijst

Aangraving
Ontginning (Zeiler, Salland)

Aanwas
1. Vroeger ook aanwerp, antwerp, aan oevers aangewonnen land.
   De aangewonnen gronden die iets beneden de H.W. lijn tot ongeveeer 30 cm daarboven, die reeds met planten bedekt zijn tot waar het kweldergras begint. (Beekman)
2. Grond die tegen een aan een rivier gelegen stuk land aangewonnen is ten gevolge van de afzetting van door de stroom aangevoerde bodemdeeltjes. (Driessen)

Aardhaling
Het recht van de dijkplichtigen om aarde/klei af te graven van een nabij de dijk gelegen stuk grond voor de aanleg of onderhoud van de dijk. (Bijl)

Aardwerk
Het deel van de werkzaamheden aan de dijk, dat alleen de verwerking van grond, dus niet van bijvoorbeeld hout, betreft. (Driessen)

Achterkade
Kade langs buitenkant van dijkputten die verhindert dat de putten bij vloed vollopen, ook verskade of hoofdkade. (Baars)

Achtermolen
De laagst staande molen in een polder. (Bijl)

Afslag
Het verdwijnen van land of dijkbekleding door golfslag of door stroming. (Bijl)

Afvoerfactor
Afvoer per oppervlakte-eenheid van het beschouwde gebied (met een gekozen overschrijdingsfrequentie) welke wordt gebruikt voor het ontwerp van leidingen en bijbehorende kunstwerken, betere term is specifieke afvoer of afvoerintensiteit. (CHO)

Afwateren
Het overtollige water afvoeren of laten afvloeien. (Bijl)

Afwatering
Gegraven waterloop om af te wateren. (Bijl)

Afweg
Weg van dijk af. (Driessen)

Ambacht
Landelijk district met eigen bestuur en lage rechtspraak. (Baars)

Ambachtheer
Persoon beleend met het ambachtsrecht. (Baars)

Ambt
In de Gelderse kwartieren gebruikelijke onderverdeling van het platteland in bestuurs- en rechtsgebieden; aan het hoofd stond een ambtman-richter, die terzijde gestaan werd door een ambtsbestuur, respectievelijk schepenen. (Driessen)

Baender
Grondgebruiker. (Baars)

Baggermolen
Werktuig waarmee modder en slijk van de bodem wordt gegraven met behulp van emmers aan een emmerladder. (Bijl)

Baljuw
Rechterlijk ambtenaar belast met hoge rechtspraak in een baljuwschap. (Baars)

Baljuwschap
Ambtsgebied van een baljuw. (Baars)

Ban
Een verplichting waarop boete stond, ook wel rechtsdwang of de boete zelf. (Driessen).

Bandijk
1. Dijk die het winterbed van de rivier begrenst. (Bijl)
2. Dijk die gerechtelijk geschouwd wordt en bij het onderhoud waarvan een zekere rechtsdwang toegepast kan worden. (Driessen)

Banne
Ambacht, lager rechtsgebied. (Baars)

Bastaardbraak
Braak waarbij in mei of later met grondbewerking wordt begonnen. (Baars)

Bedijken
Een dijk leggen langs. (Bijl)

Begroesd
Met gras begroeid. (Baars)

Bekaden
Van een kade voorzien, met een kade omringen. (Bijl)

Bekisting
Provisorische verhoging van een bedreigde dijk, hetzij door staken op de dijkkruin in te slaan en daaraan bossen rijshout (wiepen) vast te binden, hetzij door op de dijkkruin paaltjes in te slaan, daartussen platte vlechtwerken te plaatsen als haag, en daarna het geheel te verstevigen met aarde en mest, zie ook kistdam. (Driessen)

Bekrammen
Het bedekken van een dijk met afdekmateriaal, vaak stro, riet of rijshout. (Bijl)

Beloop
Talud. (Bijl)

Bemalen
Een polder ontlasten van het overtollige water door een maalwerktuig. (Bijl)

Beneden-rivieren
Gedeelten van rivieren waar de getijden van de zee nog merkbaar is. (Bijl)

Bergboezem
Hoge boezem met maalpeil. (Beekman)

Beringen
Het aanleggen van een ringdam/kade om een doorbraakgat heen. (Driessen).

Berm
Een strook grond met horizontaal of nagenoeg horizontaal bovenvlak, dienende tot steun van een daarboven gelegen talud van bijvoorbeeld een dijk; een binnenberm is tegen het binnentalud, een buitenberm tegen het buitentalud van een dijk aangebracht. Driessen)

Beslaan
1. Een dijk beleggen met riet, rijshout enz. (Bijl)
2. Beweiden (Baars)

Besloten boezem
Boezem met maalpeil. (Beekman)

Beteugelen
Het beperken van de doorstroomopeningen (bijv. van geulen of killen) (Bijl)

Bevloeiing
Het ter bevordering van de landbouw kunstmatig leiden van water van een rivier, kanaal, beek of andere waterloop ontleend water over een tot het opnemen daarvan ingericht terrein. (Wagenaar).

Bewinterdijken
Van winterdijk voorzien. (Baars)

Binnenbeloop
Talud aan de landzijde van een dijk of kade (Bijl)

Binnendijks
Landinwaarts; de binnenzijde van een dijk is de kant die niet aan het te keren water is blootgesteld. (Driessen)

Binnenloop
Binnenglooiing. (Baars)

Blaffer
Automatisch werkend sluisje. (Driessen).

Blikken, Blijcken
Onbegroeide aanwassen boven laag water gelegen. (Baars)
Zie slijkgronden.

Boezem
1. Samenstel van wateren, diendende tot voorlopige waterbergplaats van het door een aantal polders geloosde water. (Beekman)
2. Tijdelijk opslag van het overtollige polderwater, alvorens het op het buitenwater wordt geloosd of uitgemalen. (Bijl)

Boezemgebied
Al het land dat zijn overtollig water op een zelfde boezem brengt. (Beekman)

Boezemland
Land dat niet is ingepolderd en op natuurlijke wijze op de boezem afwatert. (Beekman)

Boezemkaden
1. Polderkaden die onmiddelijk langs boezemwater liggen. (Beekman)
2. Lage dijk die de polder scheidt van de boezem. (Bijl)

Boezempeil
Vastgesteld peil dat het meest wenselijk is. (Beekman)

Bol
Kleine krib aan een rivieroever, vaak laad- en losplaats voor vrachtscheepjes. (Bijl)

Bovendams
Hoger, stroomopwaarts aan een rivier gelegen dan een zekere dam (Lekdijk Bovendams). (Bijl)

Bovenmolen
Hoogst gelegen molen in een stelsel van getrapte bemaling (molengang). (Bijl)

Boven-rivieren
Ten tijde van de Republiek de riviergedeelten, waar de onverdeelde Rijn zich in verschillende takken splitst; nu de riviergedeelten waar de getijden van de zee niet meer merkbaar zijn. (Driessen)

Braak (liggen)
Geen vruchten dragen, onbezaaid of onbeplant liggen, in welke periode dat land dan een intensieve grondbewerking ondergaat (zie zomervagen). Tijdelijk werden wel schapen op het braakland gehoed. (Bijl)

Breken
Scheuren of omploegen van grasland. (Baars)

Broek
Laaggelegen en drassig land, vaak ook bebost. (Bijl)

Bruysachtige grond
Weke grond. (Baars)

Buitenbeloop
1. Talud aan de waterzijde van een dijk of kade (Bijl)
2. Buitenglooiing. (Baars)

Buitendijks
Rivierwaarts. De buitenzijde van een dijk is aan de kant van het te keren water. (Driessen).

