

Historie van de waterbeheersing in de Nederlandse droogmakerijen

Algemeen

Bart Schultz

3

Droogmakerijen zijn polders die zijn ontstaan door het droogmaken van gebieden die voordien permanent onder water stonden. Voor zover kon worden nagegaan zijn er in Nederland 445 droogmakerijen met een gezamenlijke oppervlakte van 311.710 ha. Droogmakerijen kunnen worden ingedeeld in twee groepen.

De eerste groep wordt gevormd door de droogmakerijen die zijn ontstaan door het droogmaken van meren of gedeelten van de zee. Dit betreft 242 droogmakerijen met een totale oppervlakte van 227.010 ha. De tweede groep wordt gevormd door droogmakerijen waarbij meren of plassen zijn drooggelegd die waren ontstaan door vervening (turfwinning). Dit aantal bedraagt 203 met een totale oppervlakte van 84.700 ha. De oppervlakte per droogmakerij loopt uiteen van enkele hectaren tot bijvoorbeeld 54.000 ha voor Oostelijk Flevoland. Van de droogmakerijen is veruit het merendeel, te weten 412, kleiner dan 1000 ha. Slechts zes droogmakerijen zijn groter dan 5.000 ha.

De geschiedenis van de droogmakerijen kent een drietal perioden van grote activiteit, te weten de eerste helft van de 17de eeuw, het midden van de 19de eeuw en de 20ste eeuw. Deze perioden van grote activiteit zijn ten nauwste verbonden met nieuwe ontwikkelingen op technisch gebied, waaronder met name ontwikkelingen van de windmolens en de toepassing van de stoommachine.

De voornaamste reden die vaak de doorslag heeft gegeven tot het tot stand brengen van grote droogmakingsprojecten, was de schade die door overstromingen was aangericht. Daarnaast was er het directe voordeel van het verkrijgen van meestal uitstekende landbouwgrond. Een vijftal factoren wordt genoemd, waarvan de mogelijkheden tot droogmaking vooral afhankelijk zijn. Dit is beschikbaarheid van kapitaal, een stabiele politieke en economische situatie in het land, beschikking over goede technische hulpmiddelen, ondernemingsgeest en goede prijzen voor landbouwprodukten. De verveningen zijn vaak drooggemaakt, omdat dit in de voorwaarden voor de concessies verplicht was gesteld.

Het grondgebruik in de droogmakerijen was aanvankelijk vrijwel uitsluitend landbouw. Eerst bij de inrichting van Oostelijk Flevoland zijn direct na de ontginning ook andere bestemmingen in de vorm van stedelijke, recreatieve en natuurgebieden tot ontwikkeling gebracht. In een aantal droogmakerijen is gedurende de laatste veertig jaar een aanzienlijke wijziging in het grondgebruik opgetreden; vooral door stedebouw, tuinbouw, industrie en recreatieve voorzieningen, terwijl soms bijzondere bestemmingen zoals de luchthaven Schiphol in de Haarlemmermeer zijn ontwikkeld.

Hoofdelementen van de waterbeheersingssystemen in een droogmakerij

Het waterbeheersingssysteem van een droogmakerij bestaat allereerst uit het systeem voor het landbouwgebied. Daarnaast zijn voor subgebieden, zoals stedelijke gebieden, bossen en natuurgebieden, die al of niet voorkomen, verschillende systemen te onderscheiden. De waterbeheersingssystemen bestaan uit een ontwateringssysteem, een af-

wateringssysteem en een lozingssysteem. Hoofdelementen voor het systeem van het landbouwgebied zijn de afstand tussen en de diepteligging van de ontwateringsmidde-len, het polderpeil, het percentage open water en de bemalingscapaciteit.

Historisch overzicht

Waterbezwaar

De hoeveelheid water die uit een droogmakerij moet worden afgevoerd, en de bemalingscapaciteit die hiervoor benodigd is, worden in eerste instantie bepaald door het waterbezwaar. Onder het waterbezwaar wordt de hoeveelheid water verstaan die moet worden uitgeslagen, veroorzaakt door de neerslag. Het waterbezwaar kan vergroot worden door de kwel en eventueel door schutwater van sluizen, lekwater van waterbouwkundige constructies of ingelaten water.

