

Uitbreiding bevaarbaar water ten behoeve van recreatiewoningen Harderwold

- Hydrologisch vooronderzoek
- Uitwerking waterhuishoudkundig ontwerp

12 oktober 2007



Bell Hullenaar

Ecohydrologisch
Adviesbureau

Schellerweg 112, [redacted] Zwolle
tel 038-4774559 fax 038-4774574
E-mail [redacted]

in opdracht van:



PROJECTONTWIKKELING
RECREATIE

E-mail: [REDACTED] /

Datum: 12 oktober 2007

Niets uit deze uitgave mag worden verminigvuldigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de projectuitvoerder en opdrachtgever.

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Eerste scenario-onderzoek	3
2.1	Opzet van het scenario-onderzoek	3
2.2	Specificatie van de scenario's	4
2.3	Resultaten van de scenario-berekeningen	6
2.4	Conclusies	8
3	Tweede scenario-onderzoek	9
3.1	Inleiding	9
3.2	Specificatie van de aanpassingen	9
3.3	Resultaten van de aanvullende scenario-berekeningen	10
3.4	Conclusies	10
4	Uitwerking van het waterhuishoudkundig ontwerp	11
4.1	Inleiding	11
4.2	Uitgangssituatie	11
4.3	Hoofdropzet van de uitbreiding	12
4.4	Inrichting en beheer van de hoogwaterloop	16
4.5	Locatie van de pomp	18
4.6	Doorspoelingsmogelijkheden	19
4.7	Functioneren in extreem natte perioden	22

Literatuur

Kaarten met de resultaten van de modelberekeningen

1 Inleiding

De Cammingha Groep wil een uitbreiding realiseren van het bevaarbare water ten behoeve van de recreatiewoningen in het Harderwold. Om tot een goede waterhuishoudkundige inrichting te komen, en alle relevante informatie voor het doorlopen van de procedures voor de ontheffing van de keur en de ontgrondingsvergunning in beeld te brengen, is op basis van hydrologisch vooronderzoek een waterhuishoudkundig ontwerp vervaardigd voor de uitbreiding.

In het kader van de keurontheffing is met name de watertoets van groot belang. Hierbij zal beoordeling van het plan plaatsvinden op alle van belang zijnde waterhuishoudkundige aspecten. Het accent ligt in dit geval op het voorkomen van verdroging van de natuurgebieden in de omgeving, waterkwaliteitsaspecten en het voorkomen en zo mogelijk reduceren van wateroverlast in extreem natte perioden. Het hydrologisch onderzoek en de uitwerking van het ontwerp zijn daarom op deze aspecten toegespitst.

Speciale aandacht is hierbij besteedt aan de relatie met het aangrenzende natuurgebied het Harderbos. De eigenaar van dit gebied, Natuurmonumenten, werkt momenteel aan een vernatting van dit bos door middel van het treffen van waterconserveringsmaatregelen. Bovendien heeft Natuurmonumenten (op langere termijn, als de betreffende grond kan worden verworven) de wens om in het gebied ten noordwesten van het Harderwold (globaal gezien de zone tussen de Pluvierentocht en de Sternweg) natte bostypen tot ontwikkeling te brengen. Uitbreiding van het bevaarbare water mag de gewenste vernatting van het Harderbos in ieder geval niet frustreren. Verder is het ongewenst dat de uitbreiding de mogelijkheden van de eventuele ontwikkeling van nieuwe natte bostypen aan de noordwestzijde belemmert.

De hydrologische effecten van aanleg van het bevaarbare water in de huidige vorm en van het treffen van de waterconserveringsmaatregelen in het Harderbos (en in de overige aangrenzende natuurgebieden Harderbroek en Kievitslanden) zijn reeds berekend met behulp van een grondwatermodel (Bell Hullenaar, 2003). Om af te leiden op welke manier de uitbreiding van het bevaarbare water gerealiseerd kan worden zonder negatieve gevolgen voor de gewenste vernatting van het Harderbos en de eventuele ontwikkeling van natte bostypen in de zone tussen de Pluvierentocht en de Sternweg heeft de Cammingha Groep aan Bureau Bell Hullenaar gevraagd met het grondwatermodel de effecten van een aantal scenario's door te rekenen.

Doelstelling

Doel van het project is het uitwerken van een goed onderbouwd waterhuishoudkundig ontwerp voor uitbreiding van het bevaarbaar water op basis van hydrologisch vooronderzoek. Met het vooronderzoek moet de vraag beantwoord worden op welke wijze de uitbreiding van het bevaarbare water gerealiseerd kan worden zonder negatieve gevolgen voor de gewenste vernatting van het Harderbos en van de zone tussen de Pluvierentocht en de Sternweg. Bij de uitwerking van het ontwerp moet bovendien aandacht besteedt worden aan waterkwaliteitsaspecten en aan het functioneren van het gebied in extreem natte perioden.

Aanpak

Met behulp van het hydrologische model zijn de effecten van een aantal scenario's doorgerekend en vergeleken met het oorspronkelijke plan. In eerste instantie is hierbij een schetsontwerp voor uitbreiding van het bevaarbare water doorgerekend (hoofdstuk 2). Later is ook een nadere stedenbouwkundige uitwerking van het ontwerp doorgerekend (hoofdstuk 3). Voor een beschrijving van het model wordt verwezen naar het rapport "Hydrologisch onderzoek Harderwold, Harderbos, Kievitslanden, Harderbroek en Kievitslanden (Bell Hullenaar, 2003)".

In hoofdstuk 4 wordt de uitwerking van het waterhuishoudkundig ontwerp voor de uitbreiding van het bevaarbare water gegeven. Het ontwerp wordt eerst in hoofdlijnen toegelicht en vervolgens wordt dieper ingegaan op de belangrijkste onderdelen van de watersystemen. Daarbij wordt nadrukkelijk aangegeven op welke wijze rekening is gehouden met waterkwaliteits- en waterbergingsaspecten.

2 Eerste scenario-onderzoek

2.1 Opzet van het scenario-onderzoek

Uitgaande van het schetsontwerp voor uitbreiding van het recreatiepark zijn aanvankelijk vier scenario's doorgerekend:

- Scenario 1: fase 2 van de uitbreiding van het bevaarbare water (in aanvulling op fase 1: het reeds aangelegde bevaarbare water).
- Scenario 2: fase 3 van de uitbreiding van het bevaarbare water.
- Scenario 3: eventuele ontwikkeling van nat bos in het gebied ten noordwesten van het recreatiepark, zonder uitbreiding van het bevaarbare water.
- Scenario 4: eventuele ontwikkeling van nat bos in het gebied ten noordwesten van het recreatiepark, met uitbreiding van het bevaarbare water (volgens fase 3).

Scenario's 1, 2 en 4 zijn doorgerekend met een hoogwaterloop op de grens van het recreatiegebied en het natuurgebied. In scenario 1 betreft het een hoogwaterloop aan de noordoostkant van het recreatiegebied (op de grens met het Harderbos). In scenario's 2 en 4 is behalve een hoogwaterloop aan de noordoostkant ook een hoogwaterloop aan de noordwestkant opgenomen.

Een hoogwaterloop is een loop die dient voor de aanvulling van het grondwater door middel van infiltratie van oppervlaktewater vanuit een waterloop. De loop dient hiertoe door middel van aanvoer van water altijd op een (relatief) hoog peil gehouden te worden. In de berekeningen is daarbij uitgegaan van een waterpeil van -3,5 mNAP. Dit is enkele decimeters hoger dan het grondwaterniveau (van het aangrenzende natuurgebied) en circa 50 cm beneden het huidige maaiveldsniveau. Wateraanvoer (voor het op peil houden van de hoogwaterloop) kan bijvoorbeeld plaatsvinden met behulp van een pomp vanuit het bevaarbare water.

De effecten van de vier doorgerekende scenario's worden vergeleken met de effecten van het oorspronkelijke plan en de uitgangssituatie (voor de start van aanleg van het recreatiepark en uitvoering van de maatregelen in de omliggende natuurgebieden).

De berekeningen zijn uitgevoerd met een stationair grondwatermodel en zijn geldig voor een wintersituatie. Aanvullend hierop wordt op indicatieve wijze ook aangegeven wat de te verwachten effecten zijn in de zomersituatie.

2.2 Specificatie van de scenario's

De maatregelen die bij de specificatie van de scenario's in de onderstaande tekst worden beschreven zijn in hoofdlijnen weergegeven op de kaarten met de berekende effecten (kaarten 1 t/m 5).

Oorspronkelijke plan (kaart 1)

Het oorspronkelijke plan betreft de uitvoering van maatregelen zoals uitgewerkt op de plankaart (figuur 6.1) van het rapport "Hydrologisch onderzoek Harderwold, Harderbos, Harderbroek en Kievitslanden" (Bell Hullenaar, 2003).

Scenario 1 (kaart 2)

- Scenario 1 betreft fase 2 van de uitbreiding van het bevaarbare water volgens het schetsontwerp. In fase 2 wordt uitgegaan van de aanleg van twee takken in het gebied ten noordoosten van het reeds aangelegde bevaarbare water.
- In het gedeelte waar de uitbreiding van het bevaarbare water plaatsvindt is op de grens van het recreatiegebied en het Harderbos een hoogwaterloop aanwezig, met een peil van -3,5 mNAP. Voor de hoogwaterloop is een breedte van 2 meter aangenomen (voor het infiltrerende deel van de waterloop, ofwel de onderbreedte van de waterloop) en een weerstand van 3 dagen.
- In het overige gedeelte van het recreatiepark (noordwestelijke deel) wordt vastgehouden aan het oorspronkelijke ontwerp van het watersysteem in het recreatiepark (dus overeenkomstig het oorspronkelijke plan).

Scenario 2 (kaart 3)

- Scenario 2 betreft fase 3 van de uitbreiding van het bevaarbare water volgens het schetsontwerp. In fase 3 wordt (in aansluiting op het gedeelte van fase 2) uitgegaan van de aanleg van een aantal takken in het noordwestelijke deel van het recreatiepark.
- Niet alleen op de gehele noordoostgrens maar ook op de noordwestgrens van het recreatiepark wordt een hoogwaterloop aangelegd. Net als in scenario 1 heeft de hoogwaterloop een peil van -3,5 mNAP.

Scenario 3 (kaart 4)

- Scenario 3 betreft de eventuele realisatie van nat bos in het gebied ten noordwesten van het recreatiepark, zonder uitbreiding van het bevaarbare water. Scenario 3 is dus alleen bedoeld als vergelijkingsmateriaal voor scenario 4 (= realisatie van nat bos met uitbreiding van het bevaarbare water).
- Het gebied waar ontwikkeling van nat bos gewenst is omvat de zone tussen de Pluvierentocht en de Sternweg (exclusief de bebouwde percelen langs de Sternweg) en de zone tussen het recreatiepark en de Pluvierentocht.
- In de berekeningen is uitgegaan van handhaving van de sloten aan weerszijden van de Ganzenweg (en afwatering hiervan in noordwestelijke richting). Via de zuidwestelijke sloot kan zo ook het bebouwde perceel dat ingeklemd wordt door het Roerdompgebied blijven afwateren. Bij de bebouwing langs de Sternweg is uitgegaan van handhaving (en eventueel aanleg) van sloten op de grenzen van de erven. Door de omvang van de gridcellen in het bestaande model konden de (grenzen van de) bebouwde percelen echter niet exact ingevoerd worden.

- In het gebied met ontwikkeling van nat bos is uitgegaan van een drainage-niveau dat nagenoeg gelijk is aan maaiveld (0 tot 20 cm beneden maaiveld). In relatie tot het verloop in maaiveld (zie figuur 2.4 van het hydrologisch onderzoek Harderwold, Harderbos, Harderbroek en Kievitslanden; Bell Hullenaar, 2003) daalt het drainageniveau in het natte bosgebied van -3,0 in de hooggelegen delen tegen het recreatiepark en het Roerdompgebied aan naar -3,4 in het laaggelegen deel ten noordoosten van de Ganzenweg. Er is dus uitgegaan van demping of afdamming van de Pluvierentocht en alle perceelsloten in het gebied, inclusief de sloten op de grens met het Harderbos.
- Voor de afvoer van het overschot aan natuurwater van het natte bosgebied is op de kaart op indicatieve wijze een loop / slenk aangegeven, waarlangs de afvoer zou kunnen plaatsvinden. Middels een duiker (sifon) kruist de natuurloop de Ganzenweg. Er is bewust voor gekozen om de afvoer niet via de Pluvierentocht te handhaven, omdat deze loop in wat hoger gelegen gebied ligt (maaiveld loopt op in zuidoostelijke richting). Handhaving van de afvoer via de Pluvierentocht zou namelijk betekenen dat hier het drainage-niveau niet tot aan maaiveld verhoogd zou kunnen worden, want anders zouden de laaggelegen gebieden aan de noordwestzijde niet meer op maaiveldsniveau kunnen afwateren. Dit scenario kan zodoende beschouwd worden als de meest verregaande vernattingsvariant. Bij een eventuele uiteindelijke inrichting van het gebied zal definitief besloten moeten worden hoe de afwatering plaats zal moeten vinden.
- Vanaf het laaggelegen deel ten noordoosten van de Ganzenweg wordt het wateroverschot afgevoerd naar de afvoerloop tussen de golfbaan en het gedeelte van het park met verblijfsrecreatie (= afkoppelingsloop Pluvierentocht). Ook deze loop krijgt een drainageniveau van -3,4 mNAP. De loop mondt uit de hoogwaterloop (peil -3,5 mNAP).

Scenario 4 (kaart 5)

- Scenario 4 betreft de eventuele realisatie van nat bos in het gebied ten noordwesten van het recreatiepark, met uitbreiding van het bevaarbare water volgens fase 3 (uitgaande van het schetsontwerp).
- De maatregelen voor de ontwikkeling van het natte bosgebied zijn zoals genoemd bij de specificatie van scenario 3.
- De maatregelen voor uitbreiding van het bevaarbare water zijn zoals genoemd bij de specificatie van scenario 2 (= fase 3 van de uitbreiding van het bevaarbare water, ofwel de maximale uitbreidingsvariant).

2.3 Resultaten van de scenarioberekeningen

Oorspronkelijke plan (zie kaart 1)

Bij uitvoering van het oorspronkelijke plan blijven de grondwaterstands dalingen als gevolg van aanleg van het bevaarbare water beperkt tot het recreatiegebied zelf. In het aangrenzende deel van het Harderbos wordt door het treffen van waterconserveringsmaatregelen een grondwaterstandsverhoging van 10 tot 30 cm gerealiseerd.

Scenario 1 (fase 2 van de uitbreiding van het bevaarbare water, zie kaart 2)

Bij scenario 1 kunnen in het Harderbos dezelfde grondwaterstandsverhogingen gerealiseerd worden als in het oorspronkelijke plan. De grondwaterstandsverlagingen als gevolg van uitbreiding van het bevaarbare water blijven beperkt tot het recreatiegebied zelf. Dit is vooral te danken aan de aanwezigheid van de hoogwaterloop op de grens van het recreatie- en natuurgebied. Uit eerder voor de Cammingha Groep uitgevoerde aanvullende berekeningen (Bell Hullenaar, 2004) volgde namelijk dat bij uitbreiding van het bevaarbare water in noordoostelijke richting zonder hoogwaterleiding wel grondwaterstands dalingen in het Harderbos zouden optreden.

Scenario 2 (fase 3 van de uitbreiding van het bevaarbare water, zie kaart 3)

Ook bij scenario 2 kunnen in het Harderbos dezelfde grondwaterstandsverhogingen gerealiseerd worden als in het oorspronkelijke plan. Omdat in scenario 2 ook aan de noordwestzijde een hoogwaterloop aanwezig is zijn er ook geen uitstralende effecten in deze richting. De grondwaterstandsverlagingen blijven ook in scenario 2 beperkt tot het recreatiegebied zelf. Het enige verschil met scenario 1 is dat de verlagingen nu ook optreden in het uitbreidingsgebied van fase 3.

Scenario 3 (eventuele ontwikkeling van nat bos in het gebied ten noordwesten van het recreatiepark zonder uitbreiding van het bevaarbare water, zie kaart 4)

Bij uitvoering van de vernattingsmaatregelen volgens scenario 3 kan het gebied ten noordwesten van het recreatiepark in verregaande mate vernat worden: de berekende grondwaterstandsverhogingen lopen uiteen van 50 tot 100 cm. In een groot deel van het gebied stijgt de grondwaterstand zodoende in de wintersituatie tot aan of vlak onder maaiveld.

De vernatting van het gebied is bovendien gunstig voor de aangrenzende natuurgebieden. In het westelijke deel van het Harderbos kunnen veel sterkere grondwaterstandsverhogingen gerealiseerd worden als in het oorspronkelijke plan. In het Roerdompgebied en het Harderbroek liggen de grondwaterstanden in de wintersituatie in het oorspronkelijke plan al op het maximale niveau (dus hierin is geen verschil te zien). Deze gebieden zullen echter door vermindering van de wegzijging in de zomer beter watervoerend blijven: het peil zal minder snel wegzakken.

Extra pluspunt (ten opzichte van het oorspronkelijke plan en scenario's 1 en 2) is dat (in samenhang met de vernatting van het noordwestelijke gebied) ook het drainage-niveau van de afvoerloop tussen de golfbaan en het verblijfsrecreatie-gedeelte (= afkoppelingsloop van de Pluvierentocht) van het park verhoogd kan worden. In de omgeving van de loop treedt zodoende bij scenario 3 een grondwaterstandsverhoging op (in plaats van een verlaging bij het oorspronkelijke plan en scenario's 1 en 2). De verhoging bedraagt 20 tot 30 cm in de noordoek van de golfbaan en 50 tot 100 cm in

het bosgebied ten noordoosten van de loop (terwijl de verlaging bij het oorspronkelijke plan en bij scenario's 1 en 2 in deze gebieden 10 tot 40 cm bedraagt). In de noordhoek van (het nog aan te leggen deel van) de golfbaan kan zodoende een vergelijkbare grondwaterstandsverhoging als in de rest van de golfbaan gerealiseerd worden. Net als in de rest van de golfbaan zorgt de drainage van de golfbaan ervoor dat de drooglegging van de baan voldoende blijft (drainage-niveau = 70 cm beneden huidig maaiveldsniveau).

De vernattingsmaatregelen hebben geen nadelige gevolgen voor de omgeving. De drooglegging van de Ganzenweg, de parallelweg langs de Ganzenweg en het bebouwde perceel dat ingeklemd ligt tussen het Roerdompgebied blijven gewaarborgd door handhaving van de sloten langs de Ganzenweg en de sloten rond het erf van het bebouwde perceel. De drooglegging van de bebouwde percelen langs de Sternweg blijft gewaarborgd door handhaving (en eventueel aanleg) van sloten op de grenzen van de betreffende erven. Met het bestaande model konden (wegens de omvang van de gridcellen) de erven echter niet exact met de juiste begrenzingen ingevoerd worden: om deze reden komt de begrenzing van de zone waar wel en geen verhogingen optreden ook niet exact overeen met de grenzen van de bebouwde percelen.

Scenario 4 (= eventuele ontwikkeling van nat bos in het gebied ten noordwesten van het recreatiepark met uitbreiding van het bevaarbare water, zie kaart 5)

Bij scenario 4 kunnen in het gebied ten noordwesten van het recreatiepark en de aangrenzende natuurgebieden dezelfde grondwaterstandsverhogingen gerealiseerd worden als bij scenario 3. Net als bij scenario 3 treden ook bij scenario 4 de positieve effecten op als gevolg van de verhoging van het drainage-niveau van de afvoerloop tussen de golfbaan en het verblijfsrecreatie-gedeelte van het park (= afkoppelingsloop Pluvierentocht). De grondwaterstandsverlagingen van aanleg en uitbreiding van het bevaarbare water beperken zich ook in scenario 4 (net als in scenario's 1 en 2) tot het recreatiegebied zelf.

Aangezien het peil in de hoogwaterloop iets lager is als in de afvoerloop kan het wateroverschot van het noordwestelijke natte bosgebied gebruikt worden voor het op peil houden van de hoogwaterloop. Naar verwachting zal hier echter alleen in natte winterperioden sprake zijn van een wateroverschot. Desalniettemin ligt hier toch een goede mogelijkheid voor optimalisatie van de waterhuishoudkundige inrichting van het gebied.

Te verwachten effecten in de zomersituatie

Met het stationaire model is het niet mogelijk de effecten voor de zomersituatie te berekenen: dit vereist ombouw naar een niet-stationair model. Ook zonder aanvullende berekeningen kunnen echter de effecten in de zomersituatie in grote lijnen wel afgeleid worden.

Zonder hoogwaterloop zouden de negatieve effecten van aanleg en uitbreiding van het bevaarbare water in zomersituatie in principe sterker zijn dan in de wintersituatie. In die situatie zou namelijk door het droogvallen van de grenssloot de reikwijdte van de effecten groter zijn. Ook voor de zomersituatie geldt echter dat negatieve effecten voorkomen kunnen worden door aanleg van een hoogwaterloop. Aangezien de negatieve effecten zonder hoogwaterloop in de zomersituatie extra groot zouden zijn, is het belang van aanleg van een hoogwaterloop voor de zomersituatie nog groter dan in de wintersituatie.

2.4 Conclusies

Bij uitbreiding van het bevaarbare water van het Harderwold in noordoostelijke richting en aanleg van een hoogwaterloop op de grens van het recreatie- en natuurgebied (= scenario 1) kan de gewenste vernatting van het Harderbos volgens het oorspronkelijke plan gerealiseerd worden.

Ook bij uitbreiding van het bevaarbare water in zowel noordoostelijke als noordwestelijke richting en aanleg van een hoogwaterloop op de grens van het recreatie- en natuurgebied (= scenario 2) kan de gewenste vernatting van het Harderbos volgens het oorspronkelijke plan gerealiseerd worden.

In het gebied ten noordwesten van het recreatiepark kunnen bij het treffen van (interne) waterconserveringsmaatregelen (scenario 3) de grondwaterstanden in het betreffende gebied tot aan of vlak onder maaiveld verhoogd worden, wat betekent dat hier goede mogelijkheden aanwezig zijn voor de ontwikkeling van natte bostypen. De vernatting is bovendien gunstig voor het functioneren van de aangrenzende natuurgebieden: er is een betere vernatting mogelijk van het westelijke deel van het Harderbos dan in het oorspronkelijke plan, en de moerassen van het Roerdompgebied en het Harderbroek blijven in de zomer beter watervoerend door vermindering van de wegzijging. Extra pluspunt is dat ook in de zone langs de afvoerloop tussen de golfbaan en het verblijfsrecreatie-gedeelte van het park grondwaterstandsverhogingen gerealiseerd kunnen worden (in plaats van de verlagingen die optreden bij uitvoering van het oorspronkelijke plan en scenario's 1 en 2). De vernattingsmaatregelen hebben ook geen nadelige gevolgen voor de verdere omgeving.

Bij scenario 4 (= uitbreiding van het bevaarbare water in zowel noordoostelijke als noordwestelijke richting, aanleg van een hoogwaterloop op de grens van het recreatie- en natuurgebied en het treffen van waterconserveringsmaatregelen in het gebied ten noordwesten van het recreatiepark) kunnen dezelfde grondwaterstandsverhogingen gerealiseerd worden als bij scenario 3. In natte winterperioden kunnen de wateroverschotten van het noordwestelijke natte bosgebied bovendien (mede) gebruikt worden voor het op peil houden van de hoogwaterloop. In zomerperioden zullen naar verwachting geen wateroverschotten aanwezig zijn, en zal dus (vanuit het bevaarbare water) water opgepompt moeten worden voor het op peil houden van de hoogwaterloop.

Eindconclusie van het eerste scenario-onderzoek is dus dat uitbreiding van het bevaarbare water volgens het schetsontwerp (zowel wat betreft fase 2 als fase 3) zonder nadelige gevolgen voor het hydrologisch functioneren van de aangrenzende natuurgebieden (zowel het huidige natuurgebied aan de noordoostzijde als het gewenste natuurgebied aan de noordwestzijde) gerealiseerd kan worden, mits op de grens van het recreatiegebied en het natuurgebied een hoogwaterloop wordt aangelegd. Deze hoogwaterloop dient het gehele jaar door op peil gehouden te worden en middels het periodiek opschonen van de bodem dient bovendien voorkomen te worden dat de bodemweerstand van de loop te hoog wordt (omdat anders de infiltrerende werking van de loop vermindert).

3 Tweede scenario-onderzoek

3.1 Inleiding

Aanvankelijk (mei 2007) is een schetsontwerp voor de uitbreiding van het bevaarbare water van Harderwold doorgerekend. In juni 2007 is door landschapsarchitectenbureau Van Empelen Van Aalderen Partners een eerste aanzet tot een stedenbouwkundig ontwerp uitgewerkt voor fasen 2 en 3. De maatvoering van het bevaarbare water wijkt daarbij op enkele punten af van het schetsontwerp. Om de verdere planvorming goed te kunnen doorlopen is daarom in aanvulling op het eerder uitgevoerde onderzoek ook het nieuwe ontwerp doorgerekend. De aanpassingen zijn doorgerekend voor scenario 2 (fase 2 & 3 van de uitbreiding van het bevaarbare water).

Het betreft twee aanvullende scenario's:

- Scenario 2a: nieuwe ontwerp van het bevaarbare water (voor fasen 2 en 3) en een breedte van 2 meter voor de gehele hoogwaterloop.
- Scenario 2b: als scenario 2a maar met een breedte van 3 meter voor het zuidoostelijke deel van de hoogwaterloop.

3.2 Specificatie van de aanpassingen

Het nieuwe ontwerp is in grote lijnen aangegeven op de kaarten met de berekende effecten (kaarten 6 en 7).

Het betreft de volgende aanpassingen (voor zowel scenario 2a als 2b):

- De vormgeving van het bevaarbare water is aangepast.
- Het bevaarbare water in het noordwestelijke deel van het park is breder gemaakt. Het is echter nog niet zeker of het bevaarbare water ook daadwerkelijk in verbrede vorm wordt aangelegd. In de berekeningen is hiervan wel uitgegaan: in verbrede vorm heeft het bevaarbare water immers in principe het sterkste negatieve effect (door de geringere drainage-weerstand). Bij het achterwege laten van de verbreding zal het effect dus hooguit geringer zijn.
- In het zuidoostelijke deel van de noordoostelijke grenszone van het park is de afstand van het bevaarbare water tot aan de hoogwaterloop gereduceerd van 100 meter in het schetsontwerp naar 75 meter (tussen de oevers van beide systemen) in het nieuwe ontwerp. Langs de noordoostgrens is in het nieuwe ontwerp de afstand tussen het bevaarbare water en de hoogwaterloop zodoende overal hetzelfde geworden.
- In het schetsontwerp reikte een uitloper van het noordwestelijke deel van het bevaarbare water tot vlak aan de hoogwaterloop. Door aanpassing van de vormgeving is dit in het nieuwe ontwerp niet meer het geval.

3.3 Resultaten van de aanvullende scenario-berekeningen

Scenario2a geeft vrijwel dezelfde effecten als scenario 2 (zie kaart 6). Door beperking van de afstand tussen het bevaarbare water en de hoogwaterloop werken de grondwaterstandsverlagingen in de hoek van het Harderbos waar peilbuis B8 is gesitueerd echter iets verder in het natuurgebied door. Dit (kleine) nadelige effect wordt gecompenseerd door de hoogwaterloop in dit gedeelte te verbreden naar 3 meter (=scenario 2b, zie kaart 7). In dat geval zijn de effecten gelijk aan die van scenario 2 en kunnen in het Harderbos dus dezelfde grondwaterstands-verhogingen gerealiseerd worden als in het oorspronkelijke plan

3.4 Conclusies

Ook de uitbreiding van het bevaarbare water volgens het nieuwe ontwerp kan zonder nadelige gevolgen voor het natuurgebied worden uitgevoerd, mits op de grens van het recreatiegebied en het natuurgebied een hoogwaterloop wordt aangelegd. In het zuidoostelijke deel is het daarbij raadzaam de hoogwaterloop met een breedte van 3 meter aan te leggen. Voor het overige deel van de hoogwaterloop is een breedte van 2 meter voldoende.

4 Uitwerking van het waterhuishoudkundig ontwerp

4.1 Inleiding

Op basis van de resultaten van het hydrologisch onderzoek (hoofdstukken 2 en 3) wordt in hoofdstuk 4 het waterhuishoudkundig ontwerp voor de uitbreiding van het bevaarbare water nader uitgewerkt. Voordat het ontwerp wordt behandeld wordt eerst ingegaan op de waterhuishoudkundige uitgangssituatie (paragraaf 4.2). In paragraaf 4.3 wordt de hoofdopzet van de uitbreiding weergegeven. In de hierop volgende paragrafen worden de belangrijke onderdelen van de watersystemen nader toegelicht: inrichting en beheer van de hoogwaterloop (paragraaf 4.4), pomplocatie (paragraaf 4.5), realisatie van mogelijkheden voor doorspoeling van de watersystemen (paragraaf 4.6) en het functioneren van het gebied in extreem natte perioden (paragraaf 4.7).

4.2 Uitgangssituatie

In figuur 4.1 is de uitgangssituatie aangegeven. Fase 1 van het bevaarbare water is nu gereed. De meanderende waterstroom van de golfbaan watert af op het bevaarbare water. De meanderende waterstroom wordt gestuwd met een vistrap en een stuw (St1a) op de overgang naar het bevaarbare water. Het bevaarbare water watert af op de Hoge Dwarsvaart.

Benedenstrooms van stuw St1a ligt een duiker die gebruikt kan worden voor doorspoeling van de zuidelijke arm van het bevaarbare water van fase 1. Met behulp van stuw St1b kan het peil in het traject bovenstrooms van deze stuw opgezet worden, waarmee de gewenste doorspoeling kan plaatsvinden. De duiker en de stuw zijn echter nog niet in gebruik geweest: de duiker is nog afgesloten en bij stuw St1b vindt geen opstuwing plaats. Aangezien zich tot op heden ook geen waterkwaliteitsproblemen hebben voorgedaan, was het ook nog niet nodig om de betreffende arm door te spoelen.

De afkoppelingsloop van de Pluvierentocht (ofwel de Nieuwe Pluvierentocht) is in de huidige situatie nog niet aangelegd.