Buitengewone riviercorrespondentie
Situatie waarbij als gevolg van dreigend gevaar door hoog water of ijsgang, door ambtenaren van de rijkswaterstaat toezicht wordt gehouden op de dijken langs een aantal grote rivieren. (Bijl)

Buitenpolder
Buiten de hoofdwaterkering gelegen kleine polder. (Bijl)

Bunder
Een vlaktemaat, ongeveer 1 hectare (vroeger: 1,5 morgen). (Bijl)

Buurmeester
Benoemde of gekozen vertegenwoordiger van de bevolking, die samen met de schout een dorp bestuurde, gewoonlijk voor een termijn van telkens één jaar. De meeste dorpen hadden twee of drie buurmeesters. (Driessen)

Cedul
Lijst, register (bijvoorbeeld dijkcedul, werkcedul). (Driessen).

Centrifugaalpomp
Pomp met een waaier of schoepenrad in een gesloten pomphuis. (Bijl)

Chierdag
Dag van chiering of schatting van grondverzet of ander werk.(Baars)

C(h)iering
1. Plan van herstel of verbetering van waterstaatswerken. (Bijl)
2. Door heemraden jaarlijks vast te stellen verordening, waarbij de vereisten worden geformuleerd, waaraan alle te schouwen waterstaatswerken moeten voldoen. Bij noodsituaties konden ook noodchieringen worden vastgesteld. (Driessen).

Classificatie
Indeling van de landerijen/polders naar belang bij de waterstaatstaak. (Bijl)

Conterlande
Buiten de dijk of de kade gelegen land. (Baars)

Costume
Ongeschreven recht of gebruik dat rechtsgeldigheid had gekregen. (Baars)

Departement
Bestuurlijk gewest, provincie, tak van dienst van uitvoerend gezag, afdeling van algemeen bestuur, ministerie, gebied waarover iemands bemoeienissen of bevoegdheden zich uitstrekken, afdeling van vereniging. (Driessen).

Derry, daring
Veen. (Baars)

Dossering
Glooiing, helling. (Driessen).

Drainage
Land ontlasten van overtollig water door leggen van draineerbuizen (poreuze leidingen). (Bijl)

Droogmakerij
Polder ontstaan door droogmaking van een meer of een uitgeveende plas. (Beekman)

Duiker
Koker door een dijk, kade, dam, weg of onder ander water om water door te laten. (Bijl)

Duikersluis of pomp
1. De passage van water door barrières als dijken heeft de aanleg van kunstwerken noodzakelijk gemaakt: de oudste vorm daarvan is de zogeheten pomp of kokersluis geweest. Deze sluis bestaat uit een beweegbare klep in koker

(bijvoorbeeld een uitgeholde boomstam), die zich bij hoge waterstanden buiten het bedijkte gebied door de druk van het water automatisch afsloot.
In de bedding van de voormalige Oude Ried ten zuiden van Buitenpost zijn restanten van een dergelijk kunstwerk uit de dertiende eeuw teruggevonden, maar ze moeten algemeen zijn geweest (Internet, Friesland)
2. Kokervormige sluis onder dijk, kaden, dam, weg of ander water om water door te laten. (Bijl)

Dijk
1. Kunstmatige opgeworpen, meestal trapeziumvormige lichaam van grond, klei, of zand afgedekt met klei, dienende tot waterkering (Bijl)
2. Rechte, in lage gebieden aangelegde wegen, veelal opgehoogd door het graven van greppels aan weerszijden. (Van Petersen)

Dijkage, dijkatze
Bedijking. (Baars)

Dijkbeloop
Dijktalud. (Bijl)

Dijkbeslag
Buitenbekleding van de dijk. (Bijl)

Dijkbestuur
Het college waaraan het beheer van de dijk is opgedragen. (Bijl)

Dijkbrief
Oorkonde waarin de rechtsregels betreffende een dijk zijn vastgelegd. (Bijl)

Dijkbode
Ambtenaar van het dijkbestuur. (Driessen).

Dijkcedul
1. Register waarin de onderscheiden verplichtingen tot onderhoud van een dijk staan opgetekend. (Bijl)
2. Register waarin het stelsel van verhoefslaging van de dijken opgetekend werd. (Driessen).

Dijkelijk
Zoals bij goede dijkaanleg behoort. (Baars)

Dijkgeslaagde
1. Onderhoudsplichtige van een dijk. (Bijl)
2. Degene die een "slag", een stuk van de dijk, moet onderhouden. (Driessen).

Dijkgraaf
Vertegenwoordiger van het openbaar gezag, die in een ambt of hoge heerlijkheid toezag op de handhaving van het dijkrecht, als rechtsbevorderaar optrad, deelnam aan het maken van de keuren of verordeningen, en voorzitter van het dijkbestuur was. In de meeste ambten werd deze functie vervuld door de ambtman. (Driessen).

Dijkkwel
Kwel door dijk, alsgevolge van hoge buitenwaterstand.

Dijkleger
1. Groep van personen aangewezen om in tijden van gevaar de dijk te bewaken en de nodige werkzaamheden uit te voeren. (Bijl)
2. De bij klokslag naar de dijk opgeroepen manschappen. (Driessen).

Dijklichaam
Opgeworpen grondmassa die de dijk vormt (Bijl)

Dijkmagazijn
Gebouw aan de dijk waar onderhoudsmateriaal voor de dijk ligt opgeslagen. (Bijl)

Dijkmeester
Hoofdopzichter van de dijk. (Bijl)

Dijkpalen
Genummerde palen langs of op de dijk om afstand of plaats te bepalen. (Bijl)

Dijkplicht
Plicht tot het onderhouden van een dijk of om bij te dragen in de kosten van onderhoud. (Bijl)

Dijkplichtig
Verplicht om bij te dragen in de dijkkosten, met dijklast bezwaard. (Driessen).

Dijkrecht
Naar dijkrecht uitleggen en innemen, de dijkgraaf betaalde de kosten voor nalatige ingelanden en vorderde dit geld terug, tweeschat in gelde vierschat in panden dwz tweemaal het bedrag in geld of viermaal het bedrag in goederen. (Baars)

Dijkring
Begrenzing van een gebied dat beschermd wordt door een waterkering, waarin de ingelanden omslag betalen voor het onderhoud van die waterkering. (Bijl)

Dijkschot
Jaarlijkse polderlasten.(Baars)

Dijkschouw
Inspectie van de dijk. (Bijl)

Dijkschout
Dijkopzichter. (Driessen)

Dijkschrijver
Secretaris van het dijkbestuur. (Bijl)

Dijksignaten
Registers van de besluiten van het dijkbestuur. (Driessen).