Door evapotranspiratie of verdamping en in enkele droogmakerijen door wegzijging (negatieve kwel) wordt het waterbezwaar verminderd.

Meteorologische gegevens

Met betrekking tot de waterbeheersing van droogmakerijen is van de neerslag de hoeveelheid alsmede het verloop gedurende het jaar, de te verwachten hoeveelheden onder maatgevende omstandigheden en het gebiedsgrootte-effect van belang. De hoeveelheid neerslag en het verloop gedurende het jaar zijn vooral van belang voor het bepalen van de hoeveelheid water die jaarlijks door een bemalingsinstallatie moet worden uitgeslagen. De hoeveelheden onder maatgevende omstandigheden zijn van belang voor het bepalen van de afmetingen van het ontwaterings- en afwateringssysteem alsmede van de benodigde bemalingscapaciteit. Het gebiedsgrootte-effect speelt onder de Nederlandse omstandigheden alleen voor de grootste droogmakerijen een rol bij het bepalen van de afmetingen van de vaarten en de bemalingscapaciteit.

De oudste in ons land bekende neerslagreeks is die van Cruquius te Delft (1715-1725). Neerslagmetingen zijn voorzover bekend systematisch verricht sinds 1735 toen waarnemingen startten op het huis Zwanenburg van het hoogheemraadschap van Rijnland. Deze zijn voortgezet tot 1866. Vanaf 1848 worden neerslagmetingen door het KNMI verricht. De reeks van het huis Zwanenburg is tot aan het begin van deze eeuw eigenlijk de enige reeks geweest, waarop berekeningen konden worden gebaseerd. Verdampingsmetingen zijn bij het huis Zwanenburg vanaf 1743 verricht. Tot aan het begin van deze eeuw waren de verdampingsmetingen zeer onbetrouwbaar. Vanaf 1911 zijn min of meer betrouwbare reeksen verdampingsgegevens beschikbaar. Sinds 1840 worden meer systematisch windwaarnemingen verricht.

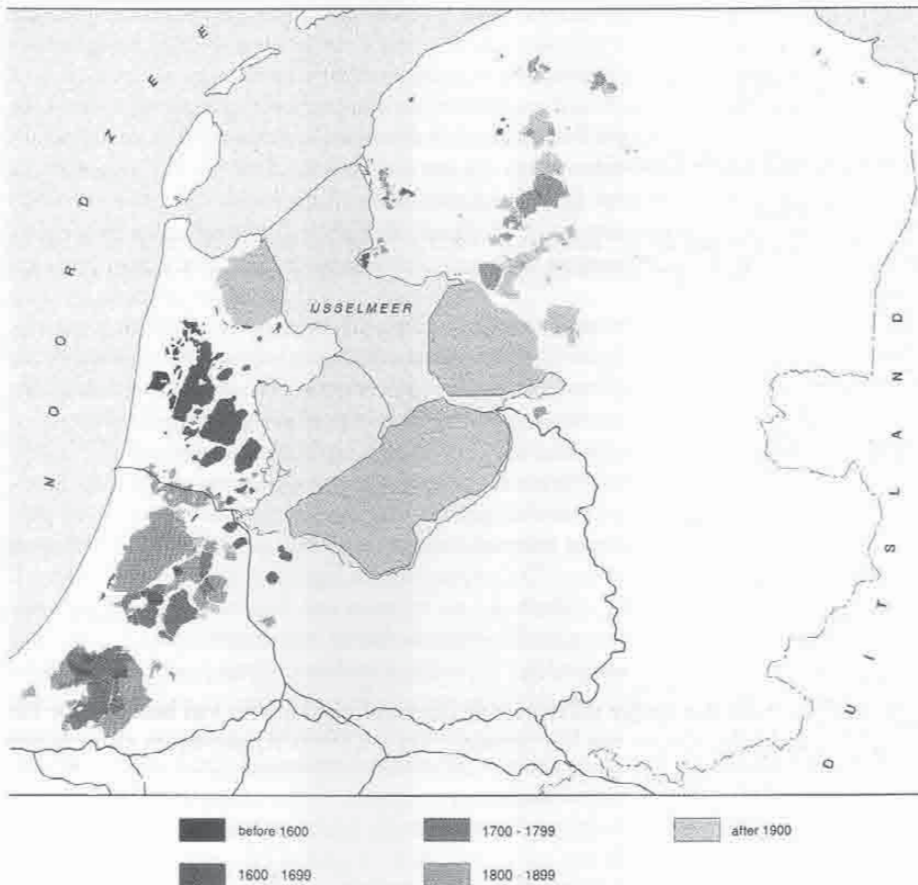
Bij de droogmakerijen die vóór ca 1750 zijn drooggemaakt (in totaal ca 39.600 ha) kon voor het ontwerp van het waterbeheersingssysteem dus niet over meteorologische gegevens worden beschikt. Daarna is tot het begin van de 20ste eeuw de reeks van het huis Zwanenburg eigenlijk de enige geweest waarvan bij het ontwerpen gebruik is gemaakt. Sinds het begin van de 20ste eeuw zijn voor het bepalen van het waterbezwaar uit neerslag- en verdampingsgegevens op uiteenlopende manieren maatgevende perioden geselecteerd. Sinds enkele decennia wordt gewerkt met regenduurlijnen.

