NN31545.0202

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING
NOTA No. 202 d.d. 7 juni 1963

Een methode ter bepaling van de drooglegging ~~van de~~ beken bij de maatgevende afvoer

ir.J.Bon

BIBLIOTHEEK DE HAAF
Droevendaalsesteeg 3a
Postbus 241
6700 AE Wageningen

Inleiding

De beekgebieden liggen in ons land doorgaans in licht hellende zandgronden. Wordt op een gegeven moment besloten om een beek te reguleren door de bestaande loop te verbreden en te verdiepen, dan heeft men het doel voor ogen het regenwater sneller te kunnen lozen en een lagere grondwaterstand te verwezenlijken, hetgeen uit landbouwkundig oogpunt gewenst is. Deze gedachtengang is ontwikkeld in de poldergebieden die door drains en sloten worden ontwaterd. Het ontwateringssysteem is in een polder vrij intensief. Gemiddeld zijn om de 100 m brede diepe sloten aanwezig en soms liggen tussen de sloten nog drains. Door de grote maalcapaciteit van het gemaal heeft slechts een geringe fluctuatie van het polderpeil plaats, daar het gemaal direct na het begin van de regen op volle capaciteit kan afmalen. Door de grote maalcapaciteit blijft het polderpeil praktisch op een gelijk peil.

In een beekgebied zijn de grote leidingen te vergelijken met de sloten van een polder. De perceelslootjes zijn veelal zo ondiep en klein, dat deze als grotere greppels beschouwd kunnen worden. Deze dienen voornamelijk als perceelscheiding en om te verhinderen dat het land niet te lang dras komt te staan. De afstanden tussen de watervoerende leidingen is doorgaans zeer groot en varieert tussen de 1 à 3 km. De grondwaterstanden kunnen door deze grote afstanden als gevolg van de regen hoog oplopen voordat de afvoer zichtbaar verhoogd wordt. Doordat de sloten en greppels met grond- en regenwater gevuld worden stroomt dit water op verschillende punten naar de beek. Het beekpeil loopt hierdoor vrij snel op totdat deze zijn maximum waarde bereikt op het moment dat de toestromingscapaciteit vanuit het land en de sloten even groot is als de afvoercapaciteit van de leiding bij dit toppeil. Tijdens het oplopen van het beekpeil zal door de verkleining van het drukhoogteverschil tussen het beekpeil en het grondwaterpeil de grondwaterafvoer verminderen en het kleinst

86/0663/25

1787107

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0672 3411

zijn bij de hoogste beekstand. Daarna neemt de grondwaterafvoer weer toe door de daling van het beekpeil. In fijnzandige en lemige dichte gronden bereikt de grondwaterafvoer in het onderzochte gebied van de Lunterse beek nooit grotere waarden dan 3 à 4 mm per dag bij hoge grondwaterstanden. De afvoercapaciteit bij hoog waterafvoer van de beek kan echter waarden bereiken van 30 à 50 mm afhankelijk van het verhang in de beek, de natte doorsnede en de ruwheidsfactor.

De hoogte van de topafvoer wordt behalve door deze genoemde factoren voornamelijk ook veroorzaakt door de hoeveelheid van de toestromende watermassa per tijdseenheid uit de sloten en greppels, de hoogte van de grondwaterstand of de bergingscapaciteit van de grond en van de regenhoeveelheid en intensiteit. Zware slagregens zullen zelfs bij een matig diepe grondwaterstand het water sneller op de beek brengen dan een langdurige motregen van dezelfde hoeveelheid doordat een deel van het regenwater over het land via de sloten naar de beek stroomt.

Bij een afvoergolf is het verband tussen het hoge beekpeil en de grondwaterstand ook niet meer aanwezig (BON, Nota No.164). Wordt echter het hoge afvoerpeil door een te gering verhang of ruwheidsfactor te lang gehandhaafd, dan kan het grondwaterpeil ook niet snel genoeg dalen. Dit zal weer tot gevolg hebben dat schade aan de gewassen op kan treden.

Probleemstelling

De vraag is op welke diepte beneden het maaiveld de drooglegging van een beek bepaald moet worden opdat deze de toelaatbare afvoer kan verwerken.

Het onderzoek naar de toppen van het beekpeil en van de grondwaterstanden

Om een indruk te krijgen van de afvoercapaciteiten in een beek bij topafvoeren zal gebruikgemaakt moeten worden van zelfregistrerende beekpeil en grondwaterstandsmeters.

Een dergelijk onderzoek heeft plaatsgevonden in het stroomgebied van de Lunterse beek. In de beek waren twee beekpeilmeters geplaatst. De meetpunten waren aan de monding van het stroomgebied, meetpunt I, waarop 5740 ha afwatert en in het bovenstroomse gebied in de Overwoudse beek

aan de Postweg bij Lunteren, meetpunt IX. Hierop loost 500 ha. Op 100 m van dit meetpunt IX staat de grondwaterstandsmeter. De terreinhelling bedraagt in het benedengedeelte 1 : 1600 en in het bovengedeelte 1 : 400.

In regenloze tijden wordt de waterhoogte in de beek veroorzaakt door de grondwaterafvoer en staat dus in verband met de hoogte van het grondwater (BON, Nota No.164). Dadelijk na de regen stijgt zowel het beekpeil als het peil van het grondwater. Bij de afvoergolven is geen verband meer gevonden tussen het beekpeil en het grondwaterpeil. Tevens is uit eerder onderzoek gevonden dat bij hoge grondwaterstanden of bij sterke buien het beekpeil zelfs eerder steeg dan het grondwaterpeil, doordat oppervlakkige afstroming of versnelde afvoer uit de beek- en slootranden heeft plaatsgevonden (LUTHIN, 1955, MEIJERS en VAN BAVEL, 1963).

Na de regenbui daalt het beekpeil ook sneller en eerder dan het grondwaterpeil. Dit verschijnsel wijst op de grote afvoercapaciteit van de beek en de trage afvoer van het grondwater en nastromend slootwater van grote afstanden. Om van deze verschijnselen een beter inzicht te krijgen is een analyse gemaakt van de hoogte van de afvoergolven en de toppen van de grondwaterstanden. De waarnemingsperiode liep van augustus 1961 tot december 1962. Echter zijn gedurende de zomermaanden van 1962 geen afvoeren geanalyseerd, doordat de stuwen waren gesteld. De afvoeranalysen hebben betrekking op afvoeren bij geopende stuwen.

Hoewel de waarnemingstijd vrij kort is geweest en slechts weinig zeer hoge afvoeren zijn voorgekomen, kan geen frequentieverdeling van het voorkomen van hoge peilen worden gegeven. Toch geven deze weinige waarnemingen een indruk van de tijdsduur van de toppeilen in de beek en van het grondwater. Van een aantal buien werd nagegaan tot welke hoogte het beekpeil beneden de insteek is gestegen en hoe lang deze hoogte gehandhaafd bleef. Van de grondwaterstanden werd eveneens nagegaan hoe hoog het grondwater door dezelfde buien steeg en hoe lang dit hoge peil gehandhaafd bleef. In de figuren 1 en 2 zijn de tijdstijghoogte-lijnen van de buien zodanig getekend, dat de begintijden van het hoogste beekpeil gelijk vallen. Figuur 1 heeft betrekking op de peilen die geregistreerd zijn van de eindafvoer van de Lunterse beek, meetpunt I en figuur 2 heeft betrekking op de afvoer van het meetpunt IX in de Overwoudse beek. De figuur 3 geeft een beeld van de hoogte van het grondwaterverloop op 100 m van het meetpunt IX.

Uit de waargenomen afvoergolven en grondwaterhoogten kon een indruk verkregen worden tot welke hoogten de peilen opliepen. Aan de hand hiervan werden, uitgaande van vaste meetpunten, enige peilen aangenomen en nagegaan hoe lang een bepaalde afvoergolf die aangenomen peilen overschreden. Zo werd op het meetpunt I(eindafvoer) het peil van 1,50 m beneden het vaste meetpunt op een brug als hoogwaterlijnen (HW-lijn) aangenomen en het punt van 1,00 m beneden het meetpunt als hoog-hoogwaterlijn (HHW-lijn) aangenomen. Het maaiveld bleek 57 cm beneden het vaste punt te liggen en de HW- en HHW-lijn op respectievelijk 93 en 43 cm - mv.

Voor het meetpunt IX ligt het maaiveld even hoog als het meetpunt. Als niveau van de HW-lijn en de HHW-lijn werden hier gekozen een peil van respectievelijk 1,00 m en 0,75 m beneden maaiveld gekozen.

Voor de grondwaterdiepte werd teneinde een vergelijking met het beekpeil te kunnen maken ook een HW- en HHW-lijn aangenomen en wel 0,25 m en 0,0 m beneden maaiveld.

Het onderzoek naar de tijdsduur van de afvoertoppen en de toppen van het grondwater

In de figuur 4 werden de tijds uren van de top van de geregistreerde afvoergolven uitgezet tegen de hoogte beneden het maaiveld. Wat het grondwater betreft werden de tijdsuren van de toppen ook tegen de hoogte ten opzichte van het maaiveld uitgezet.

Links in deze figuur zijn de punten van het bovenstroomse gebied, meetpunt IX, met kruisjes aangegeven. Het blijkt dat de maximale duur waarop een top zich handhaaft aan een limiet is gebonden en wel zodanig, dat de duur van het toppeil korter wordt naarmate het peil hoger oploopt. Deze limiet van de duur van het toppeil wordt weergegeven door de omhullende streeplijn. Tevens is hier de aangenomen HW- en HHW-lijn aangegeven waarbij blijkt dat slechts de twee extreem hoge decemberafvoertoppen van 1961 boven de HHW-lijn van 0,75 m beneden maaiveld zijn uitgekomen.

Voor de eindafvoer zijn de topduren met stippen aangegeven. Ook hier is een limietslijn getrokken. Van de december-afvoertoppen van 1961 valt de hoogste top buiten deze lijn. De topduur bedroeg 6 uur bij een hoogte van 9 cm beneden de insteek. Zeer waarschijnlijk heeft hier opstuwing in het Valleikanaal plaatsgehad. Niet alleen kon de top hoger oplopen dan

bij vrije afvoer; zonder stuwing maar ook de tijdsduur werd door de opstuwing vergroot.

Uit beide limietslijnen blijkt, dat hoe hoger een top stijgt, des te korter de tijdsduur ervan bedraagt. Voor de bovenloop was de maximaal geregistreerde top 61 cm beneden de insteek gedurende een ½ uur. In een groter stroomgebied, waarbij afvlakking van de top optreedt door de vertraging in de toestroming van het water van de randen van het stroomgebied naar het lozingspunt, duurt de hoogste topafvoer ongeveer 3 uur bij een hoogte van 25 cm beneden de insteek.

Voor de grondwaterstand bij het meetpunt IX worden veel langere tijdsduren van het toppeil waargenomen. De limietslijn snijdt de HHW-lijn die gelijk is aan het maaiveld, bij een tijdsduur van 17 uur. Uit landbouwkundig oogpunt zou de thans aangenomen HW-lijn van 25 cm - m.v., beter als HHW-lijn kunnen worden beschouwd.

Om het geheel van deze waarnemingen overzichtelijker samen te vatten, is in tabel 1 een overzicht gegeven van de tijdsduur waarmee de beken en het grondwater de gekozen HHW- en HW-lijnen hebben overschreden.

Tabel 1

Overschrijdingsduur voor de beekstanden in uren van de HHW- en HW-lijn op de meetpunten I en IX en van de grondwaterstand 100 m van IX in de jaren 1961-1962

Datum	Meetpunt I		Meetpunt IX		Grondwater	
	HHW 83-m.v.	HW 93-m.v.	HHW 75-m.v.	HW 100-m.v.	HHW m.v.	HW 25-m.v.
1961 21/8	-	-	-	21	-	57
7/9	-	22	-	0	-	57
25/10	-	26	-	11	-	123
30/11	45	92	10	81	132	408
5/12	20	165	5	33	↓	↓
12/12	-	27	-	16	-	↓
1962 11/1	-	16	-	6	-	168
22/1	-	36	-	19	-	159
25/1	-	44	-	18	-	↓
5/2	-	29	-	21	-	96
8/4	-	25	-	-	-	112
16/12	-	35	-	24	26	118
21/12	-	19	-	11	-	↓

Niet alleen blijkt, dat een snel reagerend klein stroomgebied in de bovenloop kortere tijden van hoogwater weergeeft dan een groot stroomgebied, maar het duidelijke verschil in gedrag tussen het beekpeil en de grondwaterstand bij topafvoeren komt wel tot uiting.

Het beekpeil op meetpunt IX gaf gedurende een ½ uur een top bij 61 cm - m.v., De HHW-lijn op 75 cm - m.v. werd in de totale waarnemingstijd 15 uur overschreden, terwijl het grondwater zeer laag n.l. 132 uur boven m.v. bleef staan. Een vergelijking van de figuren 2 en 3 geven ook aan dat in een beek het basispeil bijna weer bereikt is als het grondwater nog zeer hoog staat. Wanneer het grondwater boven de 25 cm beneden maaiveld komt, duurt het dagen voordat het weer onder dat niveau daalt.

De voor beken bepaalde drooglegging is tot nu toe gebaseerd op het verband tussen de grondwaterdiepte en het beekpeil. Tijdens de buienafvoer is dit verband niet aanwezig, zoals uit de figuren 1 tot en met 3 blijkt en in tabel 1 tot uiting komt. De hoogte van een golftop wordt zoals reeds is gezegd bepaald door de hoeveelheid, intensiteit en duur van de regen, de mate van uitdroging van de grond en de grondwaterstand, de toevoersnelheid van het slootwater en het profiel van de beek, het verhang en de wandruwheid.

De drooglegging of HHW-lijn zal dus voor een bepaald beekprofiel zodanig gekozen dienen te worden, dat de toelaatbare topafvoer deze waarde zeer zelden overschrijdt. In de praktijk wordt deze diepte vastgesteld op 50-80 cm, ofschoon 100 cm ook voorkomt. Is de beek betrekkelijk smal, en is de drooglegginsdiepte goed gekozen, dan zal de beek vrij diep moeten zijn om de toelaatbare afvoer mogelijk te maken. Bij droog weer zal de ontwatering wel eens te diep kunnen blijken. Wordt de beek breed uitgevoerd, dan zal de fluctuatie tussen hoog en laag water kleiner zijn dan in een smalle beek. Uitgaande van de aangenomen ontwateringsdiepte zal de totale diepte van de beek dan ook geringer zijn dan bij een te smal uitgevoerde beek.

Daar nu gebleken is dat de tophoogte van een afvoergolf niet door de grondwaterstand tijdens de bui wordt bepaald, maar veel meer door de aanvoersnelheid van het water uit de sloten, dat grotendeels afkomstig is uit de snelle aanvoer uit de randen van de sloten en van het oppervlak, is het voldoende dat de HHW-lijn ongeveer 10 à 20 cm beneden de insteek blijft in een meer hellend gebied en ongeveer 20 à 30 cm in een vrij

vlak gebied. Deze topafvoer die de HHW-lijn bereikt blijft in een meer hellend gebied zeer kort bestaan en in een meer vlak gebied wat langer.

Met dit onderzoek zou men kunnen besluiten om het dwarsprofiel van een beek zodanig te ontwerpen dat de maatgevende afvoer een peil bereikt van 10 à 30 cm onder de insteek, afhankelijk van het verval in de beek en de wandruwheid. De laagwater-lijn, die gevormd wordt door de basisafvoer in regenloze perioden kan zodanig ontworpen worden dat geen verdroging en ook geen wateroverlast zal optreden. Want in regenloze tijden bestaat wel het verband tussen de grondwaterdiepte en het peil van de basisafvoer in de beek.

Het beekpeil van een afvoergolf blijft slechts kort bestaan om daarna snel te dalen. Afhankelijk van het toppeil en de helling van de op en neergaande flanken van de afvoergolf, daalt het waterpeil veelal binnen 24 uur reeds 40 à 50 cm en wordt het basispeil in ongeveer twee dagen weer bereikt.

Door deze wijze van analyseren van beekpeilen zou door het ongeveer 50 cm hoger vaststellen van de drooglegging op meetpunt IX, 40 à 50 cm minder diep gegraven te worden, hetgeen ruim 1 m^3 per strekkende meter zou uitsparen.

Uit de geregistreerde extreem hoge afvoeren van december 1961 op de meetpunten I en IX blijkt dat:

1. nog geen inundatie was opgetreden
2. de hoogste beekstand op het meetpunt I 9 cm beneden maaiveld was
3. de hoogste beekstand op het meetpunt IX 61 cm beneden maaiveld was

Met het oog op de drooglegging bij zeer hoge afvoeren is het profiel op het meetpunt I ondanks de waarschijnlijk opgetreden opstuwing vrij juist bepaald. Op het meetpunt IX is de drooglegging groter dan nodig zou zijn.

In de 10 à 30 cm ruimte tussen het maaiveld en de drooglegingsdiepte kan een zeer grote extra afvoer van 5 à 10 mm worden opgevangen. Mochten de randen van de beken zelfs bij extreem hoge afvoeren over grotere lengten worden geinundeerd, dan kunnen deze stroken al spoedig enkele ha beslaan. Hierdoor ontstaat een zeer vergroot bergingsvolume, dat het hoogste deel van de topafvoer gedurende de korte tijd kan opnemen. Deze lage stroken of een laaggelegen perceel grasland zou dan als tijdelijke bergboezem kunnen optreden.

Literatuurlijst

BON, J. Het onderlinge verband tussen de grondwaterdiepte, de afvoer en de neerslag.
I.C.W.Nota No. 164, 1962.

LUTHIN, James N. and Paul R.DAY. Lateral flow above a sloping water table.
Soil Science Society of Am. proc. 1955.

MYERS, L.E. and C.H.M.VAN BAVEL. Measurement and evaluation of water table elevations. Intern. Comm. on irrigation and drainage.
Vth Congres Tokio, 1963.