

Afkoppelen tegen verdroging

Inleiding

Verdroging van de natuur is een probleem in Nederland. Natuurwaarden verminderen door verlaging van de grondwaterstanden en door vermindering of wegvallen van kwelfluxen. Deze verdroging wordt veroorzaakt door structurele veranderingen in het waterbeheer in de afgelopen decennia. De oorzaken van verdroging zijn onder te verdelen in drie categorieën. Ten eerste de ontwatering, de afwatering en het peilbeheer. Ten tweede de onttrekking van grondwater voor drink- en industriewater-

Samenvatting

Door veranderingen in het waterbeheer in de afgelopen decennia zijn de natuurwaarden in Nederland afgenomen. Afkoppelen en infiltratie van de regenwaterafvoer in stedelijke gebieden levert mogelijk een bijdrage aan de verdrogingsbestrijding. In dit artikel worden de voor- en nadelen van afkoppelen geschetst. Vervolgens wordt een gebiedsgerichte toepassing beschreven voor het Gooi en de Vechtstreek. Voor dit gebied is onderzocht in hoeverre afkoppelen van verhard oppervlak een bijdrage kan leveren aan de bestrijding van verdroging in het Vechtplassengebied. Aan de hand van de hydrologische en ecologische oorzaak-gevolg keten zijn de aspecten kwaliteit en kwantiteit beschreven. Met een model is de invloed van afkoppelingsmaatregelen voorspeld. Aangetoond wordt dat afkoppelen en infiltreren van de regenwaterafvoer in het Gooi een compenserend effect heeft voor de verdroging.



M. J. P. REYDON
TU Delft



PROF. DR. IR.
C. VAN DEN AKKER
TU Delft

voorziening, waarbij de locatie van de onttrekkingen vaak van cruciaal belang is, en als laatste de berekening van landbouwgronden. Maatregelen tegen verdroging zijn gericht op het wegnemen van één of meerdere van deze oorzaken.

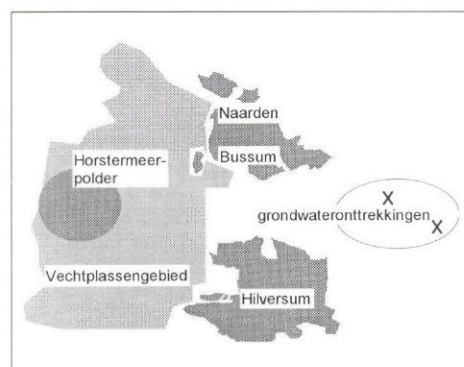
Een methode om verdroging te bestrijden is het verhogen van de natuurlijke grondwateraanvulling. Deze maatregel is vooral van belang in stedelijke gebieden, waar een groot deel van het oppervlak bestaat uit verharding en waar de regenwaterafvoer grotendeels verdwijnt in het rioolstelsel. Door verhard oppervlak af te koppelen van het rioolstelsel en de regenwaterafvoer te infiltreren in de bodem, wordt de grondwateraanvulling verhoogd. Voordelen beslaan niet alleen het anti-verdrogingsfront. Ook riooltechnisch gezien bestaan voordelen, doordat de piekafvoeren lager worden. Hierdoor worden riool overstortingen gereduceerd en verbetert het zuiveringsrendement van de rwzi. Zodoende kan bespaard worden op energie- en investeringskosten. In een aantal gevallen is afkoppelen al rendabel als uitsluitend naar de reductie van de vuiluitwerp gekeken wordt [Bakel *et al.*, 1995].

Afkoppelen heeft echter ook twee schaduwzijden. Door afkoppelen neemt ten eerste de kans op belasting van het grondwater met ongewenste stoffen toe en ten tweede kan grondwateroverlast optreden in gebieden met een minder tot slecht doorlatende ondergrond.

Verdrogingsbestrijding komt het best tot zijn recht in een gebiedsgerichte benadering door de verschillen in landschap, hydrologie, oorzaken van de verdroging en geldende functies. Daarom volgt nu de beschrijving van een gebiedsgericht onderzoek naar de bestrijding van verdroging door afkoppelen van verhard oppervlak in een aantal gemeenten in het Gooi. Bij het onderzoek is de hydrologische keten gevolgd van begin tot eind: van de ingreep in de waterhuishouding tot het uiteindelijke effect op de natuurwaarden. Aandacht is besteed aan de aspecten kwaliteit en kwantiteit, waarbij ook de onzekerheden belicht zijn.

