

ACHTER DE VOORT, AGELER- EN VOLTHERBROEK
DEFINITIEF MAATREGELENPAKKET NATURA 2000
- uitkomsten iteratief proces

Unie van Bosgroepen



Colofon

Opdrachtgever:	Gemeente Dinkelland
Titel:	ACHTER DE VOORT, AGELER- EN VOLTHERBROEK DEFINITIEF MAATREGELENPAKKET NATURA 2000 – UITKOMSTEN ITERATIEF PROCES
Status:	Definitief
Datum:	27 oktober 2019
Auteurs:	A.A.M. Kieskamp & L.J.L. van den Berg
Kaartmateriaal:	Copyright © 2019, Dienst voor het kadaster en openbare registers, Apeldoorn
Projectnummer:	18.53.1030.03

© Coöperatie Unie van Bosgroepen u.a., september 2019
Postbus 8187
6710 AD EDE
t (0318) 67 26 28
f (0318) 67 26 29
www.bosgroepen.nl

Samenvatting

Inleiding

Voor Natura 2000-gebied Achter de Voort, Agelerbroek & Voltherbroek (47) heeft de provincie Overijssel een PAS-gebiedsanalyse laten opstellen waarin is onderbouwd welke maatregelen nodig zijn om de negatieve effecten van (overmatige) N-depositie op N-gevoelige habitattypen tegen te gaan of op te heffen. Deze maatregelen zijn gerelateerd aan Natura 2000-doelen en moeten leiden tot behoud en/of verbetering/vermeerdering van oppervlak en kwaliteit van habitattypen. In 2016 en 2017 zijn de maatregelen gevalideerd door de Bosgroepen in samenwerking met B-WARE voor bodem- en waterchemie, Arcadis voor modellering oppervlaktewater en RHDHV voor modellering grondwater. Op basis van een landschapsecologische systeemanalyse voor het gebied is een maatregelenpakket opgesteld ten behoeve van de habitattypen Blauwgrasland (H6410), Vochtige alluviale bossen (H91E0C), Eiken-Haagbeukenbos (H9160A) en Zwakgebufferde vennen (H3130). Voor de recentelijk middels het zogenaamde "Veegbesluit" toegevoegde habitattypen H4010A Vochtige heiden (hogere zandgronden), H4030 Droge heiden, H7150 Pioniervegetaties met snavelbiezen en H9120 Beuken-eikenbossen, zijn PAS maatregelen opgesteld die moeten resulteren in behoud van kwaliteit en oppervlak van deze habitattypen (de instandhoudingsdoelen). Deze maatregelen (kleinschalig maaien, chopperen, lokaal plaggen) hebben geen effect op de hydrologie en worden daarom niet meegenomen in de berekeningen van de hydrologische modellen die ten grondslag liggen aan het hier voorliggende rapport.
Om de effecten van de maatregelen op de habitattypen en andere functies in het gebied te bepalen, zijn in iteratieve sessies met een team van hydrologen, ecologen en landbouwdeskundigen en vertegenwoordigers uit het gebied met behulp van een inmiddels verfijnd hydrologisch model voor Ageler en Voltherbroek vijf scenario's doorgerekend. Voor Achter de Voort is aan de hand van een gebiedsbezoek met experts een eindscenario geformuleerd. Vanwege de keileembodem was het gebruik van een hydrologisch model voor dit deelgebied niet mogelijk. Het maatregelenpakket Achter de Voort is opgenomen in bijlage 2.

Totstandkoming van het eindscenario

Om de effecten van de maatregelen op de habitattypen in het Natura 2000-gebied Ageler- en Voltherbroek en andere functies in het gebied te bepalen, zijn hydrologische berekeningen uitgevoerd. Met behulp van een grondwater- en oppervlaktewatermodel, de input vanuit de systeemanalyse en gebiedskennis van experts, zijn vijf maatregelenscenario's in verschillende iteratieve stappen doorgerekend. De scenario's werden in de iteratieve sessies uitgewerkt door een deskundigenteam, bestaande uit experts hydrologie, ecologie en landbouw. Zij legden suggesties voor vervolg voor aan het projectgroep. Nadat een voorstel was goedgekeurd door het projectgroep, werd het voorgelegd aan de bestuurlijke adviesgroep.

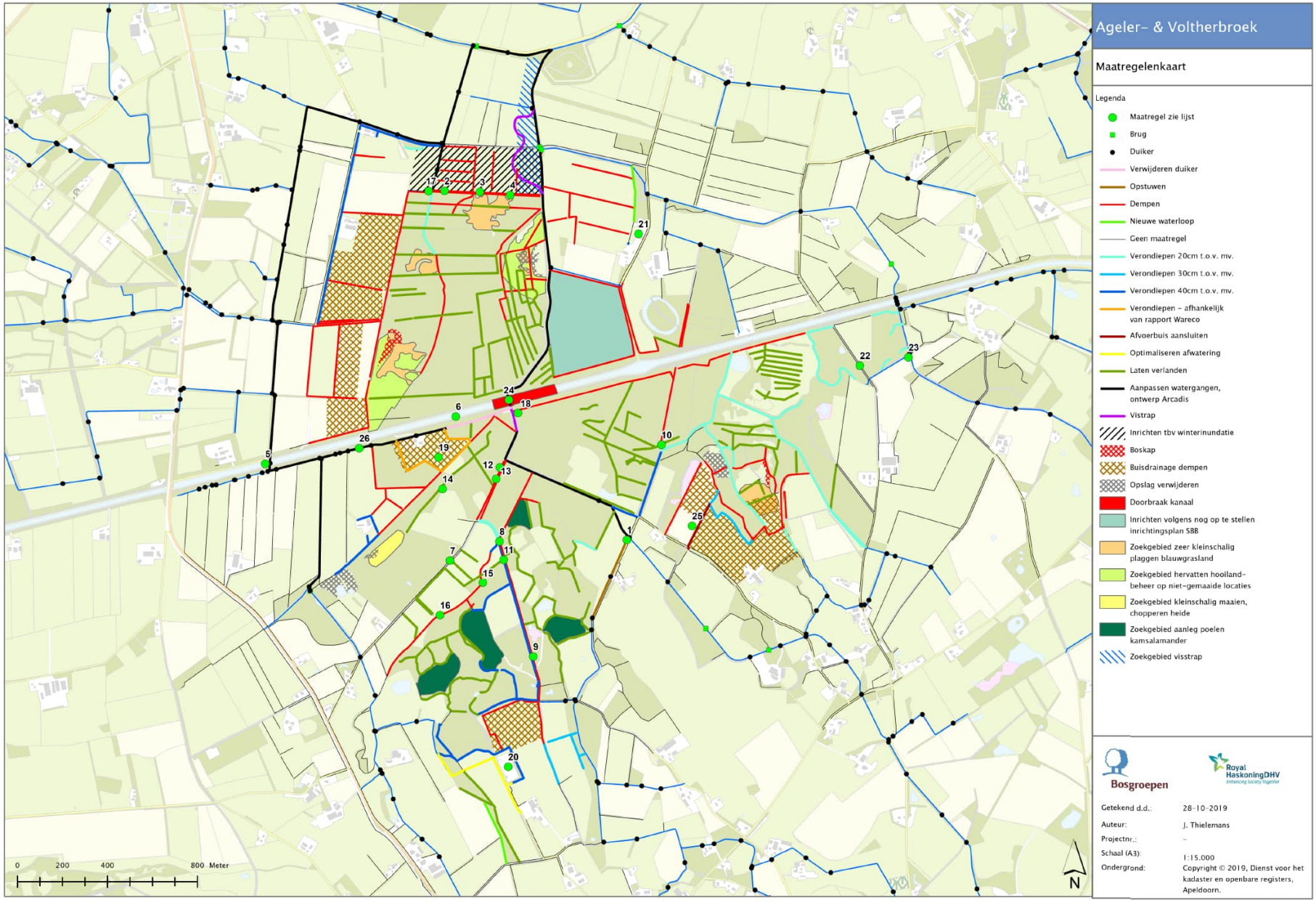
Om de effectiviteit van de maatregelen op de habitattypen te kunnen beoordelen, is gekeken naar vier sturende factoren voor grondwaterkwaliteit en -kwantiteit: kwel, duurlijnen, GVG en GLG. De prioritering wisselt per habitattype. Na de toetsing van scenario

1 (maatregelen PAS-gebiedsanalyse) en 2 (Bosgroepenscenario) bleek dat beide scenario's het doelgat voor bijvoorbeeld de GLG niet dichten. Scenario 3 en 4 zijn doorgerekend om lering te trekken over de effecten van boskap (scenario 3) en het dempen van alle interne watergangen (scenario 4). Op basis van deze vier scenario's is uiteindelijk scenario 5b als definitief scenario gekozen. In dit eindscenario wordt de stuw in de Roelinksbeek vervangen door een vistrap met hetzelfde effect als de stuw.

Eindscenario

Het eindscenario (scenario 5b uit de iteratieve sessies maar zonder de maatregelen voor de Voltherbeek) voor Ageler- en Voltherbroek is gebaseerd op de resultaten van diverse iteratieve sessies.
De maatregelen in scenario 5b bestaan in algemene zin uit:

- Interne hydrologische maatregelen waarbij diepe watergangen (welke leemlagen doorsnijden) of anderszins een drainerend effect hebben worden gedempt of verondiept. Dit geldt ook voor diepe beken zoals de Tilligterbeek;
- Maatregelen gericht op de kwaliteit van het water: Dit behelst onder andere het inrichten van het watersysteem zodat water van verschillende waterkwaliteit gescheiden blijft (vanwege de waterkwaliteit wordt een scheiding aangebracht tussen het voedselrijkere beekwater en het voedselarmere kwel- en oppervlaktewater);
- Externe hydrologische maatregelen waarbij externe drainerende watergangen verondiept of gedempt worden;
- Maatregelen gericht op de bevordering van het oppervlaktewatersysteem. Dit zijn aanpassingen aan het oppervlaktewatersysteem waarbij landbouwwater en water van erven gemakkelijker kan worden afgevoerd (rond om het N2000 gebied) waardoor dit resulteert in minder knelpunten in de omgeving maar ook minder belasting (nutriënten) in de natuur;
- Maatregelen gericht op robuust systeemherstel. Het betreft hier het herstel van de verbinding tussen het Voltherbroek en het Agelerbroek door het kanaal af te dammen en over een breedte van maximaal 100 m het oorspronkelijke moerasgebied te herstellen;
- Kleinschalige overige maatregelen zoals boskap, opslag verwijderen, kleinschalig maaien, plaggen, chopperen of plaatsen van kunstwerken (stuwen, vistrappen, terugslapklep etc.)


Ageler- & Voltherbroek
Maatregelenkaart
Legenda
Maatregel zie lijst
Brug
Duiker
Verwijderen duiker
Opstuwen
Dempen
Nieuwe waterloop
Geen maatregel
Verondiepen 20cm t.o.v. mv.
Verondiepen 30cm t.o.v. mv.
Verondiepen 40cm t.o.v. mv.
Verondiepen - afhankelijk van rapport Wareco
Afvoerbuis aansluiten
Optimaliseren afwatering
Laten verlanden
Aanpassen watergangen, ontwerp Arcadis
Vistrap
Inrichten tbv winterinundatie
Boskap
Buisdrainage dempen
Opslag verwijderen
Doorbraak kanaal
Inrichten volgens nog op te stellen inrichtingsplan SBB
Zoekgebied zeer kleinschalig plaggen blauwgrasland
Zoekgebied hervatten hooiland-beheer op niet-gemaaide locaties
Zoekgebied kleinschalig maaien, chopperen heide
Zoekgebied aanleg poelen kamsalamander
Zoekgebied visstrap
Bosgroepen
Royal HaskoningDHV
Getekend d.d.: 28-10-2019
Auteur: J. Thielemans
Projectnr.: -
Schaal (A3): 1:15.000
Ondergrond: Copyright © 2019, Dienst voor het kadaster en openbare registers, Apeldoorn.
0 200 400 800 Meter
N

Maatregelen en effecten

Als gevolg van de maatregelen ligt het peil van de verondiepte Tilligterbeek in het eindscenario ongeveer één meter hoger dan in de huidige situatie. Als gevolg hiervan stijgen de waterstanden rondom de Tilligterbeek met ongeveer 30 cm. Dit heeft vooral een positief effect direct ten westen van de beek. Ten oosten van de Tilligterbeek binnen het N2000 gebied stijgt de grondwaterstand met 10 tot 20 cm. Door de lagere ligging van dit perceel komt de GHG hier aan maaiveld te liggen. Door de toename in grondwaterstanden in de omliggende bufferzones neemt de kwel in het Agelerbroek toe. In het Voltherbroek zien we dat ter hoogte van de Roelinksbeek de grondwaterstand (GLG) stijgt met 50 cm. Het effect van de aanpassing watergang (verondieping, verbreding) en peilverhoging (stuw) straalt uit tot meer dan 500 meter ten oosten en ten westen van de beek. Ten opzichte van de huidige situatie neemt de GLG met 5 tot 30 cm toe in het centrale deel van het Voltherbroek. Ook neemt de winterkwel in het Voltherbroek toe. Algemeen kan worden gezegd dat de benodigde kwel voor de habitattypen in Agelerbroek en Voltherbroek toeneemt en dat dit met name voor de blauwgraslanden beter is dan het PAS scenario. Belangrijke maatregel in het eindscenario is dat water uit de landbouwgebieden (door landbouwbemesting beïnvloed en daardoor te voedselrijk), gescheiden wordt gehouden van het natuurgebied. De Tilligterbeek en Roelinksbeek worden daarom geïsoleerd door het gebied geleidt waarbij inundaties vanuit deze beken nauwelijks (maximaal 1x/25jaar) kunnen voorkomen. Het water in het natuurgebied (regenwater en water afkomstig van kwelprocessen) wordt door het natuurgebied gestuurd waarbij de doorstroming wordt bevordert. Stagnatie wordt zoveel mogelijk voorkomen zodat habitattypen in het groeiseizoen niet onder water kunnen komen te staan en verdrinken. Doorstroming wordt bevorderd door een koppeling van Voltherbroek aan Agelerbroek en het bevorderen van uitstroming aan de noordzijde van het Agelerbroek.

Nadere uitwerking PAS-maatregelen

Met het maatregelenpakket van scenario 5b (definitieve maatregelenpakket Agelerbroek en Voltherbroek) zijn de PAS-maatregelen zoals oorspronkelijk beschreven in de PAS-gebiedsanalyse nader uitgewerkt. Een aantal maatregelen wordt op een andere wijze uitgevoerd. Twee maatregelen beogen de lokale N-depositie te verlagen (zie verder in de tekst). Deze twee maatregelen komen te vervallen, omdat recente literatuur toont dat zij geen invloed hebben op de stikstofdepositie. Tabel 2 in deze rapportage geeft alle PAS-maatregelen weer en beschrijft/onderbouwt of en op welke wijze de maatregel is meegenomen in het eindscenario 5b.

Aanpassingen n.a.v. keukentafelgesprekken

Enkele aanpassingen zijn gedaan naar aanleiding van de keukentafelgesprekken. Deze aanpassingen zijn:

- Uit de vele keukentafelgesprekken is naar voren gekomen dat er een algemene zorg is over de afvoer van hemelwater en oppervlaktewater rondom de erven. Aanpassingen van het oppervlaktewater systeem (sloten) zoals extra ontwatering langs de Broekmatenweg of het openhouden van sloten langs erven aan de westzijde van het Voltherbroek zijn doorgevoerd.

- Een terugslagklep wordt gemonteerd in een sloot bij de Voltherbeek.
- In het zuidelijke deel van het Voltherbroek is er op enkele plekken risico van oppervlakkige afstroming landbouwwater naar natuur. Het stroombanenonderzoek geeft hier geen aanleiding tot een verhoogd risico maar de hoogteligging wel (oppervlakkige afstroom). Op deze locaties is beoordeeld of het mogelijk is om een mitigerende greppel open te houden om te voorkomen dat het landbouwwater kan afstromen naar natuur. Deze greppels worden aangesloten op bestaande sloten of een drainagebuis (zie verder in de tekst).

Inhoudsopgave

Samenvatting **2**

1 Inleiding **8**

1.1 Inleiding *8*

1.2 Leeswijzer *9*

2 Iteratief proces **10**

2.1 Deelnemers *10*

2.2 Modellen en toetsing *10*

2.3 Verloop en resultaten iteratief proces *13*

3 Maatregelen definitieve scenario **19**

3.1 Beschrijving van aanpassingen aan de hand van keukentafelgesprekken ***Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.***

3.2 Definitieve maatregelenkaart *19*

4 Uitwerking in relatie tot oude PAS-scenario **29**

Referenties **29**

Bijlagen **30**

1 Inleiding

1.1 Inleiding

Voor Natura 2000-gebied Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek heeft de provincie Overijssel PAS-gebiedsanalyses met maatregelenkaarten laten opstellen (Oling et al., 2015). In de gebiedsanalyse is onderbouwd welke maatregelen minimaal noodzakelijk zijn voor het zekerstellen van de Natura 2000-doelen. In 2016 en 2017 zijn deze maatregelen gevalideerd door de Bosgroepen in samenwerking met B-WARE (van den Berg et al., 2017) en zijn op basis van een uitgevoerde landschapsecologische systeemanalyse voor het gebied maatregelen opgesteld (van den Berg & Smeenge 2017) ten behoeve van de habitattypen[1]:

- Blauwgrasland (H6410)
- Vochtige alluviale bossen (H91E0C)
- Eiken-Haagbeukenbos (H9160A)
- Zwakgebufferde vennen (H3130)

Tevens zijn de habitatsoorten Zeggekorfslak (H1016) en Kamsalamander (H1166) aangewezen. Met de formulering van de maatregelen is rekening gehouden met de doelen voor deze soorten (zie ook verder in de tekst).

In deze systeemanalyse zijn de lokale hydrologie en de effecten van individuele sloten in kaart gebracht. Aanvullend is een hydrologisch grondwatermodel ontwikkeld door RHDHV om de effecten van hydrologische maatregelen op landschapsschaal en op andere functies dan natuur in beeld te brengen (Stroet 2017). Tevens is er een verfijnd oppervlaktewatermodel gebouwd waarmee alle maatregelen zijn doorgerekend met betrekking tot de effecten op het oppervlaktewater (Boleij 2018). Aan de hand van de input vanuit de systeemanalyse en gebiedskennis van experts zijn, met behulp van dit hydrologisch model, vijf maatregelenscenario's in verschillende iteratieve stappen doorgerekend. Het doel van dit iteratieve proces was te komen tot een breed gedragen eindscenario dat voorziet in het stoppen van de achteruitgang van de kwaliteit van de habitattypen en toename van oppervlakte en kwaliteit van de habitattypen vochtig alluviaal bos en blauwgrasland met zo min mogelijk negatieve effecten op andere functies dan natuur in het gebied (wonen, werken). Deze rapportage onderbouwt de totstandkoming van het eindscenario.
De maatregelen ten aanzien van de bemesting worden separaat in opdracht van gemeente Dinkelland uitgewerkt. Het eindscenario is met de grondeigenaren die effecten ondervinden van de maatregelen besproken tijdens keukentafelgesprekken. Daar waar deze gesprekken nog tot zinvolle (kleine) aanpassingen van het eindscenario hebben geleid, zijn deze verwerkt in de definitieve maatregelenkaart.

[1] Begin 2018 is door het Ministerie LNV een veegbesluit gepubliceerd waarin voor AVAV vier habitattypen aan het aanwijzingsbesluit zijn toegevoegd: Vochtige heiden (H4010A), Droge heide (H4030A), Pioniervegetaties met snavelbiezen (H7150) en Beuken- eikenbossen met Hulst (H9120). Maatregelen die zijn geformuleerd voor deze habitattypen zijn kleinschalig maaien, chopperen en plaggen. Dit zijn interne maatregelen die geen effect hebben op de hydrologie en omgeving.

Het gebied bestaat uit drie zeer verschillende deelgebieden (zie ook Staatsbosbeheer & Dienst Landelijk Gebied 2013, Oling et al., 2015, van den Berg et al., 2017). De verschillen worden veroorzaakt door karakteristieke, gebiedseigen kenmerken zoals de aanwezigheid van een keileemlaag in Achter de Voort of de lage ligging met veengronden in het Agelerbroek. Door deze gebiedseigen kenmerken bleek een vernieuwing van het model voor grondwaterhydrologie voor de gebieden Agelerbroek en Voltherbroek noodzakelijk terwijl deze voor Achter de Voort niet zinvol werd geacht (wegens te grote onzekerheden bij bodemopbouw met dikke keileempaketten tot aan het oppervlak). In het proces van de uitwerking van de definitieve maatregelen zijn de gebieden Agelerbroek en Voltherbroek dan ook apart behandeld van het gebied Achter de Voort.
Voor het deelgebied Achter de Voort werden eind 2017 de maatregelen vastgesteld (van den Berg& Smeenge (2017) & Bijlage 2) en in januari 2018 tijdens keukentafelgesprekken met de betrokken particulieren besproken. Iteratieve sessies voor de verfijning van de maatregelen zijn voor dit deelgebied niet gehouden en worden in voorliggende document dan ook niet behandeld. Voor de gebieden Agelerbroek en Voltherbroek zijn wel iteratieve sessies gehouden en deze worden in dit document samengevat.

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een bondig overzicht van de doorgerekende scenario's (Agelerbroek en Voltherbroek). Hoofdstuk 3 gaat in op het definitieve maatregelenpakket voor Agelerbroek en Voltherbroek dat volgt uit het eindscenario. Voor een beschrijving van de totstandkoming van het definitieve maatregelenpakket voor Achter de Voort verwijzen we naar het rapport: verfijning maatregelen Achter de Voort (van den Berg & Smeenge 2017) (Bijlage 2). In hoofdstuk 4 is beschreven op welke punten het definitieve maatregelenpakket een nadere uitwerking is van de PAS-maatregelen zoals oorspronkelijk beschreven in de PAS-gebiedsanalyse en geeft een onderbouwing van deze uitwerking. Tot slot zijn de mitigerende maatregelen beschreven in hoofdstuk 5, waarbij een integrale maatregelenkaart met PAS- en mitigerende maatregelen is gepresenteerd.

2 Iteratief proces

2.1 Deelnemers

Ten behoeve van het doorrekenen van de PAS-maatregelen voor Ageler- en Voltherbroek zijn drie teams gevormd:

1. Deskundigenteam

- Doel: Uitwerken scenario's en voorleggen aan projectteam
- Deelnemende partijen: Waterschap Vechtstromen, Gemeente Dinkelland, Provincie Overijssel, Staatsbosbeheer, LTO, Particuliere grondeigenaren, Royal Haskoning-DHV (RHDHV), Aequator, Unie van Bosgroepen (UvB)

2. Projectgroep

- Doel: voorbesluitvorming
  Deelnemende partijen: beleidsmedewerkers van Waterschap Vechtstromen, Gemeente Dinkelland, Provincie Overijssel, Staatsbosbeheer, LTO, Particuliere grondeigenaren.

3. Bestuurlijke adviesgroep

- Doel: definitieve besluitvorming bij impasse in de projectgroep
- Deelnemende partijen: bestuurders van de gebiedspartners zoals in de projectgroep.

Het deskundigenteam bestond uit experts hydrologie, ecologie en landbouw, die gezamenlijk scenario's uitwerken en resultaten en suggesties voor vervolg voorlegden aan het projectgroep. De effecten van de maatregelen op de hydrologie werden doorgerekend door RHDHV. Nadat een voorstel was goedgekeurd door het projectgroep, werd het voorgelegd aan de bestuurlijke adviesgroep.
De namen van de deelnemers zijn opgenomen in Bijlage 1.

2.2 Modellen en toetsing

2.2.1 Grondwatermodel

Om de effecten van de maatregelen op de habitattypen in het Natura 2000-gebied Achter de Voort, Agelerbroek & Voltherbroek en andere functies in/nabij het gebied te bepalen, zijn hydrologische berekeningen uitgevoerd. De rapportage van RHDHV (Stroet 2017) beschrijft de totstandkoming van het grondwatermodel.

2.2.2 Oppervlaktewatermodel

De maatregelen in het PAS-scenario en ook die van het uiteindelijke scenario zijn ingrijpend voor het oppervlaktewatersysteem. Om de gewenste grondwatersituatie te verkrijgen, worden aanpassingen gedaan aan het oppervlaktewatersysteem. Door Arcadis is een ontwerp uitgewerkt voor het oppervlaktewatersysteem (Boleij 2017, 2018). Dit watersysteem is opgedeeld in 2 deelsystemen: een land- en waternatuur ingericht systeem met daarin Roelinksbeek en Tilligterbeek en een op landbouw ingericht systeem ten westen van het Volther- en Agelerbroek met daarin de aanpassingen voor de Wonderboersleiding en de nieuwe onderleider voor de Peijingsbeek (zie Boleij 2018).

2.2.3 Toetsingskader en randvoorwaarden habitattypen

Om de effectiviteit van de hydrologische maatregelen voor de Natura 2000-doelen te kunnen beoordelen, is een toetsingskader opgesteld (bijlage 5). In die notitie zijn de belangrijkste sturende factoren voor grondwaterkwantiteit en -kwaliteit voor het Natura 2000-gebied Achter de Voort, Agelerbroek & Voltherbroek (AVAV) toegelicht. Deze sturende factoren zijn beschreven in het kader van de ecologische toetsing van de verschillende scenario's van (hydrologische) maatregelen ter verbetering van de kwaliteit en uitbreiding van de habitattypen vochtige alluviale bossen (H91E0C) en blauwgraslanden (H6140). De habitattypen eiken-haagbeukenbos (H9160A), zwakgebufferde vennen (H3130) Vochtige heiden (hogere zandgronden H4010A), Droge heiden (H4030), Pioniervegetaties met snavelbiezen (H7150) en Beuken-eikenbossen (H9120) zullen meeliften met de opgaven voor blauwgrasland en vochtig alluviaal bos. Derhalve zijn de maatregelen t.b.v. het vochtige alluviale bos en de blauwgraslanden leidend.

Prioritering

Voor vochtig alluviaal bos op veen is de laagste grondwaterstand (GLG) zeer belangrijk om veenverdroging en mineralisatie te voorkomen. Echter omdat goed ontwikkelde vochtige alluviale bossen in het Volther- en Agelerbroek voorkomen bij een relatief lage GLG (80cm -mv) is besloten de GLG niet als een primair criterium te beschouwen voor vochtige alluviale bossen (maar wel in 3^{e} instantie na kwel en GVG), zie voor een argumentatie bijlage 5. Voor de toetsing van de verschillende maatregelen in de scenario's zijn onderstaande criteria (Tabel 1, bijlage 5) met volgorde van prioritering gebruikt. De toetsing maakt onderscheidt in drie klassen: optimaal, suboptimaal en onvoldoende. Voor kwel is gekeken naar de aan- of afwezigheid van kwel volgens de berekeningen met het hydrologisch grondwatermodel (Stroet 2017). Aan de hand van dit model wordt de kweldruk (in mm/dag) berekend op basis van onder andere de bodemspecificaties, hydrologie en voorspellingen van de effecten van de maatregelen. Bij een kweldruk >0mm/dag spreken we van aanwezige kwel. Echter is de hoeveelheid kwel ook van belang, daarom is er bij de beoordeling tevens gekeken of kwel toeneemt bij het instellen van maatregelen.

Duurlijnen zijn alleen gebruikt op puntlocaties waar peilbuisdata voor beschikbaar is en gaven inzichten in de werkingen van specifieke maatregelen. Op deze locaties zijn de vormen van duurlijnen met de betreffende habitat referentieduurlijnen vergeleken (zie bijlage 3). Het voldoen van een duurlijn betekent in dit geval, het delen van een overeenkomstige vorm. Uit de vorm blijkt of het (grond)water gedurende lange periode van het jaar in de wortelzone aanwezig is of dat de waterstanden snel uitzakken en er slechts gedurende een korte periode van het jaar water in de wortelzone is. Bolle duurlijnvormen (sigmoïde vorm – aanvoer grondwater overheersend) worden geprefereerd boven holle (convexe – wegzijging grondwater overheersend) duurlijnvormen vanwege de langdurige aanrijking van water in de wortelzone en het minder snel uitzakken (Jansen 1981, zie van den Berg et al., 2018). Voor blauwgraslanden is naast vorm ook gekeken of de duurlijnen aangeven dat de duur van water in de wortelzone tussen 30 % van het jaar binnen de 0 en 30 cm -mv staat (optimaal).

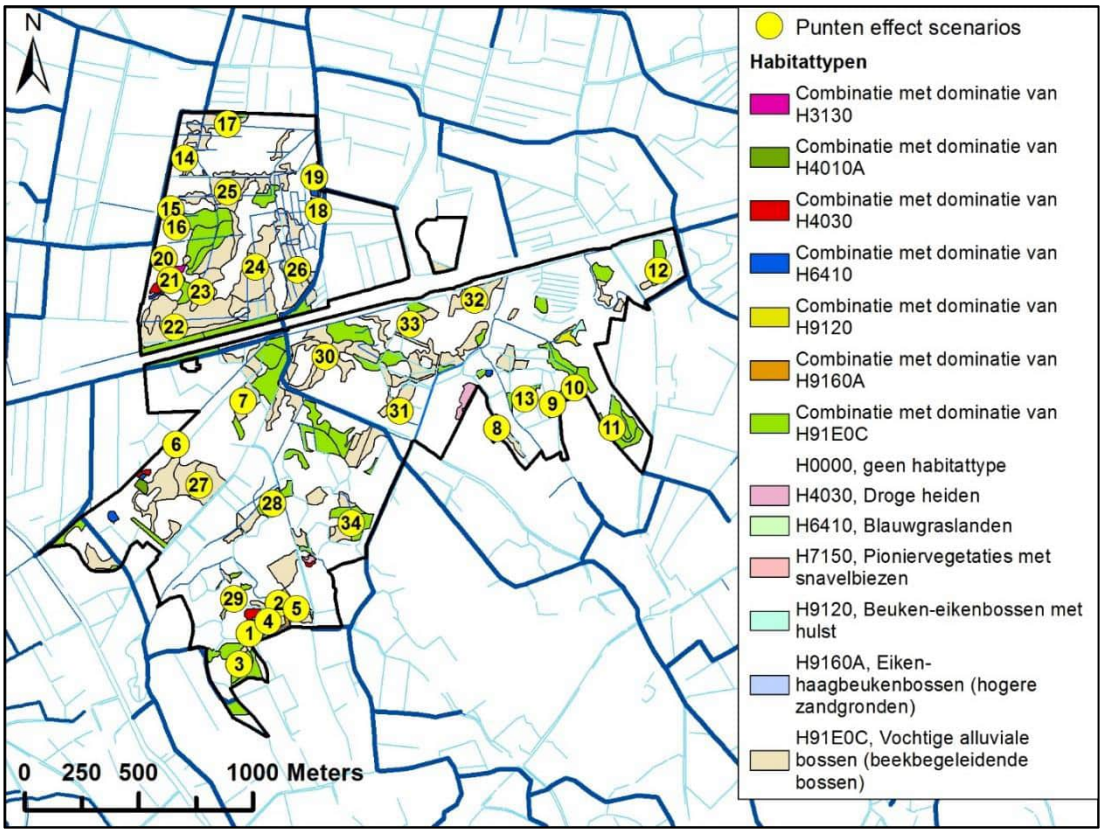
Tabel 1: Criteria voor beoordeling van habitattypen AVAV (Van den Berg et al., 2018).

Prioritering		Optimaal	Suboptimaal	Onvoldoende
	H6410 (Bauwgrasland)			
3	GVG (cm -mv)	0-25	25-40	>40
4	GLG (cm -mv)	<71	71-90	>90
1	Kwel	aanwezig	-	afwezig
4	Droogtestress (dagen)**	<5	5-15	>15
2	Duurlijnen*	Volgens referentielijnen: meer dan 30% vh jaar <30cm-mv	Minder dan 30% vh jaar <30cm - mv	Minder dan 30% vh jaar <30cm - mv
	H91E0_C (vochtige alluviale bossen -beek begeleidende bossen) - klei/leem			
2	GVG (cm -mv)	-15 tot 15	15-25	>25
3	GLG (cm -mv)	<100	100-125	>125
1	Kwel	aanwezig	-	afwezig
4	Duurlijnen	Geen referentie	Geen referentie	Geen referentie
4	Droogtestress (dagen)**	<15	15-25	>25
	H91E0_C (vochtige alluviale bossen -beek begeleidende bossen) - veen			
2	GVG (cm -mv)	-15 tot 15	15-25	>25
3	GLG (cm -mv)	<50	50-80	>80
1	Kwel	aanwezig	-	afwezig
4	Duurlijnen	Geen referentie	Geen referentie	Geen referentie
4	Droogtestress (dagen)**	<15	15-25	>25

*Duurlijnen van blauwgraslanden zijn getoetst met het criteria dat langer dan 30% van het jaar de grondwaterstand binnen 30cm onder maaiveld staat waardoor een duurlijn wordt verkregen die lijkt op de referentieduurlijnen.
**Droogtestress is in de GIS analyse niet getoetst omdat deze parameter volgend is op de GVG en GLG.
Kwel is het uittreden van grondwater aan het oppervlak. Voor de ecologische toetsing is voor zowel de gemiddelde kwelflux als de winterkwelflux bekeken. De kwel is aanwezig als deze in zowel gemiddelde als wintersituatie duidelijk aanwezig is. Wanneer deze in beide situaties niet aanwezig is dan wordt deze als afwezig beschouwd. Een streepje betekend dat er nauwelijks kwel is (nabij 0mm/dag).

2.2.4 Toetsingslocaties

Voor de toetsing van de verschillende maatregelen in de scenario's zijn door RHDHV vlakdekkende kaarten geproduceerd en aanvullend een aantal puntlocaties door UvB beschreven (kwel, GVG, GLG, duurlijnen). De gekozen locaties zijn 'referentielocaties' in het Ageler- en Voltherbroek in habitattypen die het meest kwetsbaar zijn en het meest belang hebben bij hydrologische herstelmaatregelen. De overige habitattypen in het Natura 2000-gebied zullen 'meeliften' met maatregelen die worden genomen om de meest kwetsbare habitattypen te herstellen. De locaties zijn weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1. Onderzochte puntlocaties in het Ageler- en Voltherbroek.

De puntlocaties zijn verspreid over het gebied in habitattypen neergelegd. Tabel 2 geeft de relatie tussen de onderzochte puntlocaties (nummer correspondeert met nummer op figuur 1) het habitattype en de huidige (2018) toestand van de vegetatie.

Tabel 2. Puntlocatie met habitattype en vegetatiecode (SBB coderingen) en de huidige staat van de vegetatie (op basis van wel of niet voorkomen van doel- en ruigtesoorten). (groen = vegetatie bevat doelsoorten en is in goede tot redelijke staat, Oranje = vegetatie bevat kenmerken van verruiging maar bevat ook nog doelsoorten, rood = vegetatie is in slechte staat en bevat veel verruigende soorten)

Nummer	Habitat	Code	Vegetatiecode (lokaal)	Toestand van de vegetatie
1	Eiken haagbeukenbos	H9160A	43C1-1	
2	Eiken haagbeukenbos	H9160A	43B2-2	
3	Eiken haagbeukenbos	H9160A	43B2-2 (3)	
4	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A2-6 + 43B2-3	
5	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A2-10	
6	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A2-10 (4)	
7	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A-3 (4)	
8	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	43-1	
9	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	43-5 (3)	
10	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A2-10	
11	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	43B2-3	
12	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A2-10	
13	Blauwgrasland	H6410	16A-3 (2)	
14	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A2-10 (1)	
15	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A2-10 (1)	
16	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A2-6 (3)	
17	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A2-10 (2)	
18	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A-3 (2)	
19	Blauwgrasland	H6410	16A-3 (1)	
20	Blauwgrasland	H6410	16A-a + 16A2a	
21	Zwakgebufferd ven	H3130	09A3-1 (5)	
22	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A2-6 (3)	
23	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A-1 (1)	
24	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A2-3 (4)	
25	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A2-5 (2)	
26	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A2-10 (2)	
27	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A2-7 (2)	
28	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A2-10(2)	
29	Eiken haagbeukenbos	H9160A	43C1-1	
30	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A2-7 (3)	
31	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A2-2 (2)	
32	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A2-10 (3)	
33	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	39A2-10 (2)	
34	Vochtig alluviaal bos	H91E0C	36A2-3 (3)	

s

2.3 Verloop en resultaten iteratief proces

Er zijn in totaal vijf scenario's voor Ageler- en Voltherbroek doorgerekend. Notities van Royal Haskoning DHV en Unie van Bosgroepen (Stroet & Van Wachtendonk 2017, Stroet et al., 2018, van den Berg et al., 2018, van Wachtendonk et al., 2018) geven een toelichting

op de scenario's. Na het doorrekenen van de effecten van elke set aan maatregelen (scenario's) werden de resultaten besproken in het deskundigenteam waarna besloten werd tot het aanpassen van een scenario voor een volgende iteratieve sessie.
Deze paragraaf geeft een samenvatting van de resultaten en de aanleiding vanuit natuur, landbouw en overige functies om aanvullende scenario's door te rekenen, totdat een optimaal eindscenario werd gevonden (scenario 5b).

Scenario 1 & 2

In eerste instantie zijn twee scenario's doorgerekend:

- Scenario 1: de PAS-maatregelen uit de PAS-gebiedsanalyse (Oling et al., 2015, PASbureau 2017). Er is hierbij gerekend met de maatregelen van de gebiedsanalyse 2015. De update van de gebiedsanalyse (2017) betreft een update in de Aerius berekening en heeft geen consequenties voor de berekening van de maatregelen.
- Scenario 2: Het maatregelenpakket zoals geformuleerd door de Unie van Bosgroepen in samenwerking met B-ware (van den Berg & Smeenge 2017) naar aanleiding van de systeemanalyse Achter de Voort, Ageler- en Voltherbroek (van den Berg et al., 2017).

Uitkomst scenario: Belangrijke conclusie uit deze eerste scenario's is dat in beide situaties het doelgat GLG niet werd gehaald. Scenario 2 bleek het minst gunstig en gaf onvoldoende positieve effecten op de kwel, GVG en GLG (Stroet & Van Wachtendonk 2017). De effecten van scenario 2 bleken met name in het Voltherbroek onvoldoende voor herstel van het grondwaterregime. In enkele gevallen bleek scenario 2 een vergelijkbaar effect te hebben als scenario 1. Scenario 1 was beduidend beter in het algemeen maar had veel negatieve effecten in de omgeving (buiten het N2000 gebied). Vanwege de deels onvoldoende effecten en de negatieve effecten in de omgeving is in twee opeenvolgende scenario's verder gerekend aan een optimaal scenario. De effecten van het PAS-scenario op de habitattypen zijn beschreven in bijlage 3 en vergeleken met de effecten van het eindscenario, ten behoeve van de onderbouwing van dit eindscenario.

Scenario 3 & 4

Omdat scenario 1 en 2 niet het gewenste effect op de hydrologie had zijn twee aanvullende scenario's doorgerekend. Deze scenario's zijn beide doorgerekend met als doel lering te trekken over de effecten van de maatregelen. Ze geven inzichten in extreme maatregelen en geven daarmee een gevoel over de richting van te nemen maatregelen. De scenario's zijn:

- Scenario 3 "Bos weg": het grondgebruik "Loofbos" in het Natura 2000-gebied is vervangen door "Natte natuur" (moeras). In de praktijk kan dit niet, omdat in een groot deel van het gebied het habitattype H91E0C (vochtige alluviale bossen, beekbegeleidende bossen) voorkomt waarvoor een uitbreidingsdoel van oppervlakte en kwaliteit geldt. De berekening is gedaan om te kijken wat de invloed van bosverdamping is op de grondwaterstanden in het gebied.
- Scenario 4 "Alles op alles": een scenario met het maximaal denkbare pakket met waterhuishoudkundige maatregelen. Het betreft hier het dempen van alle interne watergangen. De Tilligterbeek en de om te leggen Peijingsbeek worden beleemd.

Daarnaast zijn alle randzones als hydrologische buffer ingevoerd (drainage eruit, sloten dicht). Het kappen van bos maakt geen deel uit van dit scenario.

Uitkomst scenario's: Het grootschalig kappen van bos leidt tot een maximaal toename in GLG van 20 cm (Stroet et al., 2018). Hiervoor moet echter een groot deel van het Elzenbroekbos gekapt worden, wat niet realistisch is. Op kleinere schaal kappen van bos heeft een veel kleiner effect op de GLG. Geconcludeerd werd dat kappen van bos alleen realistisch is (en effect sorteert) voor behoud en uitbreiding van korte vegetaties zoals blauwgrasland. De maatregel is als dusdanig aan de randen van dit habitattype (ter uitbreiding) in verdere scenario's opgenomen.
In scenario 4 worden positieve effecten behaald in de hydrologie. In het Agelerbroek stijgt de GLG rond de Tilligterbeek 20 tot 50 cm terwijl deze in het Voltherbroek minder stijgt (zeer lokaal tot 20cm stijging maar overwegend geen effect of een 0 tot 10cm stijging). Ondanks deze stijging komt de GLG niet binnen de eerste 50 cm onder maaiveld (oude doelgat Vochtig alluviaal bos) (Stroet & Van Wachtendonk 2017).
Scenario 4 had positieve gevolgen voor de kwel in Ageler- en delen van Voltherbroek en bleek ook een verbetering te geven aan de GVG. De opstuwing van het water in het Voltherbroek bleek echter te resulteren in het verlagen van de kweldruk. Door het te hoog opzetten van de waterpeilen in combinatie met vasthouden van regenwater in het gebied kan grondwater moeilijker aan het oppervlak komen. Het dempen van alle interne watergangen en de watergangen van de hydrologische bufferzone is daarbij ook niet realistisch gezien de grote hoeveelheden water die jaarlijks afgevoerd moeten worden uit het gebied.

Scenario 5a & b

Scenario 4 gaf een positiever effect dan scenario 1 en 2 met betrekking tot de hydrologie. Echter, er bleken ook negatieve effecten aan scenario 4 te zitten. Scenario 4 leidt tot zeer grote of extreme vernatting van de particuliere percelen ten noorden en westen van het Agelerbroek zonder dat de extra maatregelen uit dit scenario (ten opzichte van scenario 1) positiever scoorden voor de natuurdoelen in dit deel van het Agelerbroek. Op basis van scenario 4 en de resultaten van de ecologische toets en landbouwnatschade van scenario 1, 2 en 4, is daarom een voorstel voor scenario 5 gedaan. Er zijn twee varianten doorgerekend:

- 5a: geoptimaliseerd maatregelenpakket waarbij de volgende uitgangspunten werden gehanteerd (van den Berg et al., 2018):
    - Het effect van de Tilligterbeek op het grondwatersysteem werd zoveel mogelijk geminimaliseerd door de beek zo ondiep mogelijk te maken, waardoor de grondwaterstanden in het aangrenzende gebied worden verhoogd. Om de afvoercapaciteit bij pieken te waarborgen is het noodzakelijk de beek te verbreden. Belemen van de beekbodem in plaats van verondiepen zou ook een effectieve maatregel kunnen zijn maar vanwege de technische complexiteit en moeilijke uitvoerbaarheid werd deze maatregel niet in het eindscenario opgenomen.
    - Herstel van de verbinding tussen het Voltherbroek en het Agelerbroek door het kanaal af te dammen en over een breedte van maximaal 100 m het oorspronkelijke moerasgebied te herstellen is wenselijk. Echter, vanwege de

waterkwaliteit wordt hierbij een scheiding aangebracht tussen het voedselrijkere beekwater en het voedselarmere kwel- en oppervlaktewater.
    - Waterhuishoudkundige maatregelen uit scenario 4 (“Alles op alles”) zijn beoordeeld op hun effectiviteit op de natuur en de landbouwnatschade die ze veroorzaken. Maatregelen die niet effectief zijn en wel schade veroorzaken zijn niet doorgevoerd in scenario 5b.
    - Uit scenario 3 is gebleken dat boskap positieve effecten heeft op de GLG. Omdat het ecologisch onwenselijk blijft om bos te kappen, is deze maatregel in scenario 5b alleen zeer kleinschalig op locaties die zijn aangeduid voor uitbreiding van blauwgrasland toegepast.
- 5b: zoals a, maar een door het waterschap uit te werken vistrap wordt aangelegd die een vergelijkbaar effect sorteert als de huidige stuw in de Roelinksbeek

Uitkomst scenario:
Het peil van de verondiepte Tilligterbeek ligt in scenario 5 ongeveer 1 meter hoger dan in de huidige situatie. Als gevolg hiervan stijgen GHG, GVG en GLG rondom de Tilligterbeek met ongeveer 30 cm. Daarnaast wordt er minder kwelwater afgevoerd door de opgehoogde Tilligterbeek. Dit heeft vooral een positief effect direct ten oosten en ten westen van de beek. Ten oosten van de Tilligterbeek binnen het N2000 gebied stijgt de grondwaterstand met 10 tot 20 cm. Door de lagere ligging van de percelen in dit gebied komt de GHG hier aan maaiveld te liggen. Door de toename in grondwaterstanden in de omliggende bufferzones en de toegenomen grondwaterstanden in het natuurgebied zelf neemt de kwel in het Agelerbroek toe. In het Voltherbroek zien we dat bij het behouden van de stuwing (door aanleg vistrap) ter hoogte van de Roelinksbeek dat het grondwaterstand stijgt tot 50 cm -mv. Het effect van de peilverhoging straalt uit tot meer dan 500 meter ten oosten en ten westen van de beek. Ten opzichte van de huidige situatie stijgt de GLG met 5 tot 30 cm in het centrale deel van het Voltherbroek. Ook neemt de kwel in het Voltherbroek toe, waar kwel in scenario 5a juist afneemt.
De hydrologische analyse toont dat een hoger peil van het water in de Roelinksbeek noodzakelijk is voor de gewenste grondwaterstanden. Tijdens het kalibreren van het grondwatermodel is namelijk gebleken dat de opstuwing van de Roelinksbeek in de huidige situatie leidt tot infiltratie in de zomer waardoor hogere grondwaterstanden optreden. Het verwijderen van deze stuw heeft negatieve effecten op grondwaterstanden en omliggende habitattypes. Handhaven van het peil door aanleg van vistrap (vergelijkbaar met de handhaving stuw) wordt derhalve geprefereerd boven scