

Fred Braggenji

Rapport

inzake DIWA-berekening voor de huidige
situatie van de Hierdense beek

Dossiernr.: 10398

WV200

Heerenveen,
maart 1991

Opdrachtgever:

Het dagelijks bestuur van het
Waterschap Noord-Veluwe
Postbus 20
8080 AA ELBURG



District Noord
Koningin Wilhelminaweg 1
Postbus 24
8440 AA Heerenveen
Tel.: 05130-34567
Fax: 05130-33353

District Zuid
Beneluxweg 7
Postbus 40
4900 AA Oosterhout
Tel.: 01620-87000
Fax: 01620-51141

**afd. Milieutechnologie
en -laboratoria**
Driehuizerkerkweg 138
Driehuis, (N-H)
Postbus 439
1970 AK IJmuiden
Tel.: 02550-34734
Fax: 02550-36128

Hoofdkantoor
Koningin Wilhelminaweg 11
Postbus 24
8440 AA Heerenveen
Tel.: 05130-34567
Fax: 05130-33353

District Midden
Wisselweg 1
Postbus 10044
1301 AA Almere-Stad
Tel.: 03240-96411
Fax: 03240-38189

District West
Marconistraat 16
Postbus 6549
3002 AM Rotterdam
Tel.: 010-4255277
Fax: 010-4256766

Laboratorium
Maerlant 13
Postbus 1011
8200 BA Lelystad
Tel.: 03200-97189
Fax: 03200-28459

Inhoud:

		Blz.
1	Inleiding	1
2	Uitgangspunten	2
3	Berekeningen	4
4	Resultaten berekeningen	5
4.1	Overlastpunten bij 100% van de maatgevende afvoer	5
4.1.1	Hoofdbeek	5
4.1.2	Zijbeken	7
4.2	Overlastpunten bij 50% en 25% van de maatgevende afvoer	9
5	Samenvatting resultaten en conclusies	11
6	Oplossingsrichtingen	13
6.1	Algemeen	13
6.2	Gevolgen voor natuur en landbouw per oplossingsrichting	14
6.2.1	Oplossingsrichting 1: overstromingen accepteren	14
6.2.2	Oplossingsrichting 2: profielveranderingen	17
6.2.3	Oplossingsrichting 3: verplaatsen van overstromingen	20
6.2.4	Andere toepassingsmogelijkheden	21

Literatuurlijst

Bijlage:

1	Knooppunten met een drooglegging van 0 tot 0,20 m bij 50%, respectievelijk 25% van de maatgevende afvoer
----------	---

Kaarten:

10398-S-1	Situatie
10398-S-2	Situatie
10398-W-1	Watervoerendheid in een gemiddeld jaar
10398-W-2	Watervoerendheid in een gemiddeld jaar

Inleiding

In vervolg op de inventarisatie van de bestaande situatie voor het stroomgebied van de Hierdense beek is door het Waterschap Noord-Veluwe aan Ingenieursbureau 'Oranjewoud' B.V. een vervolgopdracht gegeven voor het opstellen van het Beheer- en Onderhoudsplan voor de Hierdense beek.

Doel van deze vervolgopdracht is de analyse van de huidige waterstaatkundige situatie met behulp van het programma DIWA. Op basis van de resultaten van deze analyse zijn globale oplossingsrichtingen aangegeven, alsmede de mogelijke consequenties hiervan voor landbouw, natuur en landschap.

De opbouw van het rapport is als volgt:

- In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de uitgangspunten voor de berekeningen;
- In hoofdstuk 3 worden de uitgevoerde berekeningen beschreven;
- Hoofdstuk 4 geeft de resultaten van de berekeningen weer;
- In hoofdstuk 5 worden de resultaten samengevat en op basis hiervan conclusies getrokken;
- Hoofdstuk 6 geeft voor de knelpunten mogelijke oplossingsrichtingen, alsmede de mogelijke gevolgen hiervan voor landbouw, natuur en landschap.

Tot slot is een literatuurlijst opgenomen.

Uitgangspunten

De huidige situatie is doorgerekend met het programma DIWA. Om de DIWA-berekening te kunnen maken heeft het programma onder andere gegevens nodig van dwarsprofielen, kunstwerken en eventueel van lengteprofielen. Tevens heeft het programma afwaterende oppervlakten en afvoercoëfficiënten nodig.

De beken zijn opgedeeld in leidingvakken. De knooppuntsnummers van deze leidingvakken zijn aangegeven op de kaarten 10398-S-1 en S-2. Op deze tekening zijn ook de letteraanduidingen aangegeven van de op de leidingvakken afstromende gebieden.

Door de Provincie Gelderland zijn opnamen gedaan en tekeningen gemaakt van de bestaande dwarsprofielen en van het lengteprofiel van de beek en haar zijbeken. Van het lengteprofiel zijn alleen bodempunten opgenomen. Daarnaast zijn door het Waterschap dwarsprofielen en kunstwerken van enkele zijbeken ten zuiden van Speuld opgenomen.

De tekeningen met dwarsprofielen en lengteprofielen hebben als uitgangspunt gediend voor de invoer voor het programma DIWA. De gegevens van deze tekeningen zijn bewerkt en in de computer ingevoerd. Een verder uitgangspunt van de berekening is de situatie van de Hierdense beek in 1990. Dit houdt in dat reeds uitgevoerde aanpassingen aan waterlopen en kunstwerken zijn meegenomen.

De debieten in de verschillende leidingvakken zijn bepaald door de oppervlakte van het op het leidingvak afwaterende gebied te vermenigvuldigen met de afvoercoëfficiënt. Voor de bepaling van de afvoercoëfficiënten is uitgegaan van de coëfficiënten, zoals deze in het overleg van het Waterschap met de Landinrichtingsdienst en de Provincie Gelderland zijn afgesproken, namelijk voor:

- Cultuurgronden met zichtbare afwatering : 1 l/sec/ha;
- Cultuurgronden zonder zichtbare afwatering : 0,5 l/sec/ha;
- Hei- en bosgronden met zichtbare afwatering : 0,75 l/sec/ha;
- Hei- en bosgronden zonder zichtbare afwatering : 0,35 l/sec/ha.

De gebieden met zichtbare en niet zichtbare afwatering zijn ontleend aan de door het Waterschap bij schrijven van 14 mei 1990 verstrekte kaart. De op deze kaart aangegeven grens komt niet altijd overeen met de Waterschapsgrens. De hei- en bosgronden zijn ontleend aan de topografische kaarten.

Daarnaast is bij de bepaling van de afvoercoëfficiënten rekening gehouden met kwel en wegzijging in de door het Waterschap bij schrijven van 14 mei 1990 aangegeven gebieden.

Het gedeelte van de beek tussen de Zwolse Weg en de spoorlijn ligt in een wegzijgingsgebied. Voor dit bosgebied is de afvoercoëfficiënt op nul gesteld. Verder is in dit beekgedeelte geen rekening gehouden met extra wegzijging uit de beek, omdat deze wegzijging in verhouding tot de maatgevende afvoer nihil of zeer gering zal zijn.