Dijkslag
Gedeelte van de dijk dat door een dijkplichtige moet worden onderhouden. (Bijl)

Dijkstaal, dijkstal
Grondslag van de dijk. (Baars)

Dijkstoel
Dijkbestuur. (Bijl)

Dijkvak
Gedeelte van een dijk. (Bijl)

Dijkverzwaring
Een zodanige verbetering van de dijk dat hij aan de gestelde eisen voldoet. (Bijl)

Eb
Laag tij. (Bijl)

Egalementen
Egalementsgronden, gronden van geringe kwaliteit (volgerlanden) in de Zijpe, de goede kavels werden geëgaliseerd of vergeleken met de slechtere, vandaar benaming egalementsgronden (Baars)

Egaleren
In waarde gelijk maken. (Baars)

Elzenpas
Enigszins laaggelegen stuk grond in het rivierkleigebied dat met elzen is bepoot. (Bijl)

Exoneren
Afvoeren (Baars)

Gaader
Persoon belast met de inning van belastingen of van dijk/ en polderlasten. (Baars)

Gaardermeester
Penningmeester van een dijk- op polderbestuur belast met het invorderen van de omslagen. (Bijl)

Gecombineerd college
Algemeen bestuur van sommige waterschappen. (Bijl)

Geërfde
1. Grondeigenaar, stemgerechtigde ingeland van een polder. (Bijl)
2. Bezitter van onroerend goed, ingeland. (Driessen).

Gemaal
Inrichting voor het bemalen van een polder. (Bijl)

Gemeenmaking
Overgang van het hoefslagstelsel naar het systeem waarbij de onderhoudskosten over alle dijkplichtige gronden worden omgeslagen en het werk uit één hand werd verricht. (Driessen).

Gemene dijk
Dijk die door de gemeenschap (het dorp) onderhouden moet worden. (Driessen)

Gemene land
Het geheel van de gezamenlijke onderhoudsplichtigen van een dijk of waterkering . (Driessen).

Gemet
Halve morgen. (Baars)

Gesworene
Beëdigde functionaris, heemraad, schepen. (Baars)

Getij
Eb en vloed. (Bijl)

Geul
Smal, diep water, het diepe gedeelte van het vaarwater. (Bijl)

Glooiing
Helling of talud van een waterkering. (Bijl)

Godsakker
Grond die vrij werd bedijkt en beschikbaar werd gesteld aan de kerk. (Baars)

Gors
Onbedijkt, boven de vloed gelegen, met gras begroeid land (Baars)

Gorsheren
Eigenaren van de gorzen, zonder rechterlijke bevoegdheden. (Baars)

Gorsheerlijkheid
Eigendom van de gorzen, zonder jurisdictie. (Baars)

Graaf
Brede waterloop of sloot. (Bijl)

Graven(s)
1. Gegraven watergang.
2. Vloedgravens, langs een vloedgraven vloeit het vloedwater weg.
3. Leigravens, leidt het water naar het lagergelegen punt.
4. Zeegraven, (verbastering van siegraven), een wetering die doorzijgend of doorsiepelend water moet opvangen (=kwelsloot).
5. Hoofdgravens, hoofdwetering of molensloot. (Zeiler).

Grift
Gegraven watergang.

Griend
Bos met wilgen. (Bijl)

Groese
Met gras begroeide gors. (Baars)

Grondroeringe
Spadesteking. (Baars)

Haagkade
Kade loodrecht op de achterkade aansluitend, ter voorkoming van het vollopen van de dijkputten bij doorbraak van de achterkade. (Baars)

Heemraad
Lid van een polder-, dijk- of waterschapsbestuur. (Bijl)

Hellebaardier
Politiediender tijdens de bedijking. (Baars)

Heul
1. Stenen bruggewelf, boogbrug. (Joode et al.)
2. Duiker of stenen brug met één boog (Bijl)

Hille
Terp, woonheuvel in onbedijkt land. (Baars)

Hoefslag
Gedeelte van een dijk, kade of wetering dat aan een hoeve (stuk land van een bepaalde grootte) in onderhoud was toegewezen, de verhoefslaging, de verdeling van een dijk etc. in hoefslagen. (Driessen)

Hoefslagstelsel
Stelsel waarbij de ingelanden de dijk en de wateringen zelf onderhielden en elke hoeve een slag voor onderhoud kreeg toegewezen overeenkomstig de oppervlakte van het grondbezit. (Baars)

Hoge boezem
Extra boezem bij onvoldoende lozingsmogelijkheden. (Beekman)

Hoofdland
Hootland, grond van eerste kwaliteit. (Baars)

Hoofdkade
Hootkade, zie achterkade. (Baars)

Hoog
Hoog gelegen land. (Bijl)

Hoogheemraadschap
Overkoepelend regionaal waterschap. (Bijl)

Hoogwater
Hoge rivierstand, vloed of tijdstip van de hoogste stand van de vloed. (Bijl)

Horde
1. Vlechtwerk van rijshout om paaltjes, vaak gebruikt om de watergangen te overbruggen. (Bijl)
2. Plat vlechtwerk van rijshout om paaltjes, gemiddeld 70 cm hoog en 2,30 m lang. (Driessen)

Ingeland
Eigenaar van land in een waterschap (Bijl)
Zie geërfde.

Inlaag(dijk)
Dijk, aangelegd achter het dijkvak waarvan men vreest dat het niet lang meer zal standhouden. Beide uiteinden ervan sluiten aan op de oude dijk. (Driessen).

Inlaat
Werk waarmee water in de polder kan worden gelaten. (Bijl)

Inlaatduiker
Duiker in boezemkade voor inlaten van water. (Beekman)

Inneeme, innemen
Bedijken. (Baars)

Innemer
Bedijker. (Baars)

Insporen
Gedeeltelijk ingraven van graszoden aan de teen van de dijk. (Baars)

Inundatie
Het onder water lopen of onder water zetten van terrein in het kader van de landsverdediging. (Bijl)

Inundatiesluis
Sluis uitsluitend dienende voor inundatie. (Bijl)

IJskaring
Kruien van het ijs bij het losgaan van de rivier, ijsgang. (Driessen).

Kade
Aarden wal van geringe afmetingen, dienende tot waterkering, landverkeer of waterscheiding. (Bijl)

Kanaal
Gegraven watergang voor verkeer of afwatering. (Bijl)

Keersluis
Enkele sluis voor waterkering die alleen bij hoge buitenwaterstanden wordt gesloten. (Bijl)

Keur
1. Politieverordening van een waterschap. (Bijl)
1a Algemene ordonnantie op wet van de landsheer,
1b Gebods- of verbodsbepalingen betreffende lokale belangen, onder bedreiging van bepaalde straffen uitgevaardigd.
2 De straf die bij de keur opgelegd kon worden.
3. Het gebied waar een keur gold, bijvoorbeeld de Zeeuwse keur, die uit Zeeland stamt. (Driessen).

Kil
Geul. (Baars)

Kistingen
1. Op de kruin van de dijk aangebrachte provisorische verhoging door middel van het slaan van paaltjes waartussen vlechtwerk wordt geplaatst, opgevuld met aarde of mest. (Bijl).
2. Verhoging van de dijk met een dammentje van 0,6 a 0,8m hoogte en 0,4 a 0,6 m dikte, bestaande uit mest en grond tussen of tegen kleine beschoeiingen van planken of horden, steunend op of tegen palen, op korte afstand van de buitenkruin in de dijk geslagen (opkisten). (Beekman)

Kistdam
Dam tot afsluiting of kering van water, bestaande uit evenwijdig lopende rijen van ingeheide palen met daartussen platte vlechtwerken als haag, waarbij de tussenruimte met mest en aarde is opgevuld. (Driessen).

Klokkeslag
1. Het luiden der klokken in tijd van nood om het volk te waarschuwen of bijeen te roepen, vooral op het platteland,
2a Het recht om de weerbare mannen bij klokgelui op te roepen voor werkzaamheden op de dijk,
2b De verplichting om bij klokslag op te komen,
2c De bij klokslag opgeroepen manschappen, het dijkleger,
2d Het gebied waarbinnen de daartoe verplichten bij klokkeslag naar de dijk moesten komen,
2e Het peil van het binnenwater waarbij de klok geluid moest worden om de weerbare mannen op te roepen;
3 Jaarlijkse belasting, omgeslagen over alle dijkplichtigen in plaats van de klokkeslag. (Driessen).

Kom
Komvormige laagte tussen de oeverwallen, die van tijd tot tijd door rivierwater wordt overstroomd en waar zich klei- en/of veengronden vormen. (Bijl)

Krammat
Mat van stro of riet waarmee de dijk werd bekleed ter bescherming tegen golfslag. (Baars)

Kramspade
Werktuig om de kram in de dijk te steken. (Baars)

Krib
Een haaks op de rivieroever aangelegde dam van hout of steen ten behoeve van de stroomgeleiding of landaanwinning. (Bijl)

Kruien
Het losraken en in beweging komen van ijs in de rivieren waarbij schotsen over elkaar schuiven. (Bijl)

Kruin
Vlakke bovenzijde van en dijklichaam. (Bijl)

Kruip
Duiker, aanvankelijk van hout, later ook van baksteen, en bedekt met zand en klei. (Van Petersen)

Kunstmatige lozing
Lozing dmv bemalingswerktuigen bij hogere stand buitenwater. (Beekman)

Kunstwerk
Werk waardoor ander materiaal als zand en aarde is gebruikt, zoals bruggen, sluizen. (Joode et al.)

Kwel
Het verschijnsel waarbij water via ondergrondse zand- en grindbanen uit de ondergrond naar de oppervlakte komt tengevolge van drukverschillen. Deze drukverschillen zijn een gevolg van hoger liggend aangrenzend water (rivieren, dijkwel) of grondgebied (Utrechtse Heuvelrug, Hondsrug). (Bijl)

Kweldam, kwelkade
Een dam of kade aan de binnenzijde van een dijk, die op enige afstand daarvan evenwijdig hieraan loopt, maar wel aan beide uiteinden uitloopt op die dijk. Het doel van zo'n dam is het kwelwater te keren, dat daar ter plaatse door en onder de dijk doorkwelt. (Driessen).

Kwelder
Gronden die niet meer door de dagelijkse vloed, maar alleen nu en dan door de hoger dan deze stijgende vloeden worden bedekt, heten in Groningen kwelders of kwelderlanden, in Holland en de aangrenzende delen van Zeeland en Noord-Brabant gorzen (gors=gers=gars=gras), in Zeeland schorren. In Zeeland weidt de herder daarop schapen, opgeworpen hoogten in kwelder, met put in midden voor drinkwater voor het vee heet stelle en schorren heten stellanden. In Friesland heet een omkade drinkwaterput een dobbe. (Beekman)

Kweldijk
Kade of dijk om het kwelwater te keren. (Bijl)

Kwelsloot
Sloot, direct achter een dijk of kade gelegen, om het kwelwater op te vangen en af te voeren. (Bijl)

Laag
Laag, drassig land. (Bijl)

Laagwater
Eb, of laagste stand bij eb. (Bijl)

Lage
Plaats, bij aardhaling voor kaden of dijken werd dikwijls voorgeschreven dat de grond moest worden gehaald 'ter naester lage ende ter minster schaden', dwz op zo kort mogelijk afstand, waarbij de minste schade werd aangericht. (Baars)

Landscheiding
1. Grenssloot tussen twee ontginningsblokken of rechtsgebieden;
2. Een scheidingskade tussen de Zuid-Hollandse hoogheemraadschappen. (Bijl)

Leidijk
Dijk die het water daarheen afleidt of voert, waar men het hebben wil. (Driessen).

Lekwater
Water dat door lekken in de sluisconstructie binnen de polder komt.(Beekman)

Loop, Beloop
Talud (Baars)

Lossen
Lozen.

Maalpeil
Waterstand in boezem waarbij geen lozing meer op boezem mag plaatsvinden. (Beekman)

Middelbare Rivierstand
Gemiddelde stand der rivier over 6 zomermaanden, berekend uit de dagelijkse standen, 1 mei- 31 oktober, gedurende het laatste gehele 10-jarig tijdvak. (Beekman)

Middelzand
In het midden van een rivier opkomend zand. (Driessen).

Molengang
Enkele molens op een rij, die het water trapsgewijs opvoeren. (Bijl)

Molenaar
Bedienaar van een poldermolen. (Bijl)

Morgen
1. Oude landmaat, van streek tot streek verschillend (ca 0,6 – 1,3 hectare), ongeveer de oppervlakte land die op een ochtend door een stel ossen geploegd kon worden. (Bijl)
2. Oppervlaktemaat (ca 0,85 ha). (Driessen).

Morgen morgensgelijk
Evenredige lastenverdeling naar oppervlakte. (Bijl)

Morgental
Aantal morgens. (Bijl)

Natuurlijke lozing
1. Lozing dmv uitwateringssluizen bij lagere stand buitenwater. (Beekman)
2. Lozing van water zonder bemaling. (Bijl)

N.A.P. (Normaal Amsterdams Peil)
Referentievlak voor hoogtemeting. (Bijl)

Noodmateriaal
Materiaal voor dijkherstel dat langs de dijken in reserve wordt gehouden. (Bijl)

Noodpeil
De nul of aanvangspunt komt overeen met de kruin van de dijk, zoals die volgens de keuren behoort te zijn en dus de maat, die op deze noodpeilen gelezen wordt, aanwijst hoeveel de dijken nog waken of kunnen keeren. (Beekman)

Normaliseren
1. Een regelmatige loop aan een rivier geven door het afsnijden van bochten, de aanleg van kribben en strekdammen. (Bijl)
2. Op rivieren toegepast het vernauwen van de stroomgeul door de aanleg van kribben en strekdammen teneinde een bepaalde waterdiepte te verkrijgen. (Driessen).
3. Ter voorkoming van ijsdammen in de rivier en ter verhoging van de bevaarbaarheid, de rivier zo'n regelmatig mogelijke loop geven, door ze in een brede diepe geul met zo min mogelijk bochten te laten stromen. (Beekman)

Oeverwal
Afzetting van grind, zand en klei aan weerszijden van een rivierbedding. (Bijl)

Ommeloop
Buitendijks land. (Baars)

Omslag
Waterschapsbelasting die geheven wordt over gebouwde (tegenwoordig ook ongebouwde) eigendommen binnen een omslagplichtig gebied van een waterschap of een polder. (Bijl)

Ongeheerd
Zonder heer, gebruikt in verband met verlaten dijkvakken. (Driessen).

Opmaken
Op de vereiste hoogte brengen, bijv. van een dijk, of opentrekken of schoonmaken van waterlopen. (Zeiler, Salland).