Gebiedsbeschrijving

Gekeken is naar de stedelijke gebieden van Hilversum, Bussum en Naarden. Deze gemeenten liggen op de Goois-Utrechtse Heuvelrug: een groot zandgebied met goeddoorlatende zandpakketten. Ten westen hiervan ligt het Vechtplassengebied, voornamelijk bestaand uit plassen en polders. Aan dit gebied zijn de functies 'natuur' en 'landbouw' toegekend. Door de aanwezigheid van een zeer diverse vegetatie is de Vechtstreek een gebied met een waardevolle natuurfunctie. Het voortbestaan van deze vegetatie is afhankelijk van de voedselarme kwelstroom, afkomstig van de Goois-Utrechtse Heuvelrug. De natuurwaarden in het gebied verslechteren door verdroging. Het beschouwde natuurgebied ligt tussen de Horstermeerpolder en het Gooi (zie afb. 1). De hoofdoorzaken van de verdroging in dit gebied zijn de grondwateronttrekkingen uit het Gooi en het lage peil in de Horstermeerpolder. Naar de invloed van deze twee factoren is onderzoek gedaan door de provincie Noord-Holland [1996].



Afb. 1 - Ligging Gooi en Vechtplassengebied.

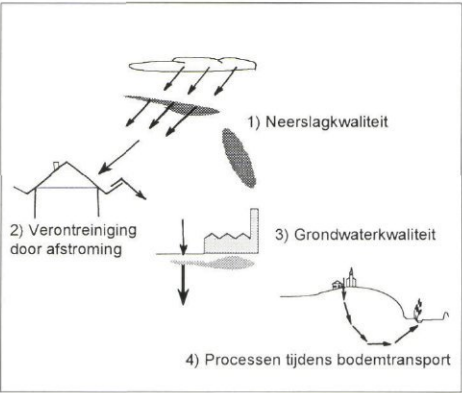
Kwaliteit

Om de natuurwaarden in het Vechtplassengebied te vergroten of in stand te houden is de kwaliteit van het opkwellende water van het grootste belang. Voedselarm kwel is een vereiste. Bovendien mag het geïnfiltreerde water geen vervuiling veroorzaken onderweg naar of in het natuurgebied. De twee uitgangspunten daarvoor zijn dat er geen verspilling van grondstoffen mag optreden en geen verspreiding van stoffen mag plaatsvinden. Het eerste uitgangspunt houdt in dat er geen menging mag optreden van (relatief) vervuild infiltratiewater met (relatief) schoon grondwater. Volgens het tweede uitgangspunt mag geen verspreiding optreden van al aanwezige milieuvreemde en vervuulende stoffen in bodem en grondwater. Deze uitgangspunten komen uit het Nationaal Milieubeleidsplan. Vier factoren beïnvloeden de kwaliteit van het kwelwater:

- kwaliteit van de neerslag,
- opnameprocessen tijdens het afstromen,
- grondwaterkwaliteit en
- processen en reacties tijdens het bodemtransport.

In afbeelding 2 zijn deze factoren weer gegeven. Infiltratiewater wordt mogelijk vervuild door de neerslag en door de opnameprocessen tijdens het afstromen. Ook in het grondwater zijn mogelijk verontreinigingen aanwezig. De potentieel vervuulende factoren zijn daarom de

Het beschreven onderzoek is uitgevoerd als afstudeerwerk voor de vakgroep Waterbeheer, Milieu- en Gezondheidstechniek van de faculteit der Civiele Techniek, TU Delft [Reydon, 1996]. Hierbij is gebruik gemaakt van de resultaten en onderzoeksmethode van het onderzoek 'Waterhuishoudkundige Herinrichting Horstermeerpolder' [1996].



Afb. 2 - Invloeden op de kwaliteit van het kwelwater.

kwaliteit van het grondwater en van het infiltratiewater.
Uit literatuuronderzoek naar deze factoren blijkt dat de kwaliteit van het infiltratiewater niet eenduidig vast te stellen is. Deze samenstelling is sterk afhankelijk van de omgeving van de locatie van afkoppeling. Naar verwachting kan een groot deel van het verhard oppervlak afgekoppeld worden vanuit kwalitatief oogpunt [Grotehusmann, 1995] (zie tabel I en II).

Wat betreft de grondwaterkwaliteit zijn bodem- en grondwater onder het stedelijk gebied lokaal sterk verontreinigd. Op de locatie waar geïnfiltreerd zal worden, moet daarom aandacht gegeven worden aan de kwaliteit van bodem- en grondwater, zodat de verontreinigingen zich niet verder zullen verspreiden.

Kwantiteit

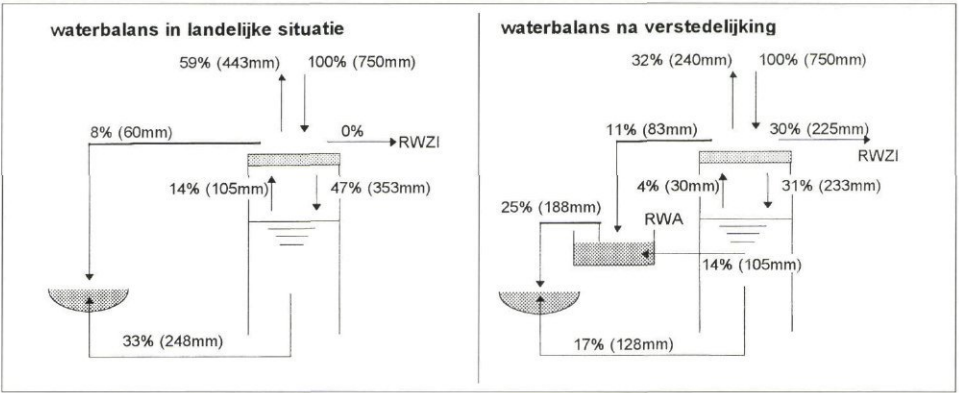
Afkoppelen van verhard oppervlak kan een bijdrage leveren aan de verdrogingsbestrijding als de hoeveelheid af te koppelen water voldoende groot is. Daarnaast moet de infiltratiecapaciteit van

TABEL I – Kwalitatieve beoordeling van neerslagafvoeren met betrekking tot de regenwaterinfiltratie, afhankelijk van het oppervlaktegebruik [Grotehusmann, 1995].

Gebiedsdefinitie	Kwalitatieve beoordeling
Dakoppervlakken in woongebied en vergelijkbare bedrijventerreinen	Zonder problemen
fiets- en voetpaden in woongebied	
'erven' in woongebied en vergelijkbare bedrijfsterreinen	
straten met minder dan 2000 voertuigen per dag	
dakoppervlakken in andere bedrijfsterreinen of industriegebieden	toelaatbaar
straten met 2000 tot 15000 voertuigen per dag	
parkeerplaatsen	
straten met meer dan 15000 voertuigen per dag	
'erven' van boerderijen	
oppervlakken en straten in andere bedrijventerreinen en industriegebieden	niet toelaatbaar

TABEL II – Mogelijkheid om specifieke verharde oppervlakken af te koppelen [Oldekamp, 1989].

Afkoppelen	Type oppervlak	Type bedrijf
'wel'	rustige klinkerwegen, pannendaken in woonwijken	papierindustrie
'wellicht'	parkeerterreinen, platte daken	conservenindustrie, vetraffinaderij, galvaniserende industrie, op- en overslagbedrijf olieproducten
'niet'	drukke wegen, bushalte, passage, marktterrein	verzinkerij, verfindustrie, overige bedrijven met organische micro-verontreinigingen



Afb. 3 - Voorbeeld-waterbalans.

TABEL III – Berekende waterbalans voor het gebied Eschmarke, Enschede [Bakel et al., 1995].

Balanspost	Landelijke situatie		Stedelijke situatie	
	mm	%	mm	%
neerslag	+750	+100	+750	+100
verdamping	-443	-59	-240	-32
afvoer naar rwzi	0	0	-225	-30
afvoer naar open water	-60	-8	-82	-11
grondwaterstroming naar open water in de stad (snelle component)	x	x	-105	-14
grondwaterstr. naar open water buiten de stad (langzame component)	-247	-33	-128	-17
netto kwel en wegzijging	0	0	+30	+4
totaal	750	100	750	100%

de bodem voldoende groot zijn. Alvorens een gedetailleerde studie uit te voeren en de te infiltreren hoeveelheid nauwkeurig te berekenen, is een globale inschatting gemaakt van het effect van afkoppelen. Hiervoor is een literatuurstudie verricht. Op basis van de opbouw van de bodem in het Gooi mag verwacht worden dat de infiltratiemogelijkheden gunstig zijn. Bovendien blijkt verstedelijking de grootte van de grondwateraanvulling aanzienlijk te beïnvloeden [Tauw, 1995]. De regenwaterafvoer in het stedelijke gebied is een aanzienlijk percentage van de totale neerslag,

namelijk 30% (zie afb. 3 en tabel III). Als deze afvoer (of een deel hiervan) geïnfiltreerd kan worden, mag verwacht worden dat afkoppelen een niet te verwaarlozen bijdrage kan leveren aan de verdrogingsbestrijding.

Winbare hoeveelheid

De hoeveelheid water die gewonnen kan worden, hangt af van de grootte van het verharde oppervlak dat is aangesloten op de riolering. Helaas is deze informatie niet voorhanden in de onderzochte Gooi-gemeenten. Om het verhardingspercentage te bepalen zijn drie informatiebronnen gebruikt: de topografische kaart van Nederland (schaal 1:25.000), gegevens over de hemelwaterriolering en gegevens over het totale oppervlak wegverharding. Deze bronnen leveren tamelijk uiteenlopende percentages op. De schatting met behulp van de topografische kaart is het hoogst (66%), maar ook veruit het meest onnauwkeurig. De gegevens van de hemelwaterriolering leveren het laagste percentage op, maar deze gegevens zijn niet compleet. Het percentage bepaald met de gegevens over de wegverharding ligt tussen de andere percentages in. Deze gegevens zijn het meest compleet en het meest waarschijnlijk. Daarom is aan deze gegevens het meeste waarde gehecht. Het verhardingspercentage van de gemeente Hilversum is gebruikt om het oppervlak verharding van Bussum en Naarden uit te rekenen. De aanname dat de verhardingspercentages van beide stede-

TABEL IV – Berekeningsresultaten infiltratievolume in 10^6 m^3 per jaar.