Bij de basisafvoer kan deze wegzijging een belangrijk deel van de afvoer uitmaken. De basisafvoer is de trage afvoer, dat is dat deel van de afvoer dat als gevolg van langdurige berging pas na geruime tijd tot stand komt. De berging kan eerst plaatsvinden in de bodem, in meren, in de vorm van sneeuw, enz. (CHO, 1986).

Berekeningen

Met het programma MOBES (Model Bestaand) zijn de dwarsprofielen gemodelleerd. Per dwarsprofiel zijn twee leidingvakken gemaakt. Uit de ingevoerde gegevens van de dwarsprofielen zijn door het programma MOBES de bodembreedte, de bodemhoogte, de taludhellingen en de maaiveldshoogte bepaald. Deze gegevens zijn weggeschreven naar de inputfile voor het programma DIWA (Dimensionering Waterlopen).

De maaiveldshoogte voor de berekening van de drooglegging is de hoogte benedenstrooms van het betreffende leidingvak (onder drooglegging wordt het verschil tussen de waterstand in de watergang en de hoogte van het maaiveld verstaan). Deels is deze hoogte gelijk aan een punt van het dwarsprofiel en deels is deze hoogte bepaald door rechtlijnige interpolatie tussen twee dwarsprofielen. Dit laatste is gedaan, omdat in de lengteprofielen geen maaiveldshoogten zijn opgenomen, doch uitsluitend bodemhoogten. De bodemhoogte aan het begin en het einde van een leidingvak zijn bepaald uit de gegevens van de lengteprofielen.

De inputfile voor het programma DIWA is aangevuld met de bodemhoogten boven- en benedenstrooms van een leidingvak, alsmede met de oppervlakte van de afwaterende onderdelen en de bijbehorende afvoercoëfficiënten.

Met het programma MOBES zijn verder de gegevens van de opgenomen kunstwerken bewerkt en weggeschreven naar de inputfile voor het programma DIWA.

Het programma DIWA berekent debieten, waterstanden, stroomsnelheden en droogleggingen voor een stationaire niet-éénparige beweging. Het programma houdt geen rekening met verandering van het debiet in de tijd en met de berging in het profiel of op het maaiveld. De berekeningen zijn voor een drietal situaties uitgevoerd, namelijk:

- Voor 100% van de maatgevende afvoer, dit is de afvoer die gemiddeld circa 1 à 2 dagen per jaar wordt bereikt of overschreden;
- Voor 50% van de maatgevende afvoer, dit is de afvoer die gemiddeld circa 10 à 20 dagen per jaar wordt bereikt of overschreden;
- Voor 25% van de maatgevende afvoer, dit is de afvoer die gemiddeld circa 60 à 80 dagen per jaar wordt bereikt of overschreden.

De DIWA-berekening gaat, afhankelijk van de door te rekenen situatie, bij elk punt in de berekening uit van 25%, 50% of 100% van de maatgevende afvoer. Zij houdt geen rekening met tijdelijke berging bij overstromingspunten onderweg, die het gevolg kunnen zijn van te kleine profielen van de watergangen of van de kunstwerken. Dit betekent dat de oplossing van een knelpunt (overstromingspunt) onderweg bij de DIWA-berekening dan ook geen verhoogde afvoer benedenstrooms tot gevolg heeft.

[geen berging!]

Overlastpunten bij 100% van de maatgevende afvoer

De plaatsen waar de beek volgens de DIWA-berekening bij 100% van de maatgevende afvoer buiten haar oevers treedt, alsmede de plaatsen waar de drooglegging (het hoogteverschil tussen het peil in de watergang en de hoogte van het maaiveld) langs de beek minder dan 0,20 m is, zijn aangegeven op de kaarten 10398-S-1 en S-2.

De maatgevende afvoer is de afvoer welke gemiddeld éénmaal per jaar wordt bereikt of overschreden. Bij afvoeren, welke gemiddeld minder dan éénmaal per jaar worden overschreden kunnen de op tekening aangegeven plaatsen met een drooglegging van 0-20 cm eveneens overstroomd worden. In het rapport is verder aangegeven op welke trajecten stroomsnelheden van 0,50 m/s en hoger voorkomen. Deze stroomsnelheid is voorlopig aangenomen als de snelheid waarboven gevaar voor uitschuring en sedimenttransport aanwezig is. Bij verdere uitwerking van het plan zal de toelaatbare stroomsnelheid definitief vastgesteld moeten worden.

Hoofdbeek

Gedeelte langs de provinciale weg bij Meerveld tot de stuw (knooppunt 10 - 500)

In de waterlopen komen volgens de berekening enkele plaatsen voor met stroomsnelheden boven 0,50 m/sec. Deze hoge snelheden komen in dit gedeelte van de beek vaak voor op plaatsen waar het bodemverhang plotseling steiler wordt en op plaatsen waar een smal dwarsprofiel overgaat in een breed profiel met geringe waterdiepte. In werkelijkheid zullen de overgangen meer geleidelijk gaan en zullen ook de stroomsnelheden minder grote verschillen te zien geven.

In de duiker in leidingvak 270 - 340 komen hoge stroomsnelheden voor. Door deze hoge stroomsnelheden kan de bodem van de beek benedenstrooms van de duiker uitschuren, hetgeen weer gevolgen kan hebben voor de stabiliteit van de duiker.

Op een aantal plaatsen treedt de beek bij 100% van de maatgevende afvoer buiten haar oevers. De plaatsen waar dit voorkomt komen goed overeen met de plaatsen zoals die bij de inventarisatie naar voren zijn gekomen. Aansluitend hieraan komen gedeeltes voor waar de drooglegging minder dan 20 cm is. Op enkele korte gedeeltes na treedt de beek tussen knooppunt 340 en knooppunt 500 buiten de oevers of heeft een drooglegging van minder dan 0,20 m.

Gedeelte vanaf de stuw (knooppunt 500) tot knooppunt 1070, alsmede gedeelte knooppunt 650 tot knooppunt 780 (bovenloop)

In een groot gedeelte van de beek komen stroomsnelheden voor boven 0,50 m/sec. Deels wordt dit veroorzaakt door oorzaken als in paragraaf 4.1.1 gesteld, doch vooral in het benedenstroomse gedeelte ook door de geringe afmetingen van de beek.

In een aantal kunstwerken in het benedenstroomse gedeelte tussen knooppunt 910 en 1010 komen bij maatgevende afvoer zeer hoge snelheden voor. De opstuwing van deze kunstwerken is daardoor ook hoog, hetgeen weer invloed heeft op de drooglegging bovenstrooms van deze kunstwerken.

In het benedenstroomse gedeelte tussen knooppunt 910 en 1070 treedt de beek plaatselijk buiten haar oevers. Vooral tussen knooppunt 1010 en 1070 komt veel water op het maaiveld te staan.

In het gedeelte tussen knooppunt 1060 en 1070 wordt dit mede veroorzaakt doordat plaatselijk de drooglegging is bepaald ten opzichte van het maaiveld dat ter plaatse door de daar aanwezige parallelsloot wordt ontwaterd. Deze parallelsloot is benedenstrooms van de stuw bij knooppunt 1080 op de beek aangesloten. Deze sloot is echter niet in de berekeningen opgenomen.