Opvaarten
Veel dorpen in Friesland zijn via een zijkanaal, de zogenoemde opvaart, verbonden met het vaarwegennet. (Internet, Friesland)

Opwas
1. In water opkomende (opgeslibde gronden), door water gescheiden van reeds gevormde gronden. (Beekman)
2. De grond die midden in een stroom of rivier opwast, en daarbij gescheiden blijft van de bestaande oever door een deel van het water, dus een eiland blijft (zie ook middelzand) (Driessen).

Opweg
Weg naar de dijk toe. (Driessen).

Overlaat
Verlaagd stuk dijk dat alleen door middel van een kade of een bovenlaag van zand op gelijke hoogte met de aangrenzende dijkvakken gebracht mag worden en in geval van nood dus snel tot een bepaald peil kan worden afgegraven, opdat het water daarlangs afstroomt. (Driessen).

Overtoom
1. Twee hellende vlakken aangelegd op een dam, dijk of kade die twee wateren van verschillend peil scheidt en waarover, mbv windas met een touw of ketting, vaartuigen kunnen worden getrokken om van het ene water in het andere over te gaan. (Bicker Caerten).
2. Hellende vlakken waarover de vaartuigen worden getrokken mbv windas of kaapstander.(Beekman)

Pakwerk
Een soort van bekledingsmuren van afwisselend rijshout en puin of klei ter dikte van 1,75 tot 4 meter; de steile voorkant geeft steun aan de buitenglooiing, aan de rivierkant, van dijken. (Driessen).

Polder
1. Een stuk land, waarvan het water door kaden of op enige andere wijze van het water in de aangrenzende landen is afgescheiden en dat men dus daardoor in eigen macht heeft. Waarschijnlijk verkleinwoord van pol. (Beekman)
2. Door kaden of dijken omringd land waarbinnen de waterstand kunstmatig geregeld kan worden. In Gelderland ook een vereninging van gronden tot gemeenschappelijke zorg voor de waterlozing. (Bijl)

Polderkaden
Veelal slechts 1 à 3 voet hoog en dik, met uitzondering van enkele droogmakerijen. (Beekman)

Pijp
Friesche benaming voor boogbrug. (Joode et al.)

Reguleren
Op de rivieren toegepast het geven van de gewenste regelmatige vorm aan het laag- of hoogwaterbed in verticale of horizontale richting over korte of lange afstand. (Driessen)

Richter
Zie ambtman. (Driessen)

Rijs(hout)
1. Dunne, taaie takken van verschillende houtsoorten die, voorzien van hun topeinden, bladeren en zijtakken, in bossen gebonden werden. (Driessen).
2. Takken of twijgen van wilgen of andere taaie houtsoorten, gevlochten wilgetenen. (Bijl)

Rijsberm
Berm of voet aan de dijk, vervaardigd van rijshout. (Driessen)

Ringdijk
Dijk die een bepaald gebied omsluit. (Bijl)

Rot
Kleinste onderafdeling van een bepaald aantal manschappen (bijv. Dijkleger), gewoonlijk beneden de twintig onder leiding van een rotmeester. (Bijl)

Ruilverkaveling
Betere verdeling van de gronden door uitwisseling tussen eigenaren om grondversnippering op te heffen. (Bijl)

Ruwaar
Rijshout, riet of stro aan dijkwerken. Alle rijshout kan zo genoemd worden. (Driessen).

Sas
Schutsluis, sluiskolk. (Joode et al.)

Schaardijk of schoordijk
1. Een dijk direct aan de stroom gelegen, dus zonder of met weinig voorland. (Driessen).
2. Rivierdijk, onmiddelijk tegen of zeer dicht bij het zomerbed, dijk die op de schaar ligt (schaar of schoor = oever). (Beekman)

Schaft
Inhoudsmaat van één roede in het vierkant en een spit diep. (Bijl)

Scheprad
Rad van schoepen waarmee het toestromende water omhooggebracht wordt. (Bijl)

Schotbalken
1. Balken die in uitsparingen in de sluismuren horizontaal neergelaten werden als extra afsluiting om het doorlekken van de sluisdeuren tegen te gaan. (Bijl)
2. Balken ter afschutting of afsluiting, horizontaal liggend opeengestapeld, met hun uiteinden steunend in verticale sleuven of sponningen, daartoe in muren van bijvoorbeeld een sluis uitgespaard. (Driessen)

Schout

1. Vertegenwoordiger van het landsheerlijk gezag in de dorpen, ook hoofd van een waterschaps- of polderbestuur. (Bijl)
2. Vertegenwoordiger van de landsheer in de dorpen; hij bezat de lage rechtspraak en was hoofd van het bestuur. (Driessen).

Schouw

1. Inspectie van waterstaatswerken (bijv. dijken) door de dijkgraaf en de heemraden, tevens controle op het schoonhouden van de watergangen. (Bijl)
2. Inspectie van een dijk, sluis of ander schouwbaar object door dijkgraaf en heemraden; zonodig, werd daarbij ter plaatse recht gesproken. Onderscheiden werden de drie hoofdschouwen (loofschouw, aardschouw en ruwaar-, tuin-, of spijkschouw), die op een vast tijdstip plaastvonden, de genechtschouwen (herschouwingen na een genecht, een termijn van veertien dagen) en de noodschouwen bij noodsituaties (Driessen).

Schutje

Sluisje. (Driessen)

Schutlaken

Keersluis (van laken of loken is sluiten) hiermee kan water van een hoger pand uit een lager pand gehouden worden. (Beekman)
Afsluiting, schot of schotdeur, keersluisje in een wetering. (Driessen).

Schutsluis

Waterwerk met twee stel afsluitdeuren waardoor het mogelijk is dat vaartuigen op een hoger dan wel lager niveau kunnen worden gebracht. (Bijl)

Schutwater

Water dat bij schutten van vaartuigen in de polder komt. (Beekman)

Slaperdijken

1. Slaperdijken dienen als het ware als tweede kustverdedigingslijn in geval van dijkdoorbraken. Het zijn ofwel zeedijken die hun functie als primaire zeewaterkering verloren hebben (bijvoorbeeld de Oude Bildtdijk), dan wel doelbewust opgeworpen slaperdijken zoals de uit de achttiende eeuw daterende Zuricher, Koudumer en Sondeler slaperdijken. (Internet, Friesland)
2. Dijk die pas dienst doet als een ervoor gelegen dijk (wakerdijk) bezweken is; soms ook werd een slaperdijk met opzet aangelegd om bij een doorbraak van de bandijk het overstromingswater te keren. (Driessen).

Slik

Bij eb droogvallende gronden, van laagwaterlijn tot iets boven de hoogwaterlijn, heten in Groningen slijkgronden en zandgronden, in Zuid Holland en Zeeland slikken (klei) en blikken (zand). Gronden iets boven de HW-lijn tot ongeveer 30 cm daarboven, die reeds met planten bedekt zijn tot daar waar kweldergras begint worden in Groningen aanwassen genoemd. (Beekman)

Slikgelden
Ook wel afkoop-, waarborg-, last- of turfgelden of consignatiepenningen.
Dit zijn fondsen ter voorziening in de kosten van aanleg of onderhoud der in verband met de vervening benodigde werken, in de betaling van grond- en andere lasten en in de kosten van eventuele inpoldering en droogmaking der gronden na vervening. (Wagenaar, Wet op de vervening)

Sluis
Kunstmatige beweegbare waterkering, die een verbinding met het water aan weerszijden mogelijk maakt. (Bijl)

Spadesteking.
Recht, waarbij de dijkplichtige die onmachtig was zijn dijk te onderhouden, dmv het steken van een spade op de dijk, aangaf dat hij de dijk wilde verlaten, hij gaf daarmee aan dat hij afstand deed van zijn land tbv het dijkvak waardoor het beschermd werd. (Beekman).

Spik
Een niet van een houten leuning voorziene overbrugging bestaande uit een paar boomstammen, bedekt met rijshout, keien en aarde, waarover vee kon worden gedreven en die als het moest berijdbaar was. (Van Petersen)

Spijk
Zie tuin. (Driessen).

Stelle
1. Hoogte in vorm van afgeknotte kegel tot toevlucht bij snel opkomende vloeden met een put in 't midden voor drinkwater voor vee, de schorren worden daarbij aangeduid als stellanden (Stellepolder, Stellendam). (Beekman)
2. Terp, woonheuvel in onbedijkt gebied. (Baars)

Stoomgemaal
Gebouw met pompmachines door stoom aangedreven om water uit een polder te malen. (Bijl)

Strang
Overblijfsel van een oude rivierbedding. (Driessen).

Stroomrug
Twee oeverwallen met de al of niet dichtgeslibde rivierbedding, een verhoging (rug) in het rivierlandschap vormend. (Bijl)

Stuifdijken
Stuifdijken komen uitsluitend op de Waddeneilanden voor. Ze zijn ontstaan door middel van kunstmatige bevorderd opstuiven van duinzand door middel van rietschermen en vervolgens door middel van helmaanplant vastgelegd. Stuifdijken dienen ertoe om kweldergebieden te beschermen, kustafslag tegen te gaan en - zoals

op Vlieland en Ameland - het door midden breken van eilanden te voorkomen. (Internet, Friesland)

Sueren
Lozen. (Baars)

Talud
Helling van een dijk, kade of watergang. (Bijl)

Teen
Voet van een dijk. (Bijl)

Terp
Kunstmatige verhoging, dienende als woon- of vluchtheuvel. (Bijl)

Til
Benaming voor brug in Groningen. (Joode et al.)

Trekvaarten
Trekvaarten zijn kanalen die zijn voorzien van een pad of weg op één van de oevers. Op dit jaagpad of deze trekweg liepen het paard, die de trekschuit met een touw, de zogenoemde jaaglijn, vooruittrok, en de jager, die het paard mende. Soms werd de schuit voortgetrokken door de schipper zelf of een familielid. (Internet, Friesland)

Tuin
Lage horde, 15 tot 18 cm hoog, gevlochten van rijshout om palen die 35 tot 40 cm van elkaar geplaatst zijn. (Driessen).

Tussenboezem
Extra boezem(s) toegepast bij bemaling in trappen (Beekman)

Uiterwaard
Buitendijks gebied aan weerszijden van de rivier dat bij hoge rivierstanden onder waterloopt. (Bijl)

Uitslaan
Uit de polder malen van water. (Bijl)

Uitwateringssluis
Sluis die kan worden geopend voor de afvoer van overtollig water. (Joode et al.)

Veepest
Runderpest, een virusziekte, die wordt gekenmerkt door hoge koorts en zweren op de slijmvliezen van bek, slokdarm, darmen en magen. (Bijl)

Verhang
Verhouding van het verval en de afstand waarover dit verval gemeten is. (Driessen).

Verhelen
Verbinden van dijken. (Baars)

Verlaat of schutsluis
1. Een verlaat of schutsluis is een constructie bestaande uit een schutkolk tussen op enige afstand van elkaar geplaatste sluishoofden. Tussen de sluishoofden lag aanvankelijk één valdeur, die met behulp van takels werd bediend. Het aanbrengen van een afsluitbare stroomopening (rinket) in de sluisdeuren diende voor het regelen van de waterhoogte in de schutkolk en voor het openen en sluiten van de deuren. Naderhand werden puntdeuren geïnstalleerd als vervanging van valdeuren. (Internet, Friesland)
2. Waterwerk, zoals duiker of een sluis, voor de geregelde afvoer van water.(Joode et al.)

Verponding
Belasting op de opbrengsten van huizen en grond. (Driessen).

Verval
Verschil in hoogte van de waterspiegel van een rivier op twee plaatsen. (Driessen)

Vierschaar
Rechtscollege van een ambacht met lage rechtsheerlijkheid; hoge vierschaar: rechtscollege van een baljuwschap met hoge rechtsbevoegdheid. (Baars)

Vingerling
Kade of bouwput van sluis. (Baars)

Vlekken of Vlake
Van wilgentenen gevlochten mat ter bescherming van de dijk. (Zeiler, Salland).

Vroon
Vroonland, land vrij van dijklasten. (Baars)

Vliet
Stromend water, kleiner dan rivieren, ook wel benaming voor gegraven watergang. (Joode et al.)

Vlietlanden
Stroken land tussen boezemkade en het boezemwater, ze liggen ongeveer gelijk met of zeer weinig boven de waterspiegel van de boezem en komen dus bij hoge boezemstanden onder water, veelal als hooiland gebruikt. (Beekman)

Volgerland
Land van geringe kwaliteit (Beijerland). (Baars)

Vonder
Ook Vunder of Vondel. Een houten bruggetje met leuningen, soms hoog gebouwd vanwege de scheepvaart, en breed genoeg om met een kruiwagen over te gaan. In veel gevallen is een vonder met zijn landhoofden, jukken of staanders, stevig brugdek en dito leuningen al een kleine brug. (Van Petersen)

Voorde
Doorwaadbare plaats. (Van Petersen)

Vrije boezem
Boezem zonder maalpeil. (Beekman)

Vruchtwisseling
Opvolging van granen door bladgewassen of hakvruchten. (Bijl)

Wakerdijk
Dijk die als eerste het water tegen moet houden, zie slaperdijk.

Wachtheul
Afsluitbare, overwelfde doorgang voor water die boezemwater met polderwater verbindt. (Bicker Caerten).

Waterkering
Kade, dam of dijk ter bescherming van het laaggelegen land tegen hogere waterstanden. (Bijl)

Waterschap
Openbaar lichaam dat de waterstaatszorg binnen een bepaald gebied regelt en daartoe is belast met taken van waterstaatkundige aard betreffende de waterkering, waterlozing en recent ook waterkwaliteit. (Bijl)

Weerpenning
Het geldbedrag dat door de dijkplichtige teruggegeven moest worden aan de dijkgraaf als die een voorschot had verstrekt. (Driessen).

Welfbrug
Stenen boogbrug. (Joode et al.)

Wetering
Gegraven watergang, breder dan een sloot, waarlangs de afwatering van lage gronden plaatsvindt. (Bijl)

Wiel, Waal, Weel (Zeeland), Waai, Wade
Het gat dat bij een dijkdoorbraak door het water opgewoeld wordt; ook wel kolk of waai geheten (Driessen).

Willekeur
Verordening volgens de wil der belanghebbenden. (Zeiler).

Winterbed
1. Het gebied van dijk tot dijk waartussen de rivier stroomt bij hoge waterstanden (vaak in de winterperiode). (Bijl)
2. Strook tussen de hoge gronden of dijken aan weerszijden van een rivier, die bij hoge waterstanden onder water lopen. (Driessen).

Wisselbouw
Wijze van grondgebruik waarbij akkerland en grasland elkaar in de loop der jaren afwisselen. (Bijl)

Winterweg
Soms ook hoge weg (tussen Varsseveld en Heelweg).
Doorgaans langere route die ook , 's winters begaanbaar is. (Van Petersen).

IJsgang
Het zich bewegen van drijfijs door stroming op een rivier. (Bijl)

Zeebek
Versterking van natte beloop van dijk door talud met geringe helling. (Baars)

Zetting
Vaststelling van de hoogte van een bepaalde belasting volgens een bepaalde verdeelsleutel.
De belasting zelf (ambtszetting, dijkzetting).

Zeven gevers
De zeven personen, die een getuigenis moesten afleggen over aan wie een bepaald stuk land toebehoorde, waarop de last van een stuk dijk of wetering moest rusten. In het gebied ten oosten van Heerewaarden waren zij de dijkgeslaagden van de aangrenzende vier boven- en drie benedenwaarts gelegen dijkvakken, in de Bommelerwaard de dijkgeslaagden van de aangrenzende drie boven- en vier benedenwaarts gelegen dijkvakken. (Driessen)

Zeventuig-procedure
Procedure tot aanwijzing van het land waarop de last van een onbekend of verlaten dijkvak moest rusten (Driessen).

Zijdelingse afleiding
Kunstmatig verlaagde dijkvakken waarlangs het water zijdelings tussen twee leidijken door naar een verderop gelegen rivier of een andere rivier kan afvloeien. (Driessen).

Zijl of uitwateringssluis
1. Uitwateringssluizen dienen om boezemwater te lozen op de zee. De belangrijkste uitwateringssluizen lagen langs de kust: Munnekezijl, Dokkumer Nieuwe Zijlen,

Ezumazijl, de zijlen bij Peasens en Nieuwe Bildtzijl (in de zeventiende eeuw afgedamd), Lidlumer- of Koehoolsterzijl (1584 afgedamd), Roptazijl, het Landszijltje en de Grote en Kleine Sluis te Harlingen, Ulkezijl, de Makkumerzijlen en voorts zijlen te Workum, Hindeloopen, Molkwerum, Stavoren, Lemmer en Schoterzijl. (Internet, Friesland)

2. Sluis vooral zo genoemd in Friesland en Groningen.(Joode et al.)

Zeedijken
De zeedijken liggen vooral langs de huidige en voormalige kustlijnen, zowel van de Waddenzee als de voormalige Zuiderzee en de eveneens voormalige zeeboezems (Middelzee, Lauwers en Marne). (Internet, Friesland)

Zomerbed
Vrij scherp te onderscheiden geul, waarin de rivieren bij normale of iets verhoogde waterstanden stromen. De naam wordt verklaard door de omstandigheden dat in de zomer als regel geen hoge waterstanden voorkomen. (Driessen).

Zomerdijken
Zomerdijken zijn dijken die hoog genoeg zijn om de hoogwaterstanden 's zomers te keren. Zo zijn er de zomerkaden op de buitendijkse gronden langs de Wadden en IJsselmeerkust. Ook zijn er duizenden kilometers zomerkaden binnenslands, die dienden om de landerijen zomers van de boezem te scheiden. De meeste zomerdijken die vanaf het voorjaar tot de herfst dezelfde kerende functie ten aanzien van het zeewater hebben, dateren van omstreeks 1900. (Internet, Friesland)

Zomerkade
Dijk die alleen in staat is om in de zomer voorkomende vloeden te keren. (Driessen).

Zomerpolders
Een zomerpolder is een polder die alleen 's zomers in agrarisch gebruik was. Men liet er het vee grazen. (Internet, Friesland)

Zomervaag
Grondbewerking door middel van ploegen en eggen in de zomer van een braakjaar, ter bestrijding van onkruid, ter verbetering van de bodemstructuur en ter bevordering van het herstel van de bodemvruchtbaarheid. (Bijl).

Zomerweg
Soms ook aangeduid als binnenweg of lage weg.
Weg die in natte perioden onbegaanbaar was en dus normaal gesproken alleen in de zomer gebruikt kan worden. Gewoonlijk onbezande kleiwegen, die 's zomers door de hardheid van de ondergrond beter berijdbaar waren dan de in die periode vaak mulle zandwegen. (Zomerweg tussen Drempt en Toldijk). (Van Petersen)

Bijlage 2 Maten en NAP

Voor de komst van het metrieke stelsel werden maatvoering en waterpeilen beschreven in lokale of regionale stelsels. Ook na de invoering van het metrieke stelsel werd soms nog lang vastgehouden aan de oude maatvoering. Een tweede belangrijk aspect in het historisch waterbeheer is de introductie van een referentievlak (NAP).

Referentievlak (NAP)
De geschiedenis van het referentieniveauvlak (NAP) is het vermelden waard. In 1683 werd, in opdracht van burgemeester Hudde van Amsterdam, de hoogte van de verhoogde zeedijk langs het IJ vastgelegd t.o.v. het stadspeil met behulp van acht grote, witmarmeren stenen. Deze 'stenen van Hudde' werden ingemetseld in acht sluizen in de verhoogde dijk langs het IJ. Op de stenen van Hudde was een horizontale groef aangebracht op zeedijkshoogte, zijnde 9 voet en 5 duim (2.676 m) boven het stadspeil (Amsterdams Peil of AP). Uit dagelijkse metingen van de eb- en vloedhoogte in het IJ bij de Haarlemmersluis, uitgevoerd in 1683-1684, bleek het stadspeil van Amsterdam vrijwel samen te vallen (waarschijnlijk was het zo bedoeld) met de gemiddelde zomervloedstand (dus niet het gemiddeld zeeniveau) van het IJ te Amsterdam (Waalewijn, 1987). De definitie van het AP (later NAP) luidt sinds 1683: 9 voet en 5 duim beneden het merk op de stenen van Hudde (van Veen, 1954). De acht primaire merken van het AP lagen in één waterpas vlak. Op die manier was het AP gefixeerd. In de loop van de 18e eeuw is het AP door waterpassing vanuit Amsterdam overgebracht naar andere plaatsen in Nederland en daar vastgelegd door middel van peilmerken (peilschalen, merkstenen e.d.). Toen men in de jaren 1875-1885 voor het eerst een landelijke controle uitvoerde van de hoogten van de peilmerken in het land (eerste nauwkeurigheidswaterpassing onder leiding van L. Cohen Stuart) en van daarop gebaseerde terreinhoogten, ontdekte men dat de hoogte van veel peilmerken (en daaraan gekoppelde terreinhoogten) niet klopte met de juiste hoogte. Deze verschillen waren het gevolg van meetonnauwkeurigheden en fouten bij oudere waterpassingen en verticale beweging van de peilmerken. Men heeft toen nieuwe of verbeterde peilmerken aangebracht en terreinhoogten opnieuw bepaald t.o.v. deze nieuwe peilmerken. Voor de nieuwe peilmerken en de nieuw bepaalde hoogten werd in 1891 de naam 'Normaal Amsterdams Peil' (NAP) ingevoerd. Het referentieniveau van het NAP is gelijk gebleven aan dat van het AP. Als voorbeeld enkele verschillen in de Provincie Drenthe:

Assen AP = 0,19 m –NAP
Beilen AP = 0,22 m-NAP
Coevorden AP = 0,19 m –NAP
Meppel AP = 0,25 m –NAP

Gemiddeld voor Nederland is het verschil 0,16 m, het verschil varieert tussen 0,01 en 0,40 m. De 2^{e} nauwkeurigheidwaterpassing vond plaats tussen 1926 en 1940. Sinds 1976 worden in een 10 jarencyclus de hoogtes van de peilmerken opnieuw gemeten en vastgesteld. De vijfde nauwkeurigheidsmeting is uitgevoerd in 1996-1998. Als gevolg van veranderingen in de hoogte van de peilkenmerken tussen de 2^{e} en 5^{e} nauwkeurigheidswaterpassing worden op 1 januari 2005 de hoogte van de peilmerken

aangepast. Figuur 1 geeft een goed beeld van de te verwachten verschillen tussen oude en nieuwe hoogtes van NAP-peilmerken. Bij gebruik van meetdata uit het verleden dient men rekening te houden met verschillen als gevolg van de veranderingen mbt het referentievlak.

Lokale stelsels

Naast de stenen geplaatst in de sluizen van het IJ, die uiteindelijk aan de basis hebben gestaan van het NAP, waren er in het verleden op veel plaatsen lokale peilen vastgesteld die dienst hebben gedaan als referentie voor een beperkt gebied(tabel 1).

Tabel 1 Lokale peilschalen.

Rivieren	Plaatsen der peilschalen	Nulpunt + of - A.P. Ellen	Noodpunt boven het nulpunt Ellen	Noodpeil[i] boven A.P.	Middelbare standen[ii] boven het nulpunt. Ellen
De Waal	Nijmegen	6,22	9	15,22	2,88
	Tiel	2,49	8	10,49	3,1
De Nederrijn	Arnhem	6,91	6,9	13,81	2,04
	De Grebbe	4,1	6,9	11	2,34
	Rhenen	3,97			
De IJssel	Westervoort	7,37	6,5	13,87	2,17

Zo betekent 3 m+Arnhems Peil, in werkelijkheid 9,91 m+A.P, de dijkhoogte ter plaatse is 13.81 m+A.P.

Naast de afwezigheid van een landelijk referentievlak bestond eveneens een grote variatie aan maten en gewichten, welke streekgebonden waren. Het metrieke stelsel is in 1820 ingevoerd, echter de oude benamingen bleven gehandhaafd tot 1870. Deze oude benamingen dienden vooraf gegaan te worden door Nederlandse, in de praktijk werd dit voorvoegsel veelal weggelaten.

Tabel 2 Naamgeving lengtemaat

Maat	*Officiele benaming*	*Periode*
meter	*1 meter = 1 m*	*> 1870*
el	*1 Nederlandse el = 1 m*	*1820-1870*
	1 Amsterdamse el = 0,6878 m	*< 1820*
	1 Engelse el = 0,914 m	

Dus bij het gebruik van oude maten is de tijd van opname van groot belang.

Figuur 1 Verschillen tussen oude en nieuwe hoogtes van NAP-peilmerken in mm

Bijlage 3 Legenda waterstaatskaart bevat de volgende onderscheidingen

Op de waterstaatskaart is de volgende informatie aanwezig:

Stoomgemaal
Schepradwatermolen
Pompwatermolen
Vijzelwatermolen
Kleine watermolen
Seinmolen en seinpaal
Zonder bemaling
Zomerpeil
Winterpeil
Zomerstand
Winterstand
Uitwateringssluis
Schutsluis
Gekoppelde schutsluis
Griendsluisje
Vaste stuw
Overtoom
Molen door water gedreven
Grondduiker
Grondduiker met afsluiting
Zelfregistrerende peilschaal
Peilschaal
Peilmerksteen
Hoofdmerk der Nauwkeurigheidswaterpassing
Secundair merk der Nauwkeurigheidswaterpassing
Provinciale- en Rijksgrens
Straatweg
Spoorweg
Zee- en rivierdijk
Gedeeltelijk kunstmatige verdediging
Kribben
Overlaat
Dijkshoogte
Kadehoogte
Overlaatshoogte
Hoogte van de weg
Noodpeil
Doorbraak
Hulpgat
Bij laagwater droogvallend
Hoogwaterlijn
Laagwaterlijn
Lijn van 25 decimeter onder laagwater
Lijn van 50 decimeter onder laagwater
Lijn van 80 decimeter onder laagwater
Duinvoet
Middelbare Eb
Middelbare Vloed
Middelbare Rivierstand

Geringste vaardiepte
Terreinhoogte
Hoogte veenoppervlakte
Veendikte
Moerassen
Bevloeiingen
Grootte van een polder of van een stroomgebied.

Bijlage 4 Legenda Geologische kaart kaartblad Tiel

Holoceen

Betuwe Formatie

1 Afzettingen in recente stroomgordels; geulafzettingen s.s. meestal bedekt door complexe bovenlaag van i.h.a. zeer variabele dikte. Dikte bovenlaag onbekend.
2 Geulafzettingen: geulafzettingen s.s meestal bedekt met een dunne laag geuldekafzettingen
3 Geulafzettingen bedekt met komafzettingen
4 Geulafzettingen bedekt met oeverafzettingen
5 Geulafzettingen bedekt met oeverafzettingen, plaatselijk met een tussenschakeling van komafzettingen
6 Verlandingsafzettingen, of komafzettingen op verlandingsafzettingen, i.h.a. op geulafzettingen
7 Verlandingsafzettingen met veen, of komafzettingen op verlandingsafzettingen, i.h.a. op geulafzettingen
8 Restgeultje of kronkelwaardgeultje meestal met verlandingsafzettingen soms met veen
9 Komafzettingen
10 Komafzettingen met veen
11 Zandige komafzettingen
12 Zandige komafzettingen met veen
13 Komafzettingen op oever- en komafzettingen
14 Komafzettingen op oever- en komafzettingen met veen
15 Oeverafzettingen op komafzettingen
16 Oeverafzettingen op komafzettingen met veen
17 Oeverafzettingen op kom- en oeverafzettingen
18 Oeverafzettingen op komafzettingen met veen en oeverafzettingen
19 Begraven oeverwaldoorbraakafzettingen, hier onder- en op komafzettingen
20 Dijkdoorbraakafzettingen, hier op komafzettingen op veen

Bijlage 5 Modeluitvoer SOBEK

Resultaten waterlopen (grafieken, filmpje, exporteren naar .dbf of .csv mogelijk)
- waterdiepten [m]
- watersnelheden [m/s]
- debieten [m^3/s]

Resultaten history-nodes (grafieken, filmpje, exporteren naar .dbf of .csv mogelijk)
- waterdiepten of waterhoogten op het landoppervlak [m]
- watersnelheden in de x- en y-richting op het landoppervlak [m/s]
- debieten in de x- en y-riching op het landoppervlak [m^3/s]

Resultaten rastercellen (filmpje, handmatig exporteren naar .dbf of .csv mogelijk voor 1 aan te geven tijdstap)
- waterdiepten of waterhoogten op het landoppervlak [m]
- watersnelheden in de x- en y-richting op het landoppervlak [m/s]
- debieten in de x- en y-riching op het landoppervlak [m^3/s]

Waterbalans (per tijdeenheid)
- boundary flow [1000 m^3]
- berging [1000 m^3]
- volume water [1000 m^3]