Factoren, die bijdragen tot het waterbezwaar

De factoren die bijdragen tot het waterbezwaar kunnen verdeeld worden in: kwel, schut- en lekwater, waterlozingen en ingelaten water.

In de droogmakerijen kan de kwel een belangrijk gedeelte uitmaken van het totale waterbezwaar. Onderscheid kan worden gemaakt in dijkskwel en diepe kwel. Aangezien de kwel zeer moeilijk te meten is, zijn verschillende methoden en berekeningen ontwikkeld om haar langs indirecte weg te bepalen. De kwel bedraagt doorgaans minder dan 1 mm/dag. De hoogst gemeten waarde komt voor in de Bethunepolder, waar zij geraamd wordt op 20 mm/dag. De omvang van de kwel heeft doorgaans een beperkte invloed op de capaciteit van de bemalingsinstallatie, maar wel op de exploitatiekosten. Schut- en lekwater kunnen een bijdrage leveren aan het waterbezwaar in een droogmakerij. Het schutwater kan geschat worden door het geraamde aantal schuttingen per dag te vermenigvuldigen met de schutkolkinhoud, gemeten tussen binnen- en buiten-

Afb. 1. De Nederlandse droogmakerijen.



peil. Voor het bepalen van de hoeveelheid lekwater zijn enkele formules ontwikkeld. Ingelaten water heeft doorgaans weinig of geen invloed op het waterbezwaar, omdat het wordt ingelaten op momenten dat er een tekort is.

Bepalen van het waterbezwaar

Bij het ontwerpen van waterbeheersingssystemen voor droogmakerijen is allereerst het waterbezwaar van belang. Hierbij dienen te worden onderscheiden: waterbezwaar over een jaar; waterbezwaar onder maatgevende omstandigheden; invloed van subgebieden op het waterbezwaar.

De eerste berekening ter bepaling van het waterbezwaar over een jaar werd in 1844 gegeven door Simons en Greve in hun studie ten behoeve van het bepalen van de benodigde bemalingscapaciteit voor de Haarlemmermeer.

Het waterbezwaar over een jaar is nadien ook in een aantal gevallen bepaald met behulp van waterbalansberekeningen. Voor het bepalen van het waterbezwaar onder maatgevende omstandigheden zijn zeven methoden bekend. Deze methoden berusten op de neerslag of het neerslagoverschot gedurende een zekere natte periode. Oorspronkelijk werd een periode van een maand gebruikt. Geleidelijk aan is dat verminderd tot een periode van drie tot vijf dagen.