4.3 Hoofdropzet van de uitbreiding

Uitbreiding van het bevaarbare water vindt (in aanvulling op de reeds gerealiseerde fase 1) plaats in twee vervolgfases:

- Fase 2: uitbreiding van het bevaarbare water in noordoostelijke richting (zie fig. 4.2).
- Fase 3: uitbreiding van het bevaarbare water in noordwestelijke richting (zie fig. 4.3).

In het gedeelte waar uitbreiding van het bevaarbare water plaatsvindt wordt op de grens van het recreatiegebied en het Harderbos een hoogwaterloop aangelegd. Door aanleg van de hoogwaterloop kan uitbreiding van het bevaarbare water zonder nadelige gevolgen voor het hydrologisch functioneren van het aangrenzende natuurgebied het Harderbos gerealiseerd worden (zie resultaten en conclusies van het hydrologisch onderzoek in hoofdstukken 2 en 3). Deze opzet kan daarom gezien worden als een optimale inpassing van de uitbreiding van het bevaarbare water binnen het huidige Peilbesluit Roerdomp.

De inrichting en het beheer van de hoogwaterloop worden nader toegelicht in paragraaf 4.4. De hoogwaterloop wordt op peil gehouden door middel van het oppompen van water uit het bevaarbare water. De onderbouwing van de keuze van de locatie van de pomp is uitgewerkt in paragraaf 4.5.

Om in relatie tot een eventueel (periodiek) minder goede waterkwaliteit problemen met stagnant water en algenbloei te voorkomen, worden voorzieningen aangelegd waarmee de watersystemen kunnen worden doorgespoeld. Deze voorzieningen worden toegelicht in paragraaf 4.6.

In zijn totaliteit zal door de nieuwe inrichting de bergingscapaciteit van het gebied toenemen, wat betekent dat een zekere bijdrage geleverd wordt aan de wateroverlastbestrijding in Nederland. De waterbergingsaspecten worden nader toegelicht in paragraaf 4.7.

In combinatie met fase 2 van de uitbreiding van het bevaarbare water zal ook de Afkoppelingsloop van de Pluvierentocht (ofwel de Nieuwe Pluvierentocht) worden aangelegd. De aanleg is bedoeld om in het deel van de Pluvierentocht binnen het Harderbos (= oostelijke deel van de tocht) een peilverhoging mogelijk te maken, ten behoeve van de verdrogingsbestrijding van het Harderbos.

4.4 Inrichting en beheer van de hoogwaterloop

In samenhang met de gefaseerde uitbreiding van het bevaarbare water wordt ook de hoogwaterloop gefaseerd aangelegd. In fase 2 wordt het oostelijke deel aangelegd, en in fase 3 wordt de hoogwaterloop verder doorgetrokken naar het noordwesten.

Het streefpeil in de loop bedraagt in principe -3,5 mNAP: dit peil is op grond van de modelberekeningen afgeleid. Veiligheidshalve is in de berekeningen echter een behoorlijk hoog peil aangehouden. Proefondervindelijk zal daarom vastgesteld moeten worden wat het optimale peil is: wellicht kan ook met een iets minder hoog peil een negatief effect op de grondwaterstand in het Harderbos al voorkomen worden (indien de infiltratie vanuit de loop sterker is dan verwacht). Zodoende kan dus het onnodig oppompen van te grote hoeveelheden water worden voorkomen. Dit kan worden vastgesteld aan de hand van de monitoring van de grondwaterstanden in het Harderbos (peilbuizen B2, B3 en B8 van Natuurmonumenten). Daarom is op de ontwerpkaarten voor de hoogwaterloop ook geen vast peil van -3,5 mNAP maar een peilbereik van -3,5 tot -4,0 mNAP aangehouden.

Voor een goede werking van de hoogwaterloop moet de loop de deklaag die in het gebied aanwezig is geheel doorsnijden. De deklaag bestaat uit een laag klei waarvan de dikte op het tracé van de hoogwaterloop uiteenloopt van 1,3 tot 1,7 meter (volgens boorgegevens van Rijkswaterstaat, zie figuur 2.3 van het "Hydrologisch onderzoek Harderwold, Harderbos, Harderbroek en Kievitslanden", Bell Hullenaar 2003). De loop moet dus ook (minimaal) 1,3 tot 1,7 meter diep worden zodat de bodem van de loop tot aan (of net in) de zandondergrond reikt. Uitgaande van een maaiveldshoogte -3,0 mNAP ontstaat dan in de loop een gemiddelde waterdiepte van circa 1 meter (zie figuur 4.1).

Voor de hoogwaterloop kan in het zuidoostelijke deel het best een onderbreedte van 3 meter worden aangehouden, en in de overige delen is een onderbreedte 2 meter voldoende (= conform scenario 2b). Bij een grotere breedte is het ruimtebeslag van de loop onnodig groot en moet onnodig veel water worden opgepompt, en bij een geringere breedte moet de loop intensiever onderhouden worden om het beoogde effect tot stand te brengen. Bij de aanbevolen onderbreedten mag verwacht worden dat bij het eenmaal per jaar opschonen van de loop de weerstand voldoende laag blijft voor het realiseren van de beoogde infiltrerende werking. In figuur 4.4 wordt een dwarsprofiel weergegeven van de hoogwaterloop voor het gedeelte met een onderbreedte van 2 meter.

Behalve voor de instelling van het optimale peil kunnen de meetreeksen van peilbuizen B2, B3 en B8 ook gebruikt worden voor de fine-tuning van het onderhoud van de hoogwaterloop: indien blijkt dat ook bij een minder frequent onderhoud de grondwaterstanden op niveau blijven (en de infiltrerende werking van de hoogwaterloop dus voldoende is) dan kan het onderhoud geëxtensiveerd worden. Dit is niet alleen interessant vanuit het oogpunt van kostenbesparing maar ook vanuit ecologisch oogpunt.

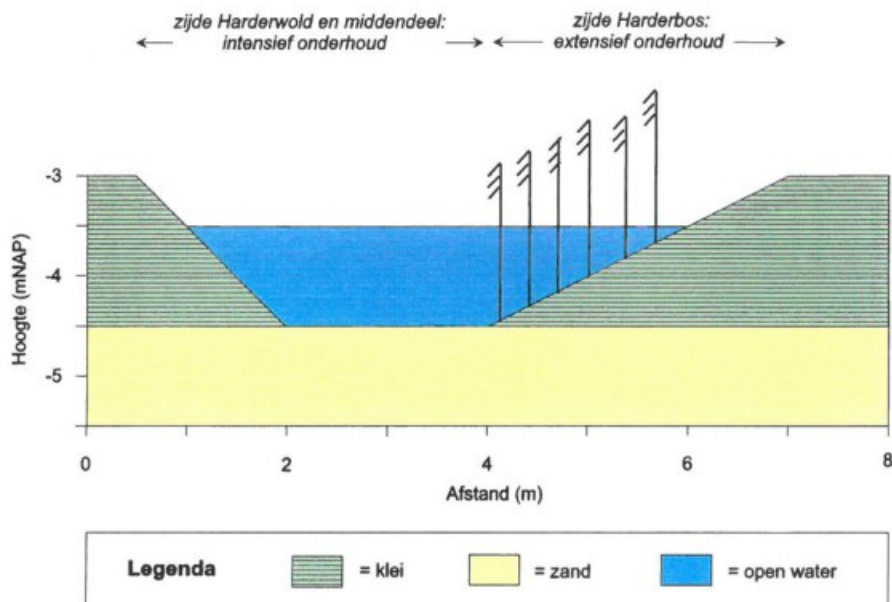
Het ecologisch functioneren van de hoogwaterloop kan ook geoptimaliseerd worden door zonering van het onderhoud van de loop. In de oeverzone aan de zijde van het Harderbos kan de nadruk meer gelegd worden op de natuurfunctie: door middel van extensief onderhoud kan hier een rietvegetatie tot ontwikkeling gebracht worden (zie figuur 4.1). In het middendeel van de loop moet (voor het bewerkstelligen van een goede infiltrerende werking) een (relatief) intensief onderhoud toegepast worden: dit biedt echter juist weer kansen voor een interessante aquatische levensgemeenschap. Een wat intensiever onderhoud is ook goed passend in de oeverzone aan de zijde van het recreatiepark. Bij een beheer van maaien en afvoeren kan hier een interessante graslandvegetatie tot ontwikkeling gebracht worden. Indien er op bepaalde plekken langs de loop ruimte beschikbaar is, kan ook overwogen worden flauwe taluds en een glooiende oeverlijn toe te passen. Dit kan zowel aan de zijde van het Harderbos als de aan de zijde van het Harderwold gedaan worden.

Zoals gezegd kan de wateraanvoer het best plaatsvinden door het oppompen van water vanuit het bevaarbare water: het bevaarbare water ligt op korte afstand van de hoogwaterloop en er is hier altijd water beschikbaar. Het water dat uit de hoogwaterloop infiltreert naar het grondwater komt bovendien in het bevaarbare water weer aan de oppervlakte: er wordt dus eigenlijk een lokaal stromingsstelsel gecreëerd waarbij in feite geen of nauwelijks input van extern water nodig is. Het betreft hierbij uiteraard wel een kunstgreep, die echter wel effectief is. Goede alternatieven voor een hoogwaterloop zijn ook niet voorhanden: bij het plaatsen van bijvoorbeeld een damwand zou voor een redelijke afsluiting een diepte van tenminste 10 à 15 meter aangehouden moeten worden (tot op de Eemklei), wat enorme kosten met zich mee zou brengen, terwijl dan nog steeds beïnvloeding kan plaatsvinden via de diepere watervoerende lagen.

De pomp dient daarbij voorzien te worden van een vlotterinstallatie: door de vlotter wordt een overschrijding van het steefpeil signaleerd en slaat de pomp aan. De benodigde pompcapaciteit (voor aanvulling van het infiltratieverlies) is met het beschikbare model niet goed te berekenen: het model is niet geijkt op aan- en afvoeren (alleen op grondwaterstanden) en het betreft een stationair model voor de wintersituatie (het is dus niet geldig voor de zomersituatie, terwijl juist dan veruit het meeste water nodig is). Desalniettemin wordt op grond van de modelberekeningen toch een grove indicatie gegeven voor aanvulling van het infiltratieverlies:

- Scenario 1: berekende hoeveelheid bedraagt 2 l/s voor de wintersituatie, ruwe schatting van circa 5 l/s voor de zomersituatie.
- Scenario 2 en 2a: berekende hoeveelheid bedraagt 6 l/s voor de wintersituatie, ruwe schatting van circa 15 l/s voor de zomersituatie.
- Scenario 2b: berekende hoeveelheid bedraagt 7 l/s voor de wintersituatie, ruwe schatting van circa 17 l/s voor de zomersituatie.
- Scenario 4: in de berekende wintersituatie is het niet nodig om water op te pompen (er is voldoende wateroverschot uit het nieuwe natte bosgebied), maar in de zomer is bijna net zoveel als nodig is in scenario 2.

In relatie tot het realiseren van doorspoelingsmogelijkheden voor de hoogwaterloop en het bevaarbare water (zie paragraaf 4.6) zal de pomp echter een hogere capaciteit moeten hebben dan de weergegeven waarden voor aanvulling van het infiltratieverlies.



Figuur 4.4 Dwarsprofiel hoogwaterloop (voor gedeelte met onderbreedte = 2 meter)

4.5 Locatie van de pomp

De pomp wordt gesitueerd in de oosthoek van het bevaarbare water van fase 2. De pomp staat zo gelijk op de juiste plek als op termijn fase 3 aangelegd wordt en de hoogwaterleiding doorgetrokken wordt. Bovendien is deze locatie gunstig omdat in het bevaarbare water altijd water beschikbaar is, aangezien het bevaarbare water in open verbinding staat met de Hoge Dwarsvaart.

Bij deze opzet bestaat de mogelijkheid dat in droge perioden water aangetrokken wordt uit de Hoge Dwarsvaart (echter pas als het surplus aan kwelwater, het wateroverschot van de golfbaan en van de Nieuwe Pluvierentocht geringer is als het op te pompen hoeveelheid water). Het vermoeden bestond dat de waterkwaliteit van de Hoge Dwarsvaart wellicht niet optimaal zou zijn en er vanuit waterkwaliteitsoogpunt beter gebruikt gemaakt zou kunnen worden van water uit de (Nieuwe) Pluvierentocht. Om deze vragen te kunnen beantwoorden zijn de waterkwaliteitsgegevens van enkele meetpunten van het waterschap opgevraagd en geïnterpreteerd. Daarbij is met name gekeken naar de fosfaat-concentraties: aquatische ecosystemen zijn namelijk doorgaans fosfaat-gelimiteerd (dus als de fosfaatconcentraties hoog zijn is er in de zomer een hoge kans op algenbloei).

Het betreft de gegevens van meetpunten 551 en 524 in de Hoge Dwarsvaart en van meetpunt 694 in de Pluvierentocht (zie kaart van figuur 4.5). In figuur 4.6 zijn de totaal-fosfaat en ortho-fosfaatconcentraties van deze drie meetpunten voor de periode 2003 t/m juli 2007 grafisch weergegeven. Uit de grafieken blijkt ten eerste dat de fosfaatconcentraties zowel in de Hoge Dwarsvaart als in de Pluvierentocht niet erg hoog zijn (P-totaal doorgaans lager dan 0,15 mgP/l). Ten tweede volgt uit de grafieken dat de fosfaatconcentraties in de Hoge Dwarsvaart in ieder geval niet hoger zijn dan in de Pluvierentocht, en in 2007 zelfs beduidend lager zijn dan in de Pluvierentocht: in de Pluvierentocht schommelt de P-totaal concentratie in 2007 tussen de 0,1 en 0,15 mgP/l en in de Hoge Dwarsvaart tussen de 0,06 en 0,09 mgP/l. Dit betekent dat het ook op grond van waterkwaliteitsoverwegingen goed is om het water uit de beoogde locatie te onttrekken, en niet uit een locatie aan de westzijde, waar gebruik gemaakt zou kunnen worden van water uit de Pluvierentocht.

Bovendien is de oostelijke pomplocatie ook gunstig in samenhang met eventuele realisatie van natte bostypen in het gebied tussen het recreatiepark en de Sternweg. In die situatie is het namelijk wenselijk om ook het peil in de Pluvierentocht en de Afkoppelingsloop in sterke mate te verhogen (naar circa -3,4 mNAP). In natte winterperioden kunnen de wateroverschotten van dit bosgebied langs vrij verval naar de Hoogwaterleiding afgevoerd worden, en gebruikt worden voor het op peil houden van deze loop en realisatie van doorstroming. In droge zomerperioden zal hier echter (door de sterke peilverhoging) naar verwachting geen wateroverschot beschikbaar zijn. Indien in die situatie toch water uit de Afkoppelingsloop van de Pluvierentocht zou worden opgepompt, dan zou dit ten koste gaan van het nieuwe natte bosgebied.

Enige nadeel van de oostelijke pomplocatie is de grote benodigde opvoerhoogte (1,7 meter, ipv 1,05 meter bij de Pluvierentocht). Bij eindafweging van alle verschillende aspecten is de oostelijke locaties desalniettemin echter veel beter dan de westelijke locatie.

4.6 Doorspoelingsmogelijkheden

Net als in de uitgangssituatie zal de waterkwaliteit van het bevaarbare water dankzij het optreden van sterke (grotendeels diepe) kwel naar verwachting doorgaans goed zijn. Aangezien ook de hoogwaterloop grotendeels met dit water gevoed wordt zal ook de waterkwaliteit van deze loop naar verwachting goed zijn. In droge zomerperioden bestaat desalniettemin de kans dat door het aantrekken van water uit de Hoge Dwarsvaart de waterkwaliteit periodiek wat minder wordt (ondanks het feit dat de metingen laten zien dat ook hier de kwaliteit redelijk goed is).

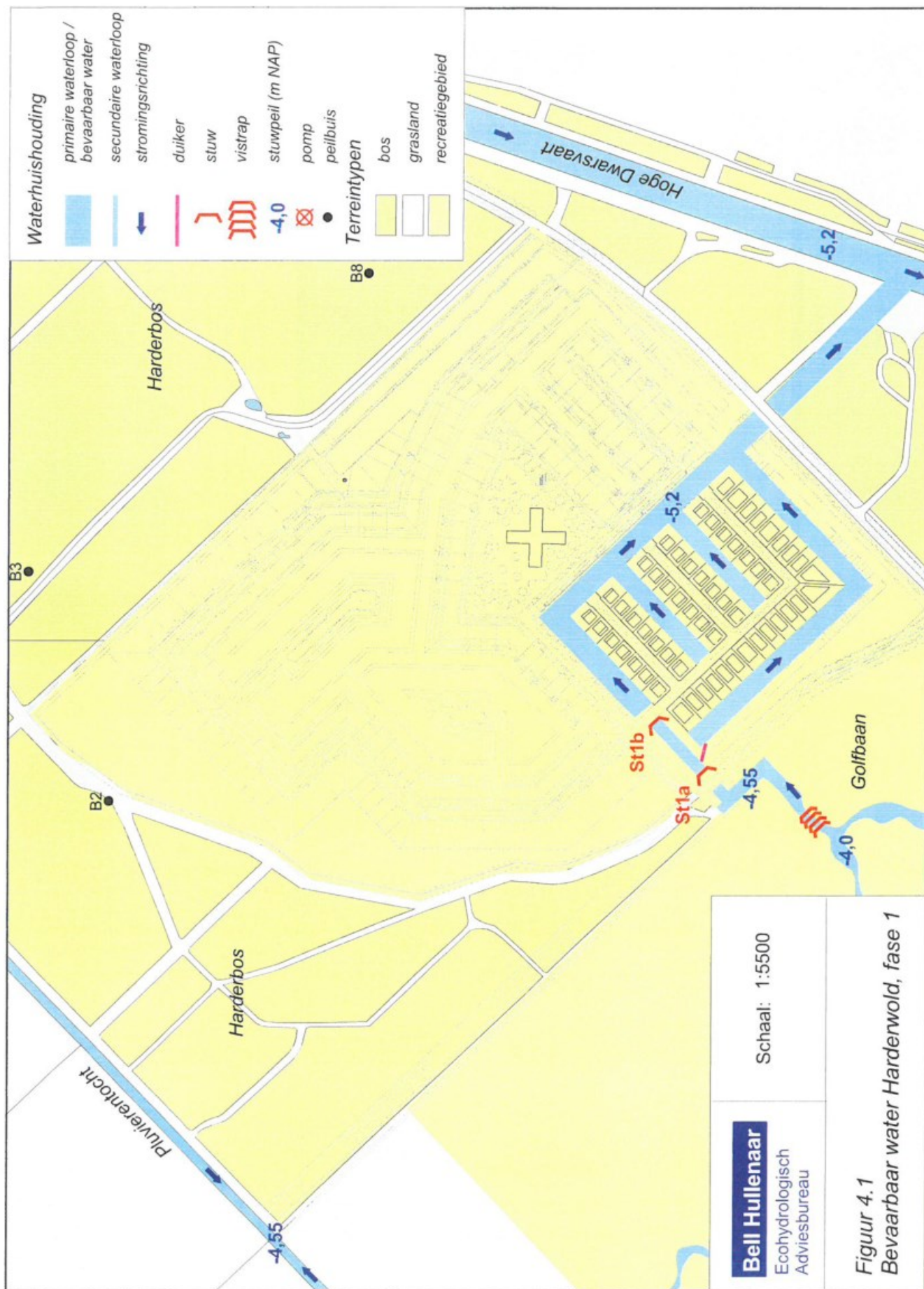
Hoewel de kans op een slechte waterkwaliteit dus beperkt is, is het toch goed om mogelijkheden te hebben om de watersystemen door te kunnen spoelen, om problemen met stagnant water en algenbloei te voorkomen bij een eventuele (periodieke) minder goede waterkwaliteit.

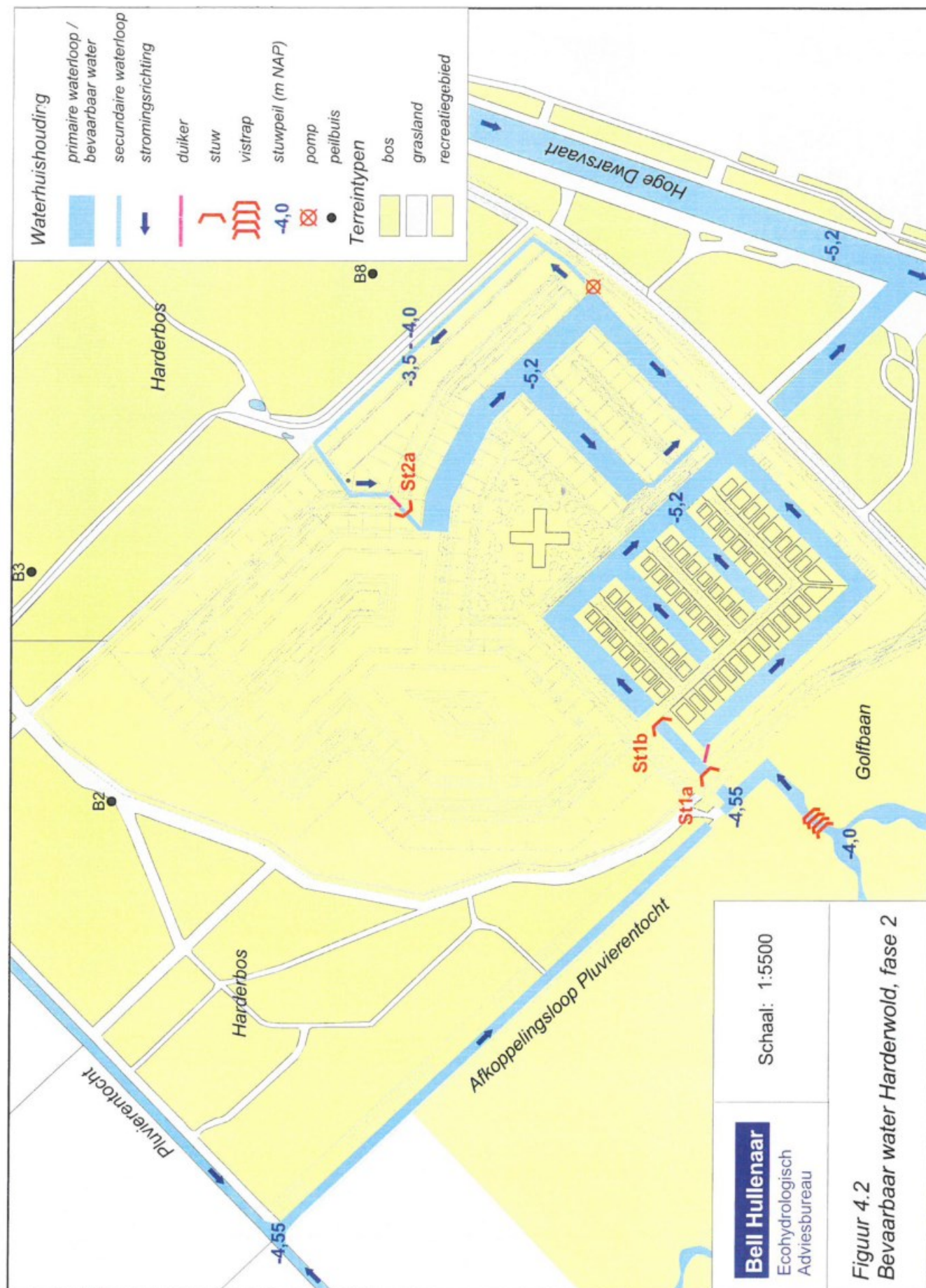
Deze doorspoelingsmogelijkheden worden in de eerste plaats gerealiseerd door de hoogwaterleiding via een aantal dwarsverbindingen uit te laten monden in het bevaarbare water (zie figuur 4.3). Door extra water in de hoogwaterloop te pompen (dus een surplus ten opzichte van de hoeveelheid die nodig is voor infiltratie) kan via de dwarsverbindingen water naar de uithoeken van het bevaarbare water geleid worden, waardoor dus overall een goede doorstroming gerealiseerd kan worden. Met behulp van de stuwen in de dwarsverbindingen kan de doorvoer gereguleerd worden: indien er in een bepaalde hoek een waterkwaliteitsprobleem gesignaleerd wordt dan kan de betreffende stuw open gezet worden. Als reactie hierop zal de vlotterinstallatie bij de pomp een peilonderschrijding constateren waardoor de pomp (harder) gaat draaien.

Om een goede aansluiting van de waterhuishoudkundige en recreatieve inrichting te realiseren worden de stuwen gesitueerd nabij de (toekomstige) sprong in het maaiveld van de percelen: zodoende krijgen de trajecten van de dwarsverbindingen in de hoge delen van de percelen hoge peilen, en de trajecten in de lage delen lage peilen.

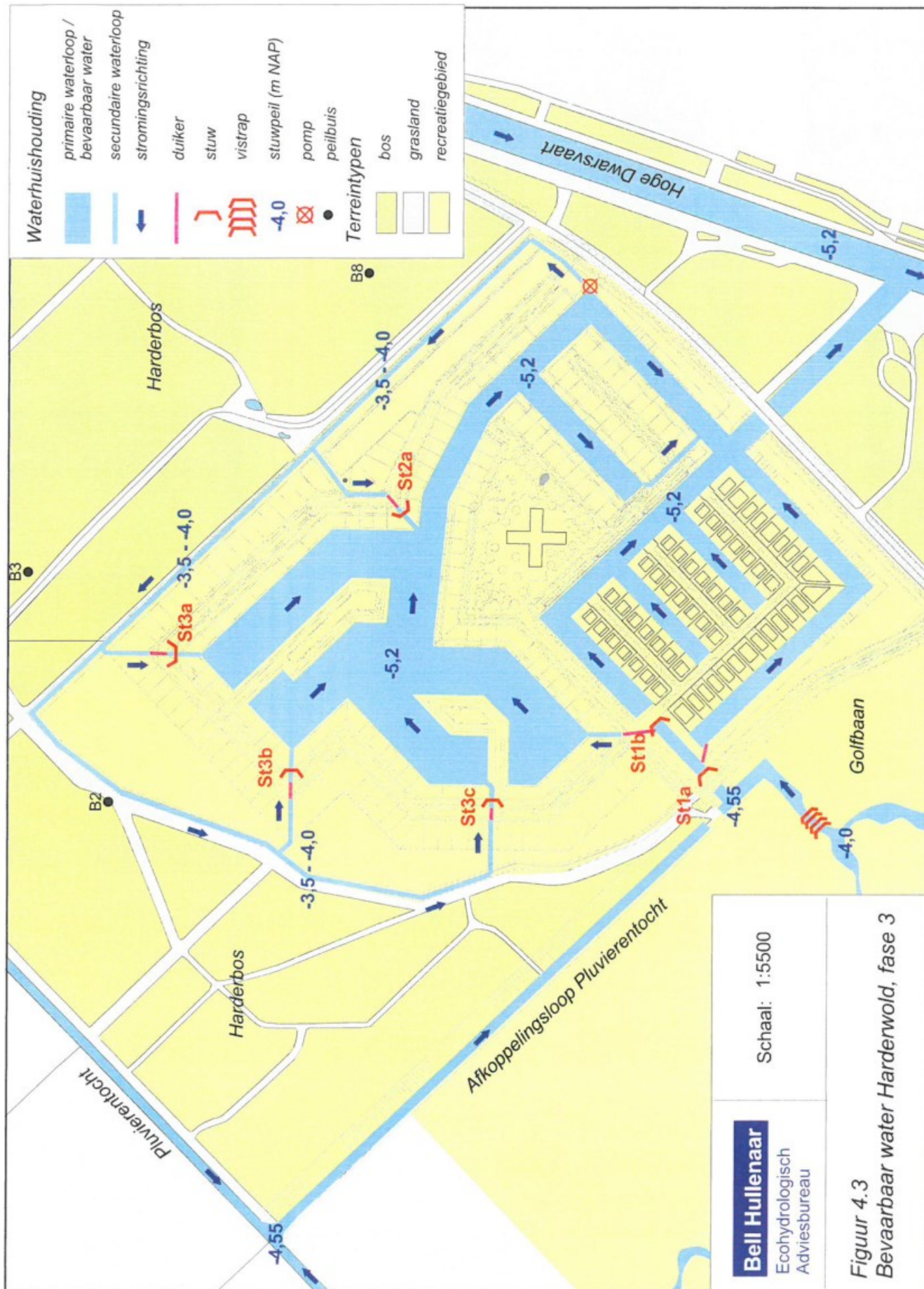
In de tweede plaats wordt een doorspoelingsmogelijkheid gerealiseerd door aanleg van een afsluitbare duiker bij stuw St1a (zie figuur 4.3). Met deze constructie kan langs vrij verval een groot deel van het uitbreidingsgebied van het bevaarbare water van doorstroming voorzien worden.

In fase 2 wordt de doorstroming geregeld met de dwarsverbinding van stuw St2a (zie figuur 4.2). Om ook de zijtak van het bevaarbare water van fase 2 van een zekere doorstroming te voorzien wordt aan de westkant van het bevaarbare water van fase 2 (langs de weg) nog een extra waterloop (of duiker) aangelegd.



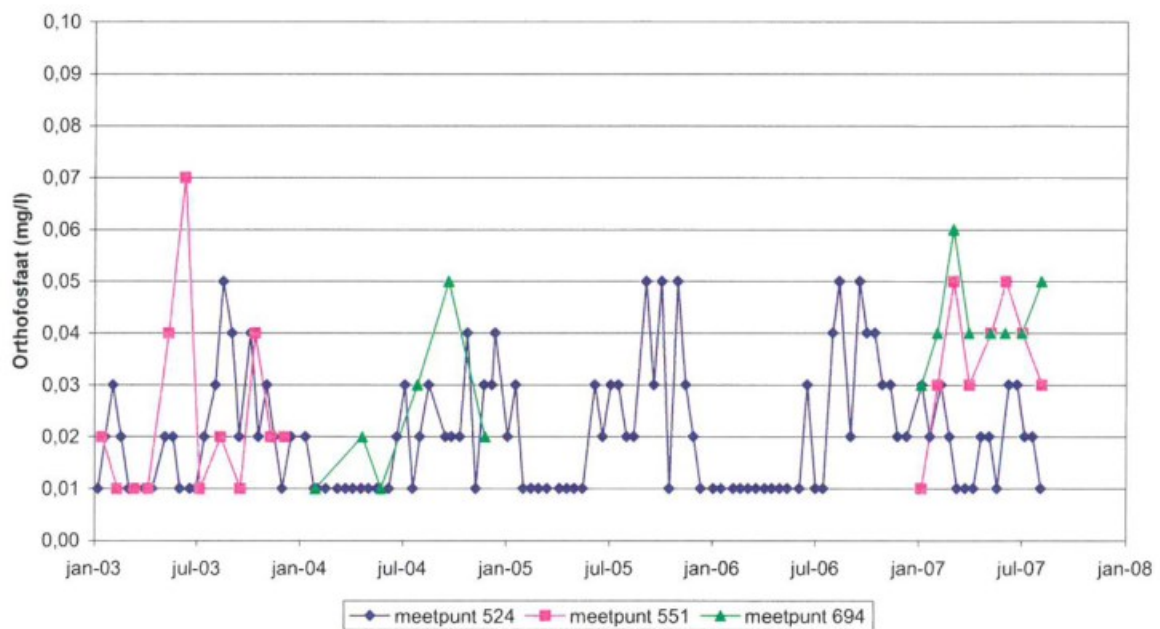
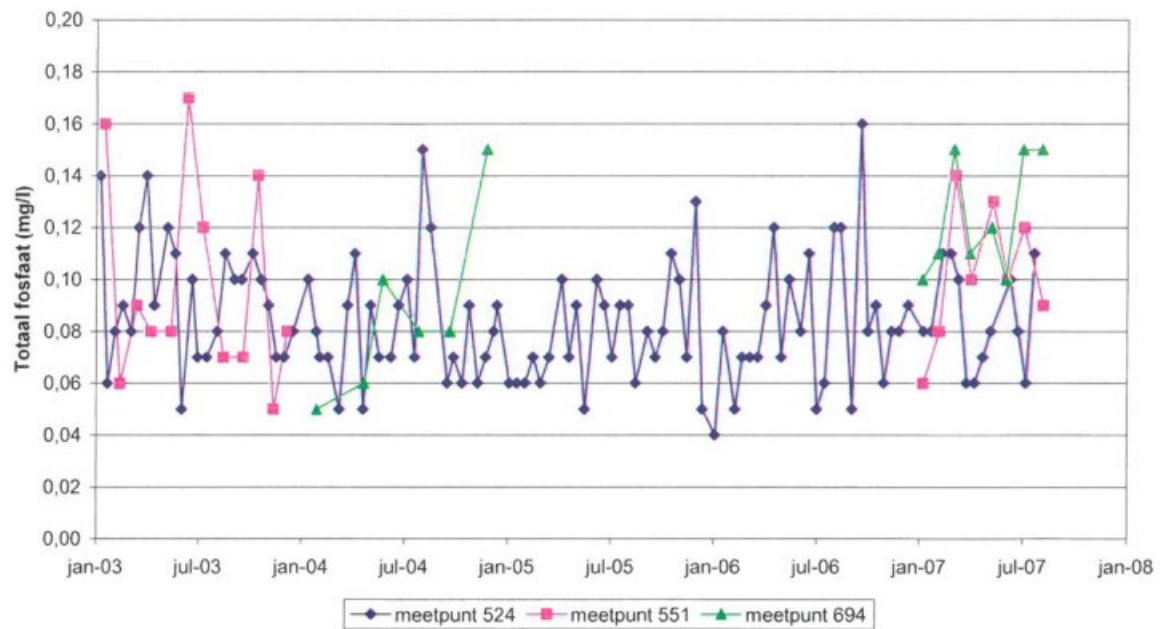


Figuur 4.2
Bevaarbaar water Hardenwold, fase 2





Figuur 4.5 Meetpunten oppervlaktewaterkwaliteit Waterschap Zuiderzeeland



Figuur 4.6 Verloop van de totaal fosfaat- en orthofosfaat-concentraties in de Hoge Dwarsvaart (meetpunten 524 en 551) en de Pluvierentocht (meetpunt 694) in de periode 2003 – juli 2007 (bron van de gegevens: Waterschap Zuiderzeeland).

4.7 Functioneren in extreem natte perioden

De recreatieve inrichting van het gebied mag niet leiden tot een toename van wateroverlast. Hiertoe mag in extreem natte perioden de belasting van het externe oppervlaktewaterstelsel niet toenemen. Het is daarentegen wenselijk dat de belasting afneemt, zodat een bijdrage geleverd wordt aan de wateroverlastbestrijding in Nederland.

Door de toename van de verharde oppervlakte zal de oppervlakkige afstroming toenemen, wat leidt tot een extra belasting van het oppervlaktewaterstelsel. Hier staat tegenover dat door de aanleg van het bevaarbare water het bergingsvolume juist toeneemt. Indien het tweede effect groter is dan het eerste, dan is er sprake van een positief effect in relatie tot de wateroverlastbestrijding.

Om af te leiden of er geen toename van de belasting optreedt, of dat er zelfs sprake is van een afname, zijn enkele indicatieve berekeningen uitgevoerd (zie tabel 4.1).

- Er is per fase berekend hoeveel water er bij een neerslagpiek met een herhalingstijd van eens in de honderd jaar (83 mm) vanuit het verharde gebied tot afstroming komt. Voor de oppervlakte van het verharde gebied is daarbij uitgegaan van 50% van de totale oppervlakte van het betreffende deelgebied. Deze hoeveelheid is dus op te vatten als het (minimaal) benodigde bergingsvolume.
- Er is per fase berekend in welke mate het bergingsvolume door aanleg van het bevaarbare water toeneemt: dit is dus het extra beschikbare bergingsvolume. Bij fase 3 zijn twee varianten aangehouden: één met het brede water (zoals aangegeven op de kaart) en één met smaller water (met dezelfde breedte als in fasen 1 en 2). Voor de peilstijging onder de genoemde omstandigheden (neerslagpiek van 83 mm) is uitgegaan van een waarde van 1 meter (mondelinge mededeling Waterschap Zuiderzeeland).

Uit de berekeningen blijkt dat in alle fasen, en ook voor beide varianten van fase 3, er sprake is van een bergingsoverschot. Aangezien het bevaarbare water in open verbinding staat met de Hoge Dwarsvaart (en ook vanuit de Pluvierentocht water ontvangt) betekent dit dus dat dit overschot benut kan worden voor berging van extern water in extreem natte perioden. Op deze wijze wordt dus een zekere bijdrage geleverd aan de wateroverlastbestrijding van Nederland.

In de berekening was het niet nodig de exacte oppervlakte van het verharde gebied af te leiden: zelfs als aangenomen wordt dat 100% van de oppervlakte van de betreffende deelgebieden verhard is, dan is er nog steeds in alle fasen en in beide varianten van fase 3 sprake van een bergingsoverschot.

Tabel 4.1 Berekening van de bergingsoverschotten voor de verschillende fasen (en varianten) van uitbreiding van het bevaarbare water

Fase	variant	Opp deelgebied (m2)	Opp verhard (= 50% deelgeb)	neerslagpijk (m)	benodigd bergingsvolume (m3)	opp open water (m2)	peilstijging (m)	beschikbaar bergingsvolume (m3)	Bergings- overshot (m3)
1	-	43026	21513	0.083	1786	25269	1	25269	23483
2	-	43860	21930	0.083	1820	18572	1	18572	16752
3	breed	126469	63235	0.083	5248	51829	1	51829	46581
3	smal	126469	63235	0.083	5248	14415	1	14415	9167

Literatuur

BELL HULLENAAR, 2003. Hydrologisch onderzoek Harderwold, Harderbos, Harderbroek en Kievitslanden. Ecohydrologisch Adviesbureau Bell Hullenaar, Zwolle.

BELL HULLENAAR, 2004. Hydrologische effectbepaling uitbreiding bevaarbare water. Ecohydrologisch Adviesbureau Bell Hullenaar, Zwolle.

Kaarten met de resultaten van de modelberekeningen

1 Oorspronkelijke plan

Eerste scenario-berekeningen

2 Scenario 1

3 Scenario 2

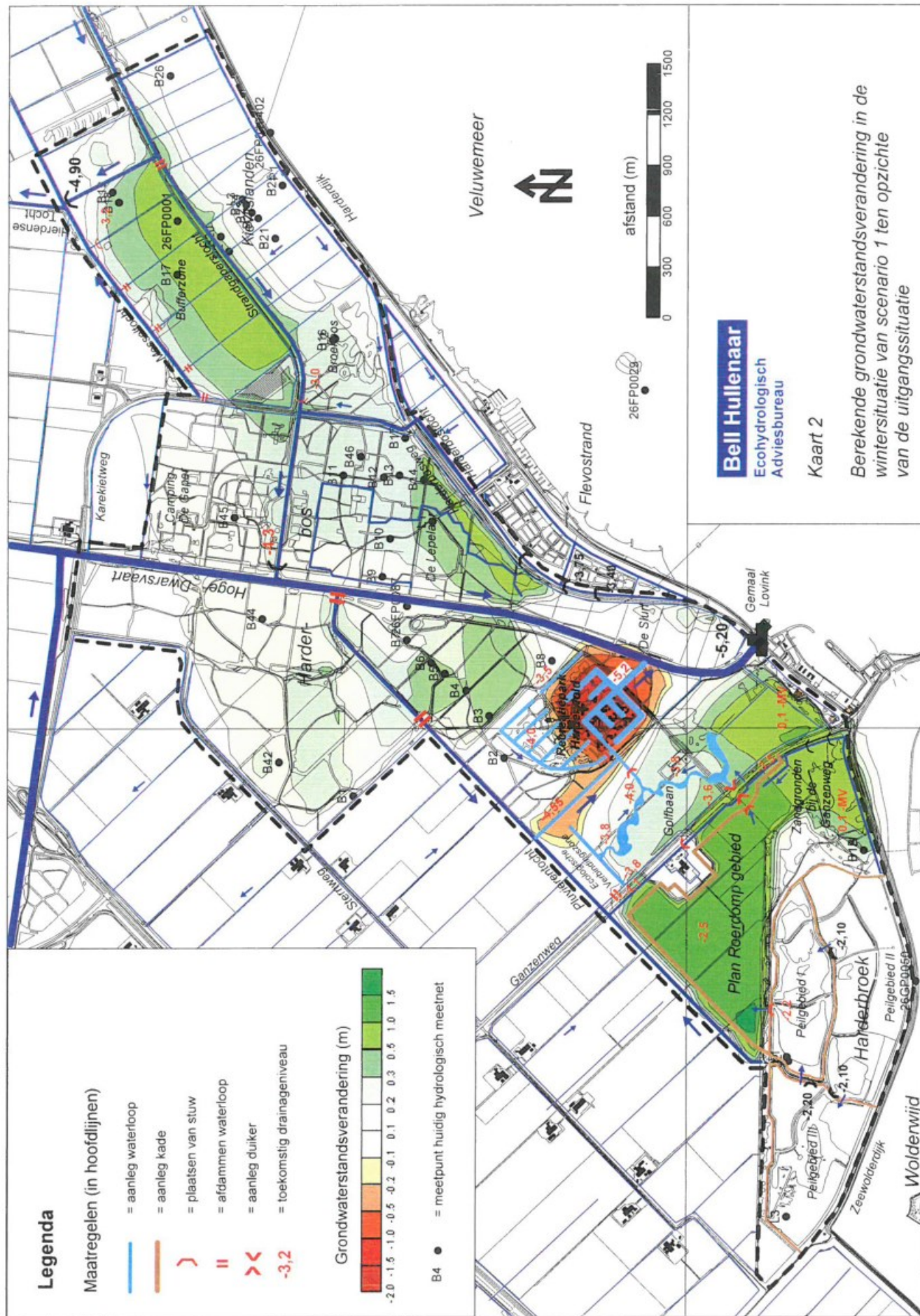
4 Scenario 3

5 Scenario 4

Tweede scenario-berekeningen

6 Scenario 2a

7 Scenario 2b



Legenda

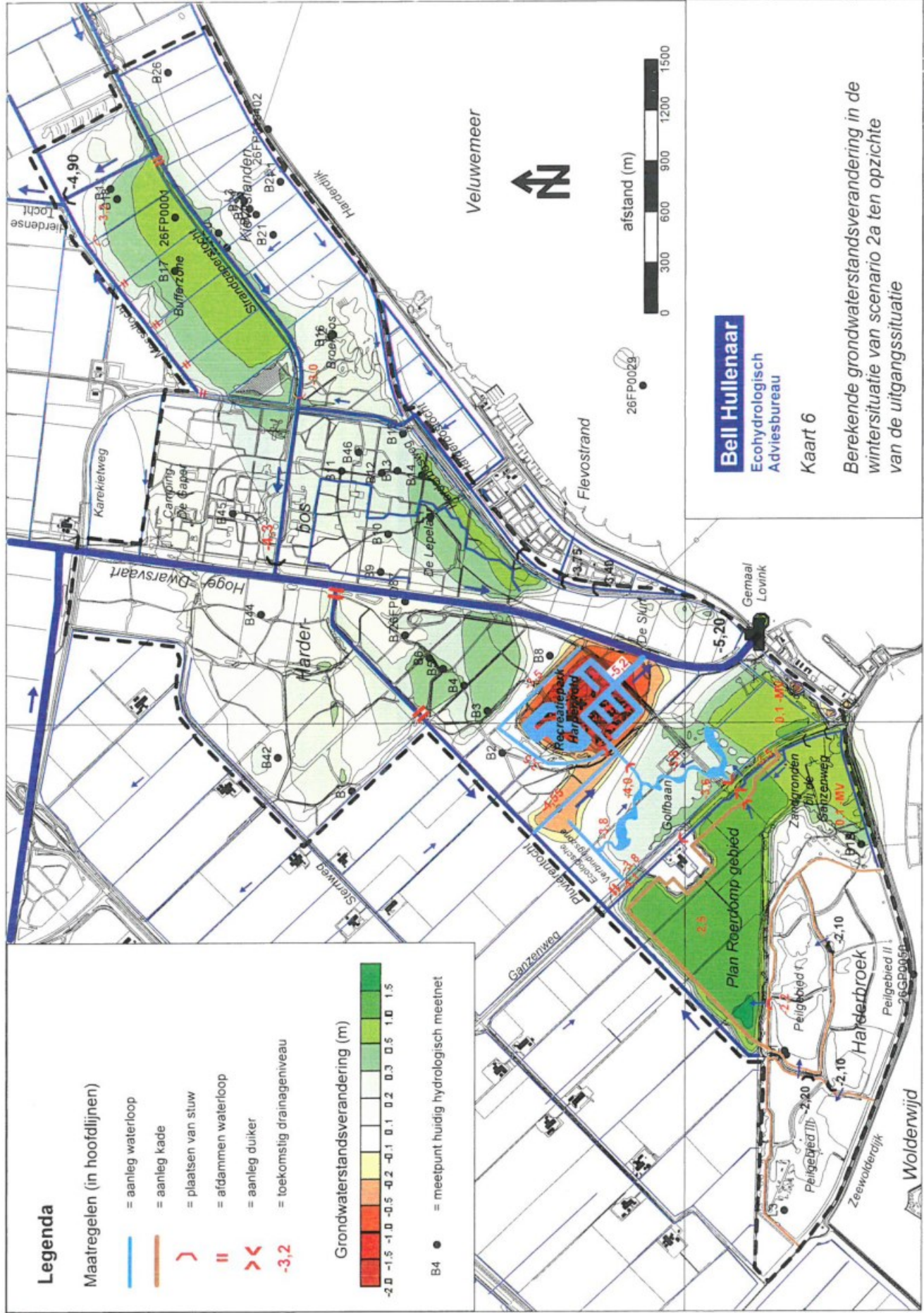
Maatregelen (in hoofdlijnen)

- = aanleg waterloop
- = aanleg kade
-) = plaatsen van stuw
- || = afdammen waterloop
- >< = aanleg duiker
- 3.2 = toekomstig drainageniveau

Grondwaterstandsverandering (m)



B4 ● = meetpunt huidig hydrologisch meetnet



Bell Hullenaar

Ecohydrologisch
Adviesbureau

Kaart 6

Berekenende grondwaterstandsverandering in de
wintersituatie van scenario 2a ten opzichte
van de uitgangssituatie

Legenda

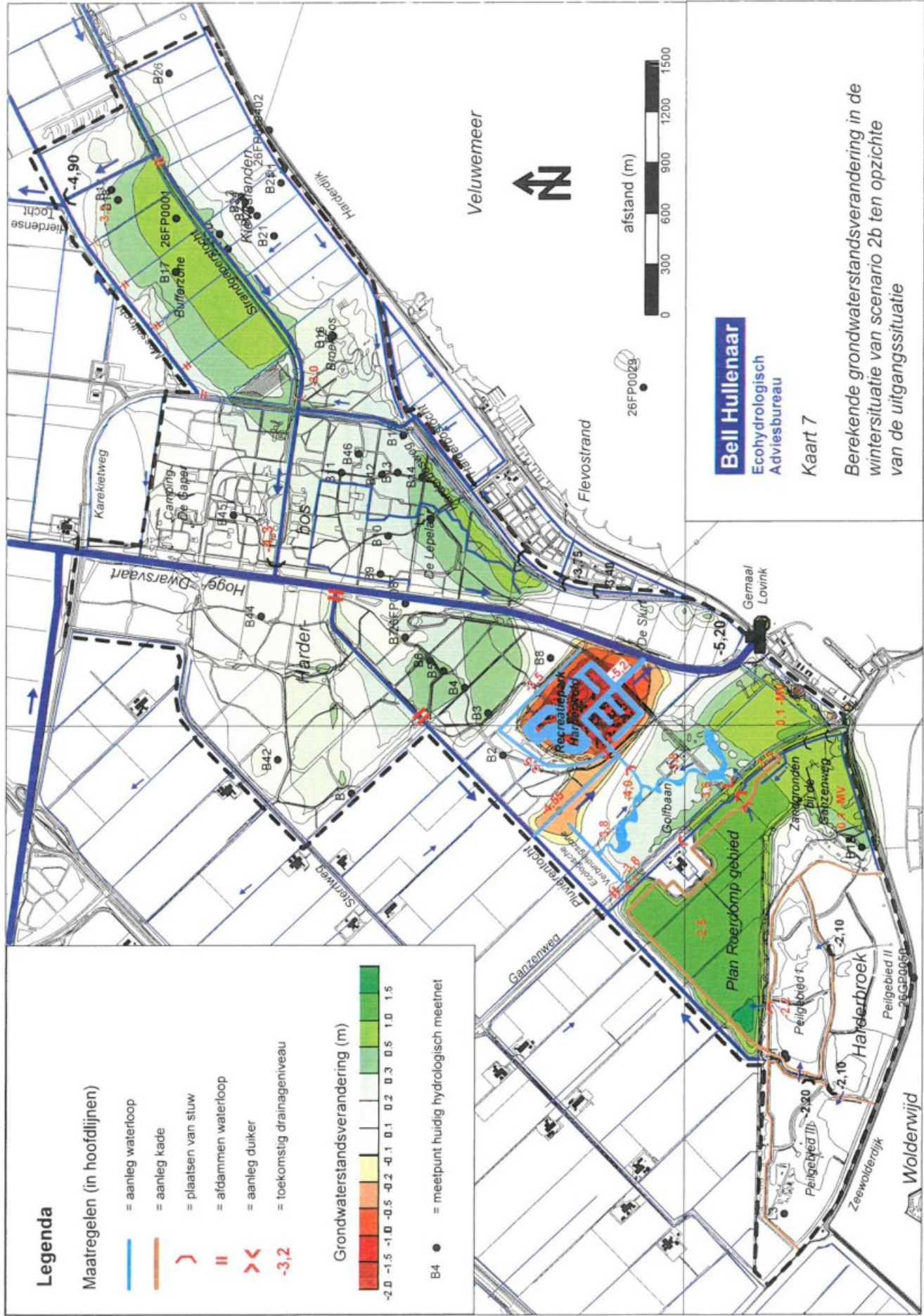
Maatregelen (in hoofdlijnen)

- = aanleg waterloop
- = aanleg kade
-) = plaatsen van stuw
- || = afdammen waterloop
- >< = aanleg duiker
- 3,2 = toekomstig drainageniveau

Grondwaterstandsverandering (m)



B4 ● = meetpunt huidige hydrologisch meetnet



Bell Hullenaar

Ecohydrologisch
Adviesbureau

Kaart 7

Berekende grondwaterstandsverandering in de
wintersituatie van scenario 2b ten opzichte
van de uitgangssituatie