Oppervlak verharding	Afvoeiingscoëfficiënt $C = 0,5$	Afvoeiingscoëfficiënt $C = 0,7$
1055 ha.	4,08	5,72
1172 ha.	4,54	6,36

lijke gebieden gelijk zijn, lijkt redelijk gezien de grootte, ouderdom en globale dichtheid van de bebouwing. Het verhardingspercentage voor Hilversum ligt tussen 32 en 35%. Het verhard oppervlak van de gemeente Hilversum, Bussum en Naarden ligt hiermee tussen 1055 en 1172 ha. De gemiddelde jaarlijkse neerslag is 775 mm [TNO-IGG, 1993] en de afvoeiingscoëfficiënt voor al het verharde oppervlak is circa 0,5 tot 0,7, zodat het theoretisch mogelijk infiltratievolume ligt tussen 4,1 en 6,4 miljoen m^3 per jaar (zie tabel IV).

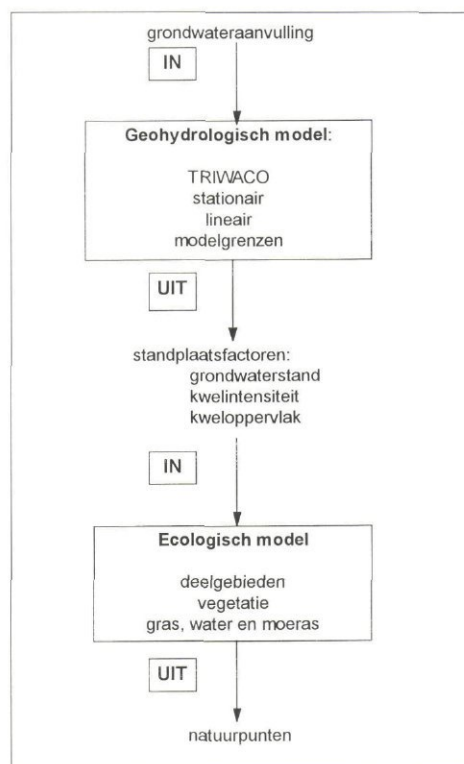
Is dit infiltratievolume groot genoeg om invloed te hebben op de verdroging in het Vechtplassengebied? Deze vraag is beantwoord door te kijken naar de verhouding tussen het infiltratievolume en een deelstroom die medeverantwoordelijk is voor de verdroging: de grondwateronttrekking. Momenteel wordt gemiddeld 14 miljoen m^3 grondwater per jaar onttrokken. Het berekende infiltratievolume is een aanzienlijk deel van deze 14 miljoen m^3 , namelijk 29 tot 45%. Daarom is geconcludeerd dat infiltratie van regenwaterafvoer in het Gooi in aanzienlijke mate de verdroging in het Vechtplassengebied zal compenseren.

De te infiltreren hoeveelheid varieert tussen 4,1 en 6,4 miljoen m^3 per jaar. Deze variatie wordt veroorzaakt doordat niet goed bekend is hoeveel verhard oppervlak aanwezig is. Bovendien is niet bekend welke en in hoeverre deze oppervlakken in aanmerking komen voor afkoppelen: het is niet bekend hoe schoon of hoe vervuild de oppervlakken zijn. Voor de hierboven beschreven inschatting is aangenomen dat alle oppervlakken afgekoppeld worden. De nauwkeurigheid van de uitkomst is door deze aanname onzeker, omdat het afkoppelen van alle oppervlakken in werkelijkheid moeilijk te realiseren is. Toch is ervoor gekozen met deze aanname de effecten te bepalen, omdat dit de maximale winst op zal leveren. Het geeft de bandbreedte aan van afkoppelingsmaatregelen.