Tussen de hoofdbeek en de parallelsloot ligt een kade. Deze kade overstroomt bij maatgevende afvoer, waardoor ook het op de parallelsloot afwaterende gebied overstroomt. Bij afvoeren kleiner dan 100% van de maatgevende afvoer is de situatie minder ernstig.

Direct bovenstrooms van knooppunt 940 staat bij 100% van de maatgevende afvoer veel water op het maaiveld.

In de inventarisatie is het gedeelte tussen knooppunt 940 en 1010 aangegeven als een gedeelte waar de beek bij maatgevende afvoer buiten haar oevers treedt. Uit de berekening blijkt echter dat de beek hier net niet buiten haar oevers treedt (drooglegging 0 - 5 cm). Dit betekent evenwel dat bij afvoeren groter dan 100% van de maatgevende afvoer hier overstroming plaats kan vinden.

Bovenstrooms van knooppunt 640 zou ook een gedeelte van de beek buiten haar oevers treden. Ook dit blijkt niet uit de berekeningen.

Hiervoor zijn twee oorzaken aan te wijzen:

- De benedenloop is recent aangepast, dat wil zeggen de taluds zijn onder profiel gebracht;
- De kruinhoogte van de stuw op knooppunt 500 ligt in de berekening op N.A.P. + 19,85, waardoor circa 1/3 deel van het debiet bovenstrooms van de stuw wordt afgevoerd via de bovenloop. De benedenloop wordt hierdoor ontlast.

Gedeelte hoofdbeek tussen knooppunt 1070 en het Veluwemeer

In dit gedeelte van de beek komen bij 100% van de maatgevende afvoer stroomsnelheden hoger dan 0,50 m/sec voor. Ook komen hoge stroomsnelheden voor in de kunstwerken. Volgens de berekening treedt de beek in dit gedeelte op enkele plaatsen buiten haar oevers, onder andere is dit het geval direct boven de stuw bij knooppunt 1330.

In het gedeelte tussen knooppunt 1070 en 1250 treedt de beek volgens de inventarisatie op een plaats buiten haar oevers. In 1989 is dit knelpunt verbeterd.

Volgens de berekening komen in het gedeelte tussen knooppunt 1330 en het Veluwemeer geen inundaties van het aanliggende terrein voor. Op basis van de inventarisatie is dit wel het geval, vooral bij de camping bovenstrooms van knooppunt 1340 staat het maaiveld regelmatig onder water. Volgens de berekeningen is de drooglegging langs dit beekgedeelte over een grote lengte minder dan 20 cm.

Zijbeken

Zijbeek van Den Broekeld (tussen knooppunt 20 en 40)

Het benedenstroomse gedeelte van deze beek is aangepast. Bovenstrooms van dit gedeelte ligt een duiker, die als bodemval dienst doet.

Zijbeken van het Kroondomein en van het Uddelermeer (knooppunt 50 en 130)

Op enkele plaatsen in deze leidingvakken komen bodemvallen en enkele hooggelegen duikers voor.

In leidingvak 70 - 80 hebben enkele bovenstrooms gelegen duikers bovendien geringe afmetingen. Deze duikers zijn berekend op het debiet van het gehele leidingvak, waardoor een hoge opstuwung in deze duikers ontstaat. Als gevolg hiervan komt bovenstrooms volgens de berekening een gedeelte voor met een drooglegging van minder dan 20 cm. Door deze berekeningswijze is dit op meer plaatsen aan het begin van waterlopen aan de orde. In de praktijk doet zich dit niet voor. Op de kaarten zijn deze plaatsen dan ook niet aangegeven.

De duiker onder de provinciale weg geeft een opstuwung van circa 21 cm. Tengevolge van de lage ligging van het maaiveld langs de waterloop vanaf het Uddelermeer komt bovenstrooms het water op het maaiveld te staan.

De drooglegging is bepaald ten opzichte van een laaggelegen punt van het dwarsprofiel bij het Uddelermeer. Ook bij 50% van de maatgevende afvoer staat daardoor water op het maaiveld (zie paragraaf 4.2). In werkelijkheid zal dit bij 50% van de maatgevende afvoer waarschijnlijk niet plaatshebben.

Zijbeek van het Blekemeer (zuid) (knooppunt 170 en 220)

Enkele duikers in deze zijbeek liggen onder een sterk verhang. In deze duikers komen hoge snelheden voor, hetgeen gevolgen kan hebben voor de waterloop benedenstrooms van de duiker en omgekeerd. Mogelijk is de op het lengteprofiel aangegeven benedenstroomse hoogte van de duiker reeds ontstaan door verzakking van het laatste duikerelement.

Benedenstrooms van het leidingvak 200 - 210 treedt de beek buiten haar oevers, terwijl in het bovenstroomse gedeelte van dit leidingvak een minimale drooglegging voorkomt. De drooglegging is gebaseerd op een zeer laaggelegen punt van het dwarsprofiel nabij de Uddelermeerweg. Als gevolg hiervan en de hoge ligging van de duiker net voor de weg, alsmede de bodemhoogte van de waterloop ter plaatse, vindt ook bij 50% van de maatgevende afvoer inundatie plaats (zie paragraaf 4.2).

Zijbeek van het Blekemeer (noord) (knooppunt 230 en 270)

In deze beek komen veel hooggelegen duikers en duikers met een sterk verhang voor, hetgeen hoge snelheden in de duikers geeft. Uit waarnemingen van het Waterschap komen benedenstrooms van knooppunt 250 waterstanden tot in het maaiveld voor.

Zijbeek van het dorp Uddel (knooppunt 280 en 340)

In deze zijbeek liggen enkele hooggelegen duikers en duikers met een sterk verhang. In deze duikers komen vaak hoge snelheden voor en geven een grote opstuwung.

Tussen knooppunt 330 en de hoofdbeek kan de zijbeek plaatselijk buiten haar oevers treden door de hoge ligging van de bodemhoogte van de waterloop ten opzichte van het laagste punt van het dwarsprofiel. Bovenstrooms van knooppunt 330 is de drooglegging overal groter dan 20 cm bij 100% van de maatgevende afvoer.

Zijbeek van het Uddelerveen (knooppunt 350 en 440)

In de duikers treden soms hoge snelheden op. De beek treedt bij 100% van de maatgevende afvoer niet buiten de oevers. Alleen nabij de hoofdbeek is de drooglegging minder dan 20 cm.

Eventuele overstorten van het rioolstelsel van de kern Uddel zijn in de berekeningen niet meegenomen. Indien deze overstorten zich voordoen, kunnen hierdoor mogelijk overstromingen voorkomen.

Zijbeek van de Harderwijker weg (knooppunt 450 - 470)

De duikers in deze beek liggen onder sterk verhang.

De beek treedt bij maatgevende afvoer niet buiten de oevers.

Zijbeek van de Berkenhof (knooppunt 480 - 490)

Als gevolg van de hoge ligging komen in twee duikers hoge snelheden voor en is de opstuwing hiervan eveneens groot. Tevens is de waterloop vrij ondiep. Het gevolg hiervan is dat langs de waterloop bij 100% van de maatgevende afvoer water op het maaiveld staat, dan wel een drooglegging van minder dan 20 cm aanwezig is.

In de praktijk stroomt ten gevolge van het terreinverhang een groot deel van het water via de ondergrond naar de hoofdbeek. Het water staat hier dan niet op het maaiveld, doch wel kantje boord.

Zijbeek van de Oude Garderense weg (knooppunt 660 - 710)

Door de deels geringe afmetingen van de duikers komen hierin hoge snelheden voor, alsmede hoge opstuwing.

Op een aantal plaatsen langs de beek is de drooglegging bij 100% van de maatgevende afvoer minder dan 20 cm. Bovenstrooms kan door de opstuwing van de duikers mogelijk plaatselijk water op het maaiveld komen te staan.

Zijbeek van de Kleine Kolonie (knooppunt 520 - 630)

Plaatselijk komen in de waterloop hoge stroomsnelheden voor. Hoge stroomsnelheden komen ook voor in duikers, deels als gevolg van de afmetingen van de duiker en deels als gevolg van de hoogteligging. Op een aantal plaatsen langs de beek is de drooglegging minder dan 20 cm, terwijl in leidingvak 530 - 540 plaatselijk water op het maaiveld kan staan.

Zijbeek bij kasteel Staverden (knooppunt 750 - 770)

In deze zijbeek liggen enkele duikers onder sterk verhang. Deze duikers doen deels dienst als bodemval. Langs deze beek komen geen overstromingen voor.

Zijbeek van Speuld (knooppunt 785 tot 910)

In enkele duikers komen hoge stroomsnelheden voor. In een aantal gevallen mede als gevolg van aanwezige grond in de duikers.

Op enkele plaatsen langs de beek is de drooglegging minder dan 20 cm. Benedenstrooms van knooppunt 860 kan bij 100% van de maatgevende afvoer water op het maaiveld staan.

Zijbeek bij Navobi (knooppunt 920 tot 940)

In deze zijbeek doen zich geen problemen voor.

De Koude beek (knooppunt 950 tot 1010)

In deze zijbeek doen zich geen problemen voor.

De Sprengenbeek langs de Zwarte Boer (knooppunt 1020 - 1060)

In enkele duikers komt bij 100% van de maatgevende afvoer een hoge stroomsnelheid voor, onder andere doordat deze duikers onder een sterk verhang liggen. Alleen bij het lozingspunt op de hoofdbeek treedt de beek bij 100% van de maatgevende afvoer buiten haar oevers.

Zijbeek van de Grote Kolonie (knooppunt 1090 tot 1220)

In deze beek komen hoge stroomsnelheden voor als gevolg van de steile bodemverhangen. Ook in de duikers in deze beek komen vaak hoge stroomsnelheden voor. Op een aantal plaatsen langs de beek is de drooglegging minder dan 20 cm. Plaatselijk komt het water op het maai-veld te staan.

Zilverbeekje (knooppunt 1350 tot 1400)

In enkele duikers komen hoge stroomsnelheden voor ten gevolge van geringe afmetingen van de kunstwerken.

Oostermeenbeek (knooppunt 1430 - 1440)

In deze zijbeek doen zich geen problemen voor.

4.2

Overlastpunten bij 50% en 25% van de maatgevende afvoer

Op een aantal plaatsen waar de beek bij 100% van de maatgevende afvoer buiten haar overs treedt, gebeurt dit eveneens bij 50% en 25% van de maatgevende afvoer. Bij 50%, respectievelijk 25% van de maatgevende afvoer betreft dit de volgende knooppunten:

50% maatgevende afvoer	25% maatgevende afvoer
110 - 112	110 - 111
205 - 210	205 - 210
330 - 331	330 - 331
482 - 483	485 - 486
485 - 486	701 - 710
491 - 499	1061 - 1064
650 - 651	1066 - 1067
701 - 710	
1061 - 1067	

Daarnaast zijn er bij 50% van de maatgevende afvoer 25 punten met een drooglegging van 0 tot 0,20 m, bij 25% van de maatgevende afvoer zijn dit er 22. Een volledig overzicht van deze knooppunten is gegeven in bijlage 1.

De oorzaken van de overstromingen en de punten met een drooglegging van 0 tot 0,20 m zijn in principe gelijk aan de oorzaken bij 100% van de maatgevende afvoer, dat wil zeggen:

- Plaatselijk ondiepe waterlopen;
- Te hoog gelegen duikers;
- Een incidenteel lage maaiveldshoogte;
- Op knooppunt 491-499 de stuwhoogte in verband met de doorvoer van water naar de waterpartijen;
- Op knooppunt 1061-1067 doordat de drooglegging is bepaald ten opzichte van het maaiveld dat ter plaatse door de aanwezige, niet in de berekeningen opgenomen, parallelsloot wordt ontwaterd.

Samenvatting resultaten en conclusies

Op basis van de in hoofdstuk 4 gepresenteerde resultaten kan geconcludeerd worden dat uitgaande van de DIWA-berekeningen zowel in de hoofdbeek als in de zijbeken inundaties voorkomen.

In de hoofdbeek treedt de beek bij 100% van de maatgevende afvoer op een zevental plaatsen buiten haar oevers. Deels is dit een gevolg van de hoogteligging van de kruin van de stuwen en deels van de afmetingen van het dwarsprofiel van de beek en de daarin gelegen duikers en bruggen. Daarnaast komen in de hoofdbeek vooral benedenstrooms grote stroomsnelheden voor. Verder leiden de bodemgesteldheid en het vrij grote reliëf tot een snelle afvoer van neerslagwater.

Bij 100% van de maatgevende afvoer komen in de zijbeken een aantal plaatsen (11) voor waar inundatie van het aanliggende terrein optreedt. Daarnaast heeft het aanliggende terrein op een groot aantal plaatsen een drooglegging van minder dan 20 cm. De plaatsen waar dit volgens de berekeningen voorkomt zijn aangegeven op de situatiekaarten (10398-S-1 en S-2).

In de zijbeken komen een aantal duikers voor met een groot verschil tussen de bodemhoogte aan de instroomzijde en die aan de uitstroomzijde. Deze duikers hebben soms ook een functie als bodemval.

In een aantal gevallen wordt het verschil in de bodemhoogte aan in- en uitstroomzijde veroorzaakt doordat een duikerelement is verzakt, vaak als gevolg van uitschuring van de bodem van de waterloop door hoge snelheden.