Ontwatering

De bodem in de droogmakerijen bestaat overwegend uit kleigronden. Na droogvallen treden in deze gronden veranderingen op die worden samengevat door het woord rijping. Hierdoor kunnen onder andere veranderingen optreden in de structuur en de doorlaatbaarheid. Door indroging tijdens en na de ontginning zullen de gronden inklinken. Het inklinkingsproces is vooral van belang voor het vaststellen van de polderpeilen. Daarnaast kan het ook een rol spelen bij de geschiktheid van de gronden voor verschillende bestemmingen. Door bovengenoemde processen, de effecten van het waterbeheersingssysteem en de landbouwkundige bewerkingen ontstaat na verloop van tijd een bodemprofiel dat voor de zwaardere kleigronden kan worden geschematiseerd in een gemeng-

de bovenlaag, waarin de landbouwkundige bewerkingen plaatsvinden. Daaronder bevindt zich een tussenlaag die een zuilen- en scheurenstructuur kent en aan de onderzijde wordt begrensd door een ongeaëreerde, zeer slecht doorlatende laag.

De grondwaterhuishouding is in droogmakerijen van veel belang voor de groei van de gewassen. Door de ondiepe grondwaterstand vindt een snelle reactie op de neerslag plaats. Metingen betreffende het functioneren van het ontwateringssysteem zijn eigenlijk pas in de laatste decennia verricht. Over het functioneren van dergelijke systemen is derhalve de minst feitelijke informatie beschikbaar. Wel is vroeger langs indirecte weg een aantal malen bepaald hoe groot de afvoer uit het ontwateringssysteem moet zijn geweest.

Normen voor ontwerpen en methoden voor berekeningen voor ontwateringssystemen zijn na ca 1930 ontwikkeld. De ontwateringsnormen hebben doorgaans betrekking op de diepte van de grondwaterstand. Bij de berekening wordt van een stationaire situatie uitgegaan, waarvan wordt aangenomen dat deze tot een zodanige keuze en aanleg van de ontwateringsmiddelen leidt dat de ontwatering voldoende gewaarborgd is.

Oorspronkelijk vond ontwatering plaats door middel van sloten en/of greppels. Sinds het begin van deze eeuw worden in droogmakerijen in toenemende mate drains toegepast. Greppels hebben een diepte van veelal niet meer dan 0,60 m. Zij kunnen liggen op afstanden van 8 à 20 m, of meer. De greppelbodem ligt op of boven het polderpeil. Greppels vereisen regelmatig onderhoud en vormen een belemmering bij de landbouwkundige exploitatie. Aanvankelijk zijn als drains in droogmakerijen gebakken buizen toegepast, gevolgd door gladde PVC-buizen en de nu algemeen toegepaste PVC-ribbelbuizen. Voor omhulling van de drains is in de loop der tijd een scala aan materialen toegepast. Onderscheid kan worden gemaakt in minerale, organische en synthetische omhullingsmaterialen. In oostelijk en zuidelijk Flevoland zijn drains zonder omhullingsmateriaal op grote schaal toegepast.

Afwatering

Het afwateringssysteem van een droogmakerij kan bestaan uit alle of enkele van de volgende onderdelen: vaarten, tochten, sloten en kunstwerken. Het afwateringssysteem heeft in principe een tweeledig doel, te weten waterberging en het voeren van water naar de gemalen. Daarnaast kan het onder andere dienst doen voor wateraanvoer, drinkwater voor vee, veekering en de grote waterlopen, ook voor de beroepsvaart en de recreatievaart. Voor de afwatering zijn de volgende aspecten van het afwateringssysteem vooral van belang: structuur van het systeem; polderpeil; percentage open water.

De tracés van de tochten en de vaarten worden beïnvloed door de hoogteligging van het maaiveld en door de plaats van de gemalen, die op haar beurt weer van de hoogteligging van het maaiveld afhangt.

De kavel is de elementaire bouwsteen van de inrichting van een droogmakerij. Een kavel is doorgaans een rechthoekig stuk land, aan de lange zijden begrensd door een sloot. Aan de ene korte zijde is de kavel doorgaans begrensd door een tocht, waarop de kavelsloten uitmonden en aan de andere korte zijde door een weg, waaraan de boerderijen liggen.

De breedte van de kavel wordt in hoofdzaak bepaald door de ontwatering van het land. Met name deze breedte is in de loop der tijden aan verandering onderhevig geweest. De meest economische kavelafmetingen zijn voor het eerst voor oostelijk Flevoland bepaald. Daarbij is voor de verschillende kavelgrootten het minimum bepaald aan investeringskosten en gekapitaliseerde jaarlijkse kosten per hectare, zowel voor de inrichting als voor het grondgebruik.

Betreffende het functioneren van het afwateringssysteem zijn meer waarnemingen verricht dan ten aanzien van het ontwateringssysteem. Het betreft doorgaans metingen aan het polderpeil, alsmede aan de overschrijdingen ervan. De waarnemingen zijn veelal verricht bij de gemalen of bij bruggen en sluizen. Veel van deze gegevens zijn gebruikt bij geschillen inzake de handhaving van het polderpeil. Verdere analyse heeft slechts bij uitzondering plaatsgevonden.

Door het verschil in gedrag van het ontwaterings- en afwateringssysteem is er doorgaans geen eenduidige relatie tussen beide systemen. Tot nu toe zijn daarom afwaterings- en ontwateringsnormen onafhankelijk van elkaar beschouwd, met dien verstan-

de dat normaal gesproken de afwatering geen belemmering mag vormen voor de ontwatering.

Afwateringsnormen zijn van oudsher gehanteerd, doordat eisen werden gesteld aan het polderpeil. Berekeningsmethoden zijn sinds het midden van de vorige eeuw toegepast. Zij hebben in de regel tot doel om te komen tot vaststelling van het polderpeil en overschrijdingen daarvan alsmede van het percentage open water.

Wateraanvoer is in de droogmakerijen door de lage ligging in de regel eenvoudig te realiseren. Doorgaans kan, afhankelijk van het doel, met doorspoeling ter verbetering van de waterkwaliteit of alleen wateraanvulling met aanpassingen van het afwateringssysteem worden volstaan.

Het afwateringssysteem in een droogmakerij is doorgaans afgestemd op de landbouwkundige exploitatie van de grond. De andere bestemmingen met name stadsuitbreidingen, industrieterreinen en kasgebieden – die vooral na de vijftiger jaren in een aantal droogmakerijen zijn gerealiseerd – vereisten enerzijds een eigen afwateringssysteem, anderzijds kon de in de regel snellere afvoer die hierdoor ontstond, aanpassingen in het afwateringssysteem in het landbouwgebied noodzakelijk maken. Bij stadsuitbreiding in oudere droogmakerijen zijn vaak gescheiden afwateringssystemen aangelegd die ieder rechtstreeks op het boezemwater worden bemalen.

Bemaling

Een bemalingsinstallatie bestaat uit een behuizing, een aandrijfwerktuig en een opvoerwerktuig. In droogmakerijen worden als aandrijfwerktuig windmolens, stoommachines, zuiggasmotoren, dieselmotoren en elektromotoren toegepast. De droogmakerijen zijn van 1533 tot ca 1875 voornamelijk door windmolens bemalen. De volgende molentypen kunnen worden onderscheiden: wipmolen, bovenkruier, windmotor, staartmolen en tjasker.

De eerste twee typen bemaalden relatief grote oppervlakten en de laatste drie typen relatief kleine. Van veel belang voor de bemaling van droogmakerijen is de molengang geweest, waarbij maximaal vier molens op een rij elkaar het water toemaalden. Bij de grootste op deze wijze bemalen droogmakerij, de Beemster (7.100 ha) zijn voor de droogmaking vijftien molengangen, van hoofdzakelijk drie windmolens, toegepast. De stoombemaling is zeer geleidelijk in droogmakerijen ingevoerd. De eerste toepassing vond plaats bij de Eerste Bedijking der Mijdrechtse Droogmakerij in 1794. Daarna zijn verschillende stoomgemalen geplaatst, maar altijd in combinatie met windmolens. De eerste droogmakerij die uitsluitend met een stoomgemaal is drooggemalen, was de polder van Nootdorp (1.138 ha) in 1848. Daarna heeft de stoombemaling zowel bij nieuwe droogmakingsprojecten als in de bestaande grotere droogmakerijen, geleidelijk de windmolens verdrongen. Vanaf het begin van deze eeuw zijn in toenemende mate dieselmotoren en elektromotoren toegepast. Tegenwoordig wordt het leeuwedeel van de droogmakerijen met elektromotoren bemalen. In de grotere droogmakerijen wordt doorgaans een gecombineerde diesel- en elektrische bemaling toegepast.

De volgende opvoerwerktuigen zijn of worden voor bemaling van droogmakerijen toegepast: scheprad, vijzel, zuigpomp, zuigperspomp, centrifugaalpompe en schroefpomp. Schepraderen zijn gedurende een aantal eeuwen de opvoerwerktuigen geweest voor de bemaling van droogmakerijen. In de loop der jaren zijn vele variaties en verbeteringen bedacht en uitgevoerd. Met schepraderen kon een opvoerhoogte worden gerealiseerd van maximaal 2 m. Als variant op het scheprad is op een aantal plaatsen het hellend scheprad toegepast. Vanaf ca 1650 zijn in de droogmakerijen meer en meer vijzels toegepast. Gekoppeld aan een windmolen kon hiermee een opvoerhoogte worden gerealiseerd van maximaal 5 m. Molengangen van vier schepradmolens konden hierdoor worden vervangen door gangen van twee vijzelmolens.

De zuigpomp en de zuigperspomp zijn slechts op zeer beperkte schaal toegepast, waarbij de toepassing van zuigpompen bij de droogmaking van het Haarlemmermeer natuurlijk wel van belang is geweest. Centrifugaalpompen worden toegepast vanaf omstreeks 1870 en schroefpompen vanaf 1915. Hiermee zijn alle benodigde opvoerhoogten te realiseren. De schroefpomp, en met name de centrifugaalpompe zijn tegenwoordig de meest toegepaste opvoerwerktuigen.

Bemalingsgegevens van windmolens zijn slechts sporadisch bekend. Wel zijn met diverse windmolens uitvoerige proeven genomen, waarbij de capaciteit werd vastgesteld. Sinds de invoering van de stoombemaling zijn bemalingsgegevens van vele gemalen verzameld. Vaak betreft het hier registratie van de maaluren, waaruit de uitgeslagen hoeveelheid water kan worden afgeleid. Analyse van bemalingsgegevens heeft slechts in beperkte mate plaatsgevonden.

Verskillende methoden zijn door de eeuwen heen gebruikt om de benodigde bemalingscapaciteit te bepalen. Over het algemeen waren deze methoden gebaseerd op de eis dat het neerslagoverschot in een bepaalde natte periode gedurende dezelfde periode kan worden uitgemalen. De benodigde bemalingscapaciteit kon bepaald worden op basis van het in te zetten aandrijfwerktuig en de transmissieverliezen.

Bij de windmolens komt dit er op neer dat deze een oppervlakte van maximaal 600 ha bemaalde. De benodigde bemalingscapaciteit bij stoombemaling werd veelal bepaald op 8 mm/dag. De huidige bemalingscapaciteit bedraagt doorgaans 10 tot 14 mm/dag. De capaciteiten kunnen vooral in de kleinere droogmakerijen hoger uitvallen.

8

Literatuur

- A. Greve en G. Simons, *Verhandelingen over de stormbemaling van polders en droogmakerijen. Nieuwe verhandelingen van het Bataafs Genootschap* Deel IX (Rotterdam 1844)
- E. Schultz, *Waterbeheersing van de Nederlandse droogmakerijen* (Delft 1992) (diss.)