Effecten

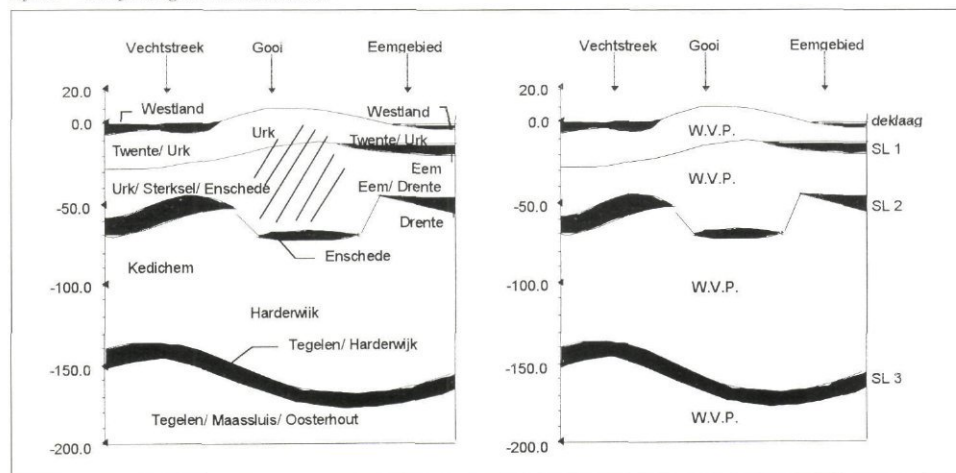
De invloed die afkoppelen heeft op de verdroging is bepaald met het model dat ontwikkeld is voor het onderzoek 'Waterhuishoudkundige Herinrichting Horstermeerpolder' [provincie Noord-Holland, 1996]. Dit is een onderzoek naar de invloed van de oorzaken van de verdroging in het Vechtplassengebied, waarin voor

circa 30 scenario's het effect op de natuur is berekend. Deze scenario's kenmerken zich door variaties in het peilbeheer in de Horstermeerpolder en in de grootte van de grondwateronttrekking uit het Gooi [provincie Noord-Holland, 1996]. Met het model is het effect van de verhoogde grondwateraanvulling in het Gooi op de natuurwaarden in het Vechtplassengebied bepaald. De werking van het model is weergegeven in afbeelding 4.



Afb. 4 - Eigenschappen, invoer en uitvoer van de gebruikte modellen.

Afb. 5 - Geohydrologische schematisatie.



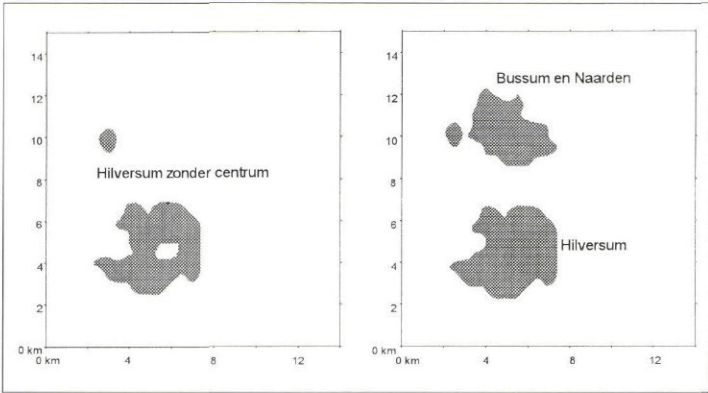
Het model bestaat uit een geohydrologisch deelmodel en een ecologisch deelmodel. De uitvoer van het geohydrologische model zijn drie standplaatsfactoren: de grondwaterstand, de kwelintensiteit en het kweloppervlak. Deze vormen de invoer van het ecologische model. Het ecologische model bepaalt vervolgens de veranderingen in natuurwaarden.

Het geohydrologische deelmodel, opgezet in TRIWACO, is lineair en stationair. In afbeelding 5 is de geohydrologische schematisatie van het model te zien. Van belang voor de infiltratiemaatregelen zijn de bovenste lagen. In het Gooi bestaat de eerste watervoerende laag uit een goed doorlatend freatisch pakket met lage grondwaterstand. Het Vechtplassengebied bestaat uit polders en plassen, waar het grondwaterpeil beheerst wordt. In de randgebieden, op de flanken van het Gooi, is eveneens een vrije grondwaterstand aanwezig.

De ecologische methode is ontwikkeld door ecologen van de provincie Noord-Holland. Het is gebaseerd op hun expertkennis en op het ecohydrologische model ICHORS [Barendregt *et al.*, 1989]. Een uitvoerige beschrijving is te vinden in de 'Waterhuishoudkundige Herinrichting Horstermeerpolder' [provincie Noord-Holland, 1996].

Het effect van afkoppelen op de natuurwaarden is berekend door de verhoogde grondwateraanvulling ten gevolge van afkoppelen op te tellen bij een bestaand scenario van de 'Waterhuishoudkundige Herinrichting Horstermeerpolder'. Gekozen is voor het scenario waarvan implementatie in de toekomst het meest waarschijnlijk is. In dit onderzoek is dit het 'beleidsmatig beste alternatief' (BBA) genoemd.

Variabelen van de verhoogde grondwateraanvulling zijn de uitgestrektheid en de hoeveelheid van de extra grondwateraan-



Afb. 6 - Minimale en maximale oppervlak aangegeven dat voor afkoppeling in aanmerking komt.

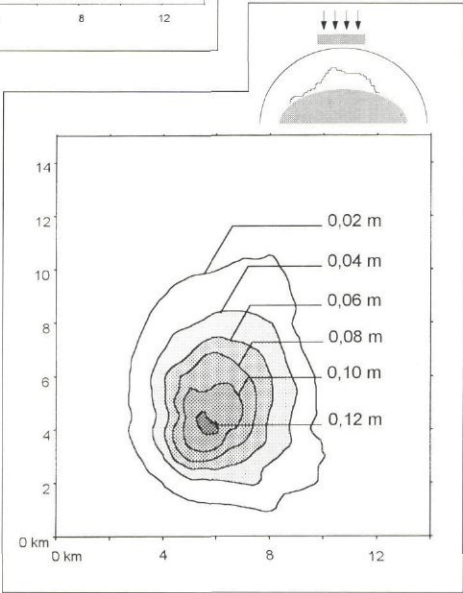
vulling. Voor beide zijn een minimale en een maximale variant aangehouden. In afbeelding 6 is het minimale en maximale oppervlak aangegeven dat voor afkoppeling in aanmerking komt. Bij de hoeveelheid extra grondwateraanvulling slaat het begrip 'minimaal' vanzelfsprekend niet op het absolute minimum (geen enkele infiltratie), maar op een onvolledige afkoppeling van het rioolstelsel. Als minimum is aangehouden 100 mm per jaar en als maximum geldt 150 mm per jaar. Deze getallen zijn gebaseerd op een globale waterbalans en op een gemeten waterbalans in een woonwijk in Lelystad [Van der Ven, 1986].

TABEL V - Globale waterbalans.

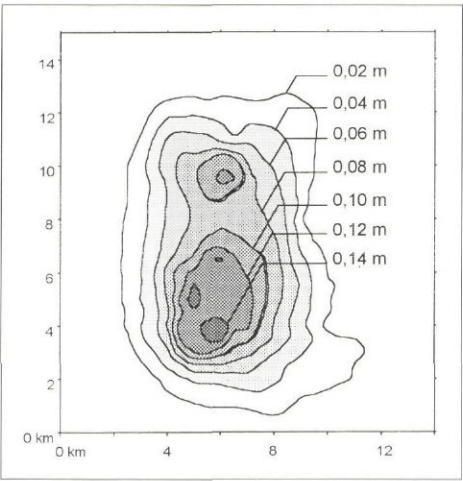
Gem. jaarlijkse neerslag	775 mm
gemiddelde afvloeiingscoëfficiënt C	0,6
verhardingspercentage	0,32 tot 0,35
→ gem jaarlijkse grondwateraanvulling:	149 tot 163 mm

Resultaten van de modelberekeningen

Door infiltratiemaatregelen neemt de stijghoogte onder de stedelijke gebieden toe. De afbeeldingen 7 en 8 tonen het minimale en het maximale scenario. Door de verandering in verticale grondwaterstroming neemt de infiltratie benedenstrooms af (afb. 9 en 10): door de verhoogde infiltratie bovenstrooms neemt de kwelflux toe, waardoor benedenstrooms minder infiltratie optreedt. De veranderingen in stijghoogte en in kwel treden op in de directe omgeving van het stedelijke gebied waarbij de straal van invloed ongeveer 4 km is. Deze resultaten zijn hydrologisch gezien tamelijk klein, maar de ecologische effecten kunnen veel sterker zijn, doordat de vegetatie zeer gevoelig is voor kleine veranderingen in de omgeving. De resultaten van het ecologische model zijn uitgedrukt in veranderingen in natuurwaarden. In tabel VI zijn de resultaten van de infiltratiemaatregelen weergegeven ten opzichte van het BBA. In het BBA is de grondwaterwinning in het Gooi 7 miljoen m³ per jaar en is het peil in

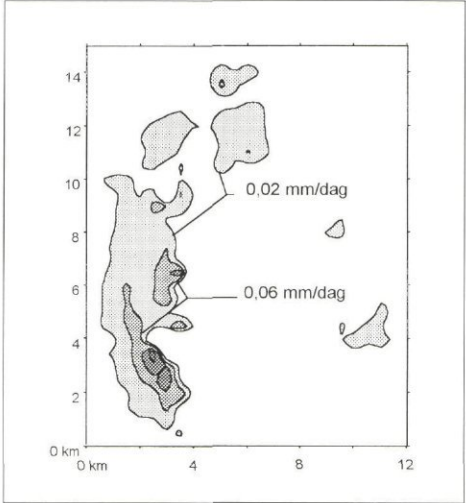


Afb. 7 - Veranderingen in stijghoogte ten gevolge van minimaal infiltratiescenario.

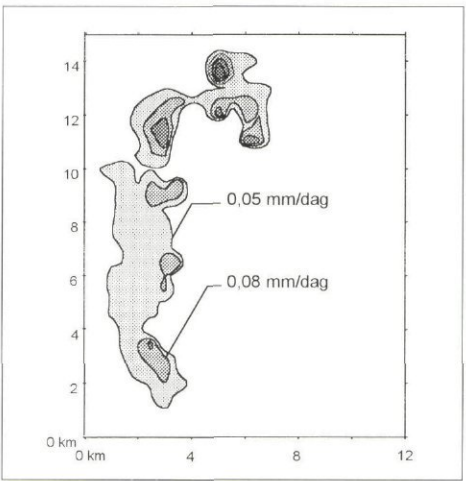


Afb. 8 - Veranderingen in stijghoogte ten gevolge van maximaal infiltratiescenario.

de Horstermeerpolder opgezet tot plas-dras in het zuiden en noordwesten van de polder. De kalibratiesituatie is de situatie in het referentiejaar 1985: de grondwaterwinning bedraagt 14 miljoen m³ per jaar. In de autonome situatie zijn alle vaststaande ontwikkelingen gerealiseerd, is de grondwaterwinning 7 miljoen m³ per jaar en blijft het huidige peil in de Horstermeerpolder gehandhaafd. Minimaal afkoppelen betekent 100 mm infiltratie in Hilversum, maximaal afkoppelen houdt in 150 mm infiltratie in Hilversum, Bussum en Naarden.



Afb. 9 - Veranderingen in verticale grondwaterstroming ten gevolge van minimaal infiltratiescenario.



Afb. 10 - Veranderingen in verticale grondwaterstroming ten gevolge van maximaal infiltratiescenario.

TABEL VI - Natuurwaarden in Vechtplassengebied bij verschillende scenario's.

Scenario	Natuurwaarde Vechtstreek (zonder Horstermeerpolder)	Toename natuurwaarde
kalibratie-situatie (1985)	15,1	-11,0
bij autonome ontwikkelingen	23,6	-2,5
BBA	26,1	0
BBA + minimaal afkoppelen	26,3	+0,2
BBA + maximaal afkoppelen	27,0	+0,9
3 miljoen m ³ grondwaterwinning per jaar, peil zuid en noordwest Horstermeer plasdras	26,9	+0,8

In het maximale scenario bedraagt de natuurwinst 0,9 natuurluipen ten opzichte van het BBA. Deze toename is vooral opvallend omdat in het BBA al een grote natuurwinst geboekt is ten opzichte van de huidige situatie. De inspanning nodig voor een extra verbetering is in het algemeen onevenredig zwaar.

Ter vergelijking staat in tabel VIII een scenario waarvan de natuurwinst vergelijkbaar is. In dit scenario wordt 3 miljoen m³ grondwater gewonnen door de drinkwaterbedrijven en wordt het peil in het zuiden en noordwesten van de Horstermeerpolder opgezet tot plas-dras. De kosten van deze maatregel zijn f 52.000.000,-. Als blijkt dat de kosten van infiltratiemaatregelen lager of vergelijkbaar zijn met deze genoemde kosten, verdienen de infiltratiemaatregelen het om uitgeoerd te worden.

De kans dat op deze schaal afkoppelingsmaatregelen getroffen zullen worden is echter klein. Niet alle oppervlakken zijn geschikt voor afkoppeling en particulieren kunnen wellicht niet gedwongen worden mee te werken, zodat afkoppelen op basis van vrijwilligheid zal plaatsvinden. Bovendien is in het maximale afkoppelings-scenario een aantal aannames gedaan die positief werken op het maximaal infiltreerbare volume regenwater. In werkelijkheid zal het infiltratievolume kleiner zijn en daardoor is ook de maximale natuurwinst kleiner.

Conclusies en aanbevelingen

Voor de kwaliteit is geconcludeerd dat de samenstelling van het infiltratiewater moeilijk vast te stellen is, maar dat er wel mogelijkheden zijn. Kwantitatief zijn de infiltratiemogelijkheden voldoende: het is waarschijnlijk dat het water in de bodem gebracht kan worden. Bovendien is de theoretische natuurwinst substantieel, zodat het waarschijnlijk is dat infiltratiemaatregelen verdroging in het Vechtplassengebied zullen tegengaan.

Uit modelberekeningen blijkt dat door infiltratiemaatregelen kwel en stijghoogte verbeteren in de directe omgeving van het stedelijke gebied. Deze veranderingen resulteren in een toename van natuurluipen voor het Vechtplassengebied. De toename van de natuurwaarde door afkoppelen is vergelijkbaar met een toename van natuurwaarde door afname van de grondwaterwinning in het Gooi van 7 tot 3 miljoen m³ per jaar. De geschatte kosten van dit scenario zijn circa f 52.000.000,-.

Het bijkomende voordeel van afkoppelen is de ontlasting van het rioolstelsel. Aanbevolen wordt onderzoek te verrichten naar de kosten van infiltratievoorzieningen en naar de mogelijkheden voor inpassing van infiltratievoorzieningen. Dit laatste

moet plaatsvinden in samenhang met de verwachte kwaliteit. Bovendien wordt aanbevolen de winst op riooltechnisch gebied te onderzoeken. Omdat de infiltratiemaatregelen bijdragen aan het tegengaan van verdroging en omdat verwacht wordt dat ook op riooltechnisch gebied voordelen te behalen zijn, wordt aanbevolen afkoppelings- en infiltratiemaatregelen toe te passen. De selectie van af te koppelen oppervlakken moet echter zeer zorgvuldig plaatsvinden.

Literatuur

- Reydon, M. J. P. (1996). *Afkoppelen in het Gooi voor Natuurontwikkeling in het Vechtplassengebied*, afstudeerrapport TU Delft, Civiele Techniek, Hydrologie, Delft.
- Provincie Noord-Holland (1996). *Waterhuishoudkundige Herinrichting Horstermeerpolder*, hoofd rapport, Haarlem.
- Bakel et al (1995). *Verstedelijking en Verdroging*, NOV-rapport 4-1, Deventer.
- Grotehusmann, D. (1995). *Versickerung von Niederschlagsabflüssen unter Berücksichtigung des Grundwasserschutzes*, dissertatie, Hannover 1995.
- TNO-IGG (1993). *Landelijke Hydrologische Systeemanalyse Midden Nederland*, Delft.
- Barendregt et al. (1989). *Het Hydro-ecologisch Model ICHORS (versie 2.0 en 3.0). De relatie tussen water- en moerasplanten en milieufactoren in Noord-Holland*, Interfacultaire Vakgroep Milieukunde van de Rijksuniversiteit Utrecht/Provincie Noord-Holland.
- Van de Ven, F. H. M. (1986). *Van Neerslag tot Rioolloop*, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.
- Oldenkamp, Van Campen (1986). *Afkoppelen verharde oppervlakken; kwalitatieve aspecten*, NWRW 7.2.1, Deventer.
- Tauw Civiel en Bouw (1995). *Integraal Waterbeheer, State of the art (concept)*, Deventer.

• • •

Waterbodem/oppervlaktewater

• Slot van pagina 429.

aangevoerde (verontreinigde) water uit de Schermerboezem tot de streefwaarden heeft slechts een beperkte invloed op de kwaliteit van het nieuwe sediment. Dit heeft te maken met het feit dat de gehalten aan de onderzochte componenten in het water in de huidige situatie al niet veel boven de streefwaarden liggen. Het scenario waarin de emissie van scheepswerven en de uitloging van scheepswerven wordt gereduceerd, lijkt een gering effect te sorteren op de waterbodemkwaliteit. Hierbij moet opgemerkt worden dat het schematiseren van de belasting door de scheepvaart tot een homogene bron tot vertekende resultaten kan leiden. In de omgeving van scheepswerven en jachthavens zal een reductie van de belasting van de scheepvaart wel een aanzienlijke lokale verbetering van de toekomstige waterbodemkwaliteit tot gevolg hebben.

Conclusies

Uit de bovengenoemde case-studies blijkt dat de kwaliteit van het nieuw gevormde sediment in de watergang Smal Weesp en in de Zaan in de toekomst zullen verbeteren. Dit is mede het gevolg van de doorgeoerde saneringen van puntbronnen. De aanwezigheid van diffuse bronnen zorgt er echter voor dat de beoogde milieukwaliteit nog niet behaald wordt. In de toekomst zal de aandacht gericht moeten worden op het verder terugdringen van de belasting van diffuse bronnen. Met de in dit artikel beschreven methoden kan een inzicht worden verkregen in de kwaliteit van het nieuw gevormde sediment. Het hanteren van een handberekening ('worst-case') kan tot afwijkende resultaten leiden. Met een computersimulatie kan de waarheid beter worden benaderd. Vooral in de meer complexe watersystemen is het gebruik van een computermodel aan te raden. Opgemerkt moet worden dat de resultaten zorgvuldig dienen te worden geïnterpreteerd. De processen in de waterbodem hangen af van vele factoren die per situatie kunnen verschillen.

• • •

Cursus Waterbeheer en natuurontwikkeling

Het Transferpunt Larenstein organiseert een cursus 'Waterbeheer en natuurontwikkeling'. De cursus vindt plaats in september en oktober 1997 in Velp. Nadere inlichtingen: Transferpunt Larenstein, Postbus 9001, 6880 GB Velp, telefoon 026 - 369 56 40.