De met behulp van het programma DIWA gesignaleerde knelpunten bij 100% van de maatgevende afvoer zijn gebaseerd op een overschrijding van éénmaal per jaar. Indien deze overlastpunten worden vergeleken met de door het Waterschap gesignaleerde knelpunten (weergegeven op kaart 6 van het Beheers- en Onderhoudsplan Hierdense beek, inventarisatie beleid en bestaande situatie, analyse knelpunten ('Oranjewoud', 1989), valt op dat er uit de DIWA-berekening minder overlastpunten volgen dan volgens de waarnemingen van het Waterschap. Enkele punten zijn ook op een andere plaats gesitueerd. Dit lijkt wat bevreemdend. De berekende overlastpunten zouden door de gekozen afvoercoëfficiënten immers een ongunstiger situatie moeten weerspiegelen. Mogelijke redenen kunnen zijn:

- De op kaart 6 aangegeven overlastpunten zijn niet alle gebaseerd op een overschrijding van 100% van de maatgevende afvoernorm van éénmaal per jaar. Mogelijk staan hier ook punten aangegeven waar de overschrijding minder dan éénmaal per jaar is en punten waar de overschrijding meer dan éénmaal per jaar is;
- De gebruikte afvoercoëfficiënten zijn afgeleid uit gemeten afvoeren, welke getoetst zijn aan afvoernormen gebaseerd op de grondwatertrappen en aan afvoernormen uit de klasse-indeling van het Waterschap;
- Er is geen relatie bekend tussen de gemeten afvoer en het aantal plaatsen waar overstromingen optreden. Alleen is bekend dat bij een afvoer van circa 1.800 l/sec de overlast begint op te treden;

- Een model is een benadering. Het beeld over een trajectdeel wordt bepaald door de plaats van een dwarsprofiel. In de aangegeven zone kan de maaiveldhoogte iets anders zijn, waardoor een bij de berekening als plasdras naar voren gekomen zone in werkelijkheid natter of juist droger kan zijn. Plaatsen met grotere overstromingen blijven evenwel wel bestaan.

Indien gekeken wordt na het tijdstip van inundatie blijkt dat deze met name tijdens het winterhalfjaar (1 oktober - 1 april) voorkomen, waarbij in de herfst en het vroege voorjaar de meeste overstromingen optreden. Uit mededelingen van omwonenden is gebleken dat tijdens een dooi-periode vooral de afvoer van sneeuwwater tot overlast kan leiden.

's Zomers treedt alleen overlast op na een zeer grote stortbui.

De tijdsduur van een inundatie is in het algemeen kort, maar verschilt per lokatie. Maximaal duren ze één dag. Voorheen (voor de aanpassingswerkzaamheden) kon de overlast ter plaatse van het Roode Koper langer duren.

Algemeen

Uitgangspunt voor de onderstaand beschreven mogelijke oplossingsrichtingen van de situaties waar overlast optreedt, zijn de plaatsen waar volgens DIWA overstroming van aanliggende gronden voorkomt.

Bij de verdere oplossingsrichtingen moet ook rekening worden gehouden met het droogvallen van diverse beektrajecten en de gevolgen hiervan voor de natuur. Door het Waterschap zijn kaarten van de watervoerendheid in een gemiddeld jaar opgesteld (kaart 10398-W-1 en W-2). Zij zijn vervaardigd aan de hand van veldwaarnemingen gedurende de zomer van 1990 en op basis van de terreinkennis van het Waterschap, rekening houdend met de klimatologische omstandigheden en de liggegegevens van de watergangen. Door het grote afschot van 1 à 2 m per km van de beken zijn de watergangen die watervoerend zijn ook stromende watergangen. Vrijwel stilstaand water komt voor bij knooppunt: 32-33, 430-432, 490-500, nabij 710, 720-729, nabij 998, nabij 1350, 1370-1372 en plaatselijk voor te hoog gelegen kunstwerken. In dit rapport zal op dit aspect niet verder worden ingegaan.

De knelpunten bestaan in hoofdzaak uit overstroming van aanliggende terreinen en grote snelheden in de beek en de kunstwerken. De mogelijke oplossingen kunnen in drie richtingen gezocht worden:

1. Accepteren van overstromingen in het gehele gebied of delen ervan;
2. Veranderen van het lengte-/dwarsprofiel teneinde overstromingen op basis van de maatgevende afvoer geheel of gedeeltelijk op te heffen;
3. Verplaatsen van lokaties waar overstromingen optreden naar gebieden waar zij toegestaan zijn.

Naast de drie genoemde oplossingsrichtingen kan voor wat betreft de hoofdbeek ook verlaging van de kruinhoogte van reeds aanwezig stuwen een invloed op overstromingen hebben. Deze invloed is echter vaak alleen beperkt tot overstromingen direct boven de stuw.

Overstroming van leidingvak 490-500 zou kunnen worden voorkomen indien bij afvoer tijdig de kruinhoogte (schotbalken) wordt verlaagd. Door de snelle toename van het debiet bij neerslag is dit in de huidige situatie vaak niet mogelijk. In perioden met klein debiet is het niet mogelijk om de kruinhoogte te verlagen, omdat dan onvoldoende water via de bovenloop naar de vijvers van kasteel Staverden wordt gevoerd om deze op peil te houden. De kruinhoogte kan alleen permanent verlaagd worden, indien dit gepaard gaat met vergroting van de bovenloop.

Voor de zijbeken kunnen, voorzover deze in agrarisch gebied zijn gelegen, evenals voor de hoofdbeek overstromingen vaak door eenvoudige kleine technische aanpassingen worden voorkomen (bijvoorbeeld door profielvergroting en/of door het lager leggen van duikers). De overstromingen nabij het Uddelermeer zijn minder eenvoudig op te lossen. Vergroting van de duiker onder de weg is onvoldoende om de overstroming te voorkomen. Daarvoor moet ook een deel van de benedenstroomse beek worden vergroot. Hierdoor zullen ter plaatse en deels bovenstrooms de waterstanden worden verlaagd en in samenhang daarmee ook de grondwaterstanden.

In hoeverre dit mogelijk en gewenst is zal nader moeten worden nagegaan.

De overstromingen benedenstrooms langs de zijbeken hangen deels samen met de optredende waterstanden in de hoofdbeek. Oplossing van dit probleem is derhalve afhankelijk van de gekozen oplossingen voor de hoofdbeek.

6.2

Gevolgen voor natuur en landbouw per oplossingsrichting

Onderstaand worden per richting de mogelijke oplossingen en hun gevolgen voor landbouw en natuur uitgewerkt. Uitgaande van de gegevens op de kaarten 10398-S-1 en 10398-S-2 zijn er langs de hoofdbeek twee omvangrijke zones waar overlast optreedt en wel tussen knooppunt 470 en 710 en tussen knooppunt 1010 en 1070. Daarnaast treedt bovenstrooms van de knooppunten 140 en 940, benedenstrooms van knooppunt 340 en ter hoogte van knooppunt 1330 overlast op. Langs de zijbeken treedt op de volgende plaatsen overlast op:

- Tussen knooppunt 110-120, 700-710 en 1050-1060;
- Bovenstrooms van knooppunt 210, 540 en 1140;
- Benedenstrooms van knooppunt 330, 480, 660, 860 en 1180.

Verder uitgangspunt bij de te behandelen oplossingsrichtingen is dat de oplossing van een overlastpunt niet leidt tot overlast verder benedenstrooms van dit knelpunt.

6.2.1

Oplossingsrichting 1: overstromingen accepteren

Het al dan niet toestaan van overstromingen is in grote mate afhankelijk van de functie van het betreffende gebied en de gevoeligheid van aanwezige natuurwaarden voor overstroming.

Met uitzondering van het overlastpunt bovenstrooms van knooppunt 140 hebben alle direct aan de hoofdbeek grenzende gronden de functies natuurgebied/reservaat en/of bos, parkgebied.

In de directe omgeving hiervan kunnen agrarische gebieden liggen.

Bovenstrooms van knooppunt 140 grenst aan de westelijke oever gelijk agrarisch gebied.

Gelet op het voorkomen van nattere en meer kwetsbare vegetaties in de overstromingsgebieden (kaart 8 in 'Oranjewoud', 1989) komen per knooppunt in de hoofdbeek de volgende onderscheiden vegetatietypen voor:

- *Knooppunt 140*: geen natte en meer kwetsbare vegetaties aanwezig;
- *Knooppunt 340*: wat verder benedenstrooms 'soortenrijke beek/slootoevers', 'soortenrijke natte graslanden soms met soorten van drogere standplaatsen', en 'vegetaties van schrale natte standplaatsen';
- *Knooppunt 470-710*: 'soortenrijke beek/slootoevers', 'soortenrijke natte graslanden soms met soorten van drogere standplaatsen', 'voedselrijke moerasvegetaties' en 'vegetaties van schrale natte standplaatsen';

- *Knooppunt 940*: 'soortenrijke natte graslanden soms met soorten van drogere standplaatsen';
- *Knooppunt 1010-1070*: 'soortenrijke beek/slootoevers', 'soortenrijke natte graslanden soms met soorten van droge standplaatsen' en 'voedselrijke moerasvegetaties';
- *Knooppunt 1330*: geen natte en meer kwetsbare vegetaties aanwezig.

Voor wat betreft de overlastpunten in de zijbeken komen de volgende vegetatietypen voor:

- *Knooppunt 210, 330, 480, 540, 700-710, en 1050-1060*: geen natte en meer kwetsbare vegetaties aanwezig;
- *Knooppunt 110-120, 660, 860 en 1140*: 'soortenrijke natte graslanden soms met soorten van drogere standplaatsen';
- *Knooppunt 1180*: 'soortenrijke beek/slootoevers' en 'vegetaties van natte schrale standplaatsen'.

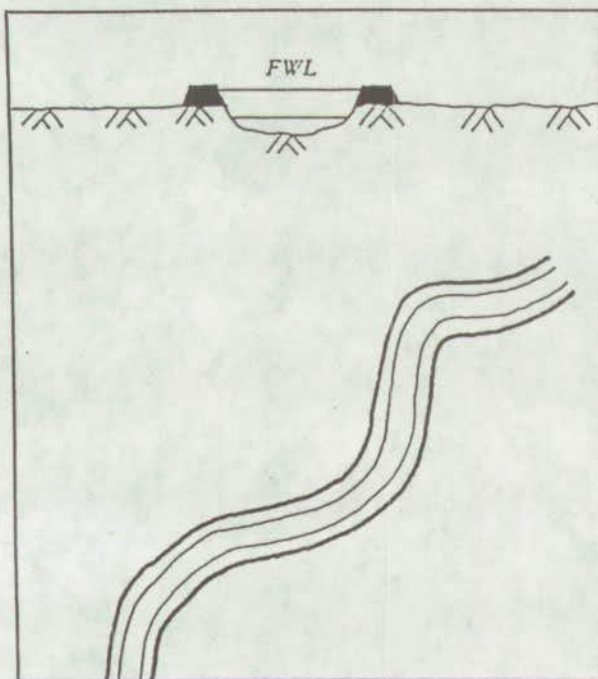
Zoals reeds opgemerkt is in het inventarisatierapport ('Oranjewoud', 1989), is in de huidige situatie het beekwater te voedselrijk, waardoor vegetaties kenmerkend voor voedselarme situaties dreigen te verdwijnen. In de genoemde overstromingsgebieden is het vegetatietype 'vegetaties van schrale natte standplaatsen' het meest kwetsbaar. Dit betekent dat indien de huidige voedselrijke situaties blijven bestaan, overstroming in de hoofdbeek ter hoogte van knooppunt 340 en tussen de knooppunten 470-710 bovenstrooms van de stuw bij Brug en Bosch in principe vermeden moet worden. In de zijbeken is overstroming ter hoogte van knooppunt 1180 ongewenst. Probleem is daarnaast wel dat een natte standplaats voor dergelijke vegetatietypes vereist is. Mogelijk zal hier bij sanering van nog bestaande diffuse lozingen in het buitengebied, het verdwijnen van overstorten en het toepassen van de mestwetgeving reeds een verbetering in optreden. Voor de overige vegetatietypes kan een incidentele overstroming met voedselrijk water minder kwaad.

Op plaatsen waar wel overstroming wordt toegestaan is er in principe de volgende oplossing:

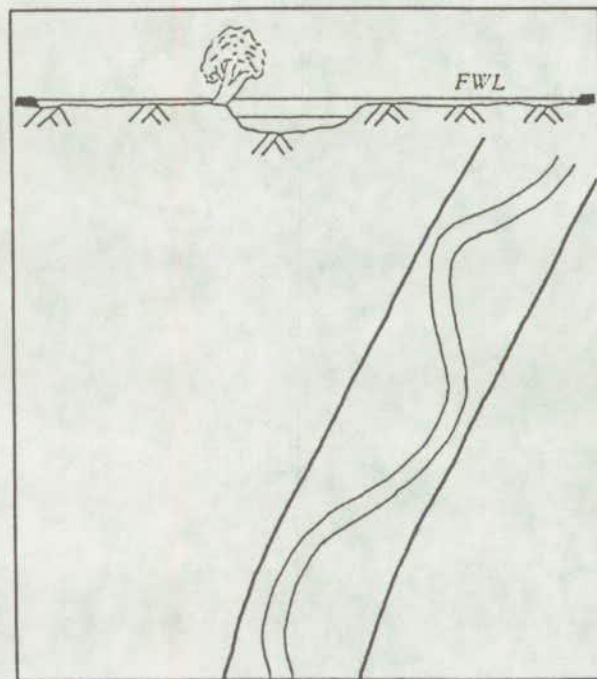
Beekoverstromingsstroken/vlakten

In een dergelijke zone worden de optredende inundaties toegestaan. Afhankelijke van de zone (het gebied) waar inundatie mag optreden kunnen er kaden ter begrenzing worden aangelegd. In het algemeen kan gesteld worden dat naarmate de kaden dichterbij de beek komen te liggen, ze hoger dienen te zijn. Een nadeel van het opwerpen van kades is dat eventueel aanwezige vochtafhankelijke vegetaties in de omgeving van de beek kunnen verdrogen, indien zij buiten de kades komen te liggen. In een aantal gevallen worden in de huidige situatie langs de beek al 'kades' aangetroffen.

Een schematisch overzicht is gegeven in figuur 1 (bron: Lewis en Williams, 1984).



Diagrammatic cross-sectional and plan view of high floodbanks set close to the river.



Diagrammatic cross-sectional and plan view of low floodbanks set back from the river.

Figuur 1: Schematisch overzicht overstromingsstroken/vlakken

Ter hoogte van knooppunt 140 ligt de beek in een natuurlijke laagte welke uit grasland bestaat. Overstromingen aan de oostelijke oever met als functie bos, parkgebied worden niet als nadelig beschouwd, voor aanwezige natuurwaarden. Gezien de hoge grondwaterstand (III) langs de beek zullen de periodieke overstromingen in het grasland van de westelijke oever (met als functie agrarisch gebied) minder grote nadelige gevolgen hebben voor de produktie, dan in vergelijkbare gebieden met een lagere grondwaterstand. Indien het aanliggende bouwland onder water komt te staan is de situatie nadelig voor de landbouw.

De inundatie ter hoogte van knooppunt 340 ligt in een broekbos. In principe heeft inundatie hier geen nadelige maar eerder een natuurwaardeversterkende invloed. De voedselrijkdom van het water kan als genoemd echter wel een nadelige invloed hebben op wat meer stroomafwaarts gelegen schrale natte vegetaties.

De overstromingen op de knelpunten 470-710 hebben voor het aanwezige natuurgebied geen nadelige gevolgen, met uitzondering van de bovenstrooms van de stuw bij Brug en Bosch aangetroffen schrale natte vegetaties. Op basis van kaart 10398-S-2 komt het aanliggende landbouwgebied niet onder water te staan. Eventuele problemen zouden mogelijk door geringe aanpassingen van de plaatselijk aanwezige kaden op te lossen zijn.

Ter hoogte van knooppunt 940 hebben de overstromingen voor het natuurgebied en bos, parkgebied geen nadelige gevolgen. Daar de overstromingen voornamelijk tot de lager gelegen delen beperkt zullen zijn, zal de landbouw naar verwachting weinig hinder ondervinden. Eventueel kunnen aanwezige kaden opgehoogd worden.

Tussen de knooppunten 1010-1070 hebben overstromingen voor het aanliggende natuurgebied en bos, parkgebied geen nadelige gevolgen. Uit bestaande informatie is bekend dat de aanwezige landerijen compleet onder water komen te staan. Het is de vraag of dergelijke problemen door de aanleg van kaden op te lossen zijn, daar de oppervlakkige afvoer tijdens perioden van grote neerslag zonder extra aanpassingen door kaden geremd wordt.

Samengevat kan gesteld worden dat overstromingen in de aanwezige natuurgebieden en bos, parkgebieden met uitzondering van delen waar vegetaties van schrale natte standplaatsen voorkomen geen nadelige gevolgen zullen hebben, ervan uitgaande dat de waterkwaliteit zeker niet verslechterd en er inspeland op beleidsontwikkelingen gestreefd wordt naar een afname van de voedselrijkdom van het water. Voor landbouwgebieden is dit moeilijker. Op basis van een in 1988 uitgevoerde veldinventarisatie bleek dat met uitzondering van het gebied rond knooppunt 140 het grondgebruik grasland was. Een eventuele schade aan de landbouw zal zich vertalen in een opbrengstdepressie. Ook het herstel van afrasteringen en het opruimen van drift is een aanzienlijke schadepost. De grootte van de schade is echter sterk afhankelijk van het tijdstip waarop overstroming plaatsvindt. 's Zomers wanneer er vee aanwezig is of gehooid moet worden is een overstroming veel nadeliger dan 's winters wanneer de graslanden niet in gebruik zijn. Een vorstperiode 's winters kort na overstroming kan echter ook sterk nadelig zijn.

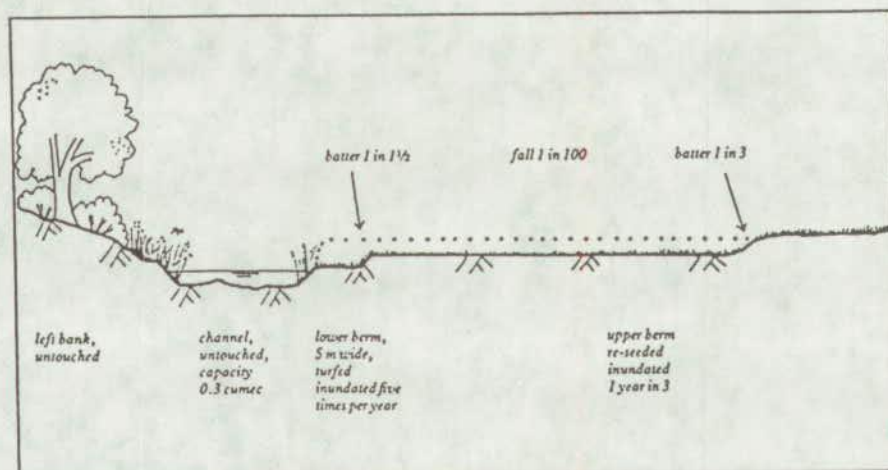
6.2.2

Oplossingsrichting 2: Profielverandering

Het veranderen van het lengte-/dwarsprofiel teneinde overstromingen op te heffen is in principe met behulp van verschillende oplossingsrichtingen te creëren. Genoemd kunnen worden:

1. Trapsgewijze oeverzones (droge plasberm)
Trapsgewijze oeverzones hebben, behoudens de periodes waarin overschrijdingen plaatsvinden, geen invloed op het bestaande doorstroomprofiel van de beek. Bij deze methode wordt de oeverzone net boven het normale waterpeil (figuur 2) vergroot. Er zijn meerdere variaties bij aanleg mogelijk: de breedte van de verlaagde oeverzone, het aanbrengen van meerdere niveaus, het verlagen van één of beide oevers of afwisselend. Deze uitvoeringsmogelijkheden zijn onder andere afhankelijk van factoren als de beekdalbreedte en -hoogte.

Naast handhaving van het bestaande doorstroomprofiel kan als voordeel genoemd worden dat de vegetatie langs de waterlijn niet aangetast hoeft te worden, waardoor bij goede aanleg de kans op oeverafkalving bij grote stroomsnelheden gering is.



Figuur 2: Schematisch overzicht van een trapsgewijze oeverzone (bron: Lewis en Williams, 1984)

2. Plasbermen

Plasbermen zijn een manier van profielvergroting. De oeverzone wordt *net* op de waterlijn bij basisafvoer verbreed, waardoor een extra capaciteit van de beek wordt verkregen. Indien zich op deze bermen een goede vegetatiestructuur ontwikkelt, heeft deze een beschermende werking tegen afkalving.

3. Meandering

Meandering vergroot de lengte van de beek en kan leiden tot afvlakking van de afvoerpiek benedenstrooms. Daarnaast heeft de vergroting van de beeklengte een grotere berging tot gevolg. Om overlast ter plaatse van een knelpunt te voorkomen dient meandering bovenstrooms van een knelpunt toegepast te worden.

Het is echter de vraag in hoeverre dit daadwerkelijk tot een oplossing van knelpunten zal leiden. Ten eerste kan meandering leiden tot opstuwning van het water bovenstrooms, indien geen profielaanpassing plaatsvindt. Zonder profielaanpassing leidt dit tot een groter beschikbaar verval in de waterlijn, waardoor het debiet in het tracé weer toeneemt totdat een evenwichtssituatie is ontstaan, die benedenstrooms dezelfde knelpunten oplevert. Daarnaast kan afhankelijk van de lengte van de periode met een hoge afvoer (de piekperiode) de meandering een nivellerende invloed op de overstroming benedenstrooms hebben. Omdat overstromingen vooral ontstaan in korte perioden met piekafvoeren zal deze invloed, naar verwachting, in het algemeen gering zijn.

Meandering zal in het algemeen eerder voor een vergroting van de natuurwaarde van de beek zorgen, dan dat het een oplossingsrichting is voor de bestaande knelpunten. Daarom zal bij de beschrijving van de gevolgen voor de natuur en landbouw hier niet nader op worden ingegaan.

4. Profielvergroting

Vergroting van het dwarsprofiel kan overstromingen voorkomen. Hiertoe zijn in principe twee mogelijkheden:

- Een relatief grote aanpassing van profiel over een beperkte lengte;
- Een relatief geringe aanpassing van het profiel over een grote lengte.

Gevolgen

De gevolgen van bovengenoemde oplossingsrichtingen voor natuur en landbouw zijn onderstaand in grote lijnen omschreven. Vooraf moet bedacht worden dat als genoemd in paragraaf 6.2.1 alle overlastpunten, met uitzondering van knooppunt 140, langs de hoofdbeek in natuurgebied en bos, parkgebied zijn gelegen. De aanpassingen zullen dus veelal tot morfologische veranderingen in juist deze gebieden en niet in de landbouwgebieden leiden.

Trapsgewijze oeverzones leiden in alle gebieden bij aanleg in de te verlagen zone(s) tot verdwijnen van de aanwezige natuurwaarden. In theorie zouden door verlaging van de maaiveldhoogte meer vochtminnende vegetaties zich hier kunnen vestigen. Dit is echter sterk lokatie- en aanlegwijze afhankelijk.

Het voorkomen van overstromingen kan tot verdwijning van hieraan aangepaste vegetatietypen en daarmee samenhangende dierenlevensgemeenschappen in de naaste omgeving van de beek leiden. Voor de landbouw zal het niet meer voorkomen van overstromingen een positief effect hebben.

Doordat plasbermen tot een groter doorstroomprofiel leiden, zal bij 100% maatgevende afvoer de waterstand en de stroomsnelheid eveneens verlaagd worden. Afhankelijk van de grootte van dit effect kan de afname van de stroomsnelheid en een als gevolg hiervan verhoogde sedimentatie van organisch materiaal tot een verandering in de beekfauna ter plaatse leiden.

Verbreiding van het doorstroomprofiel leidt in de oeverzone tot het (tijdelijk) verdwijnen van de aanwezige vegetatie. Hiertegen over staat dat een nieuw milieutype wordt gecreëerd, waarin zich een vochtminnende levensgemeenschap kan ontwikkelen. De vraag is echter in hoeverre dit van nature voorkomt langs deze laaglandbeek. Daarnaast kunnen in de directe omgeving van de beek voorkomende vochtafhankelijke vegetaties verdwijnen, door het niet langer optreden van overstromingen en de mogelijke verlaging van de grondwaterstand door een groter afvoerend oppervlak.

In landbouwgebieden kan het tegengaan van overstromingen een positief effect hebben.

Profielvergroting heeft een negatief effect op het natuurlijk karakter van de beek en de hierin voorkomende levensgemeenschappen. Daarnaast kunnen in de directe omgeving van de beek voorkomende vochtafhankelijke levensgemeenschappen verdwijnen. In landbouwgebieden kan het voorkomen van overstromingen een positief effect hebben. Een te sterke ontwatering kan in droge perioden echter ook een negatief effect op de opbrengst hebben, afhankelijk van de aanwezige grondwaterstanden.

De drie genoemde oplossingsrichtingen zijn in het voorgaande behandeld ervan uitgaande dat ze een overlastpunt ter plaatse oplossen. Los van de toepassing als oplossingsrichting van een knelpunt (in de vorm van inundaties) kunnen de meeste mogelijkheden (beekoverstromingsstroken/-vlakten, meandering, droge/natte plasbermen, verplaatsen overstromingen) gebruikt worden om natuurontwikkeling te bevorderen. De mogelijkheid van toepassing zal van lokatie tot lokatie bekeken moeten worden.

Als bijkomend voordeel kunnen dergelijke toepassingen mogelijk inundatie op nabijgelegen overlastpunten verminderen of zelfs opheffen. Door in de zijbeken conservering, retentie dan wel verlaging van de stroomsnelheid (bijvoorbeeld door meandering, verbreding) toe te passen kan een vermindering van de overstromingen langs de hoofdbeek bewerkstelligd worden. Daarnaast kan bijvoorbeeld het conserveren van water in bovenloopjes met name in droge perioden voor de landbouw een positief effect hebben.

- *As, D.P., R. Cleef, J.M.H. Demon, M. de Maaré, C. Reijnga en P. van Rooy, 1988.* Integraal waterbeheersplan Bornsebeek (Twente). Studierapporten UBM, nummer 1988/2. Universitaire Beroepsopleiding Milieukunde Leiden.
- *Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO, 1986.* Verklarende hydrologische woordenlijst. Rapporten en nota's, no. 16. Den Haag.
- *Lewis, G. en G. Williams, 1984.* Rivers and wildlife handbook: a guide to practies which further the conservation of wildlife on rivers. Royal society for the protection of birds, Conservation planning department and the Royal society for nature conservation.
- *'Oranjewoud', 1989.* Beheers- en onderhoudsplan Hierdense Beek. Inventarisatie beleid en bestaande situatie, analyse knelpunten. Heerenveen.

Verlaatsend zijn het sluisbed (50%) en 25% mantelgemaalshoofden (de knoopnetten met een
drooglegging van 0 tot 0,20 m opgenomen).

50% mantelgemaalshoofden		25% mantelgemaalshoofden	
70 - 71	647 - 650	70 - 71	687 - 690
126 - 127	822 - 823	111 - 112	822 - 823
170 - 171	822 - 823	126 - 127	860 - 861
240 - 241	860 - 861	240 - 241	916 - 917
240 - 241	916 - 917	470 - 471	1030 - 1031
414 - 415	1010 - 1011	476 - 477	1080 - 1081
472 - 473	1030 - 1031	482 - 483	1094 - 1095
482 - 483	1032 - 1033	491 - 492	1123 - 1124
524 - 525	1180 - 1181	524 - 525	1180 - 1181
530 - 531	1181 - 1182	535 - 536	
538 - 539	1232 - 1233	620 - 621	
602 - 603	1324 - 1325	602 - 603	
681 - 682		681 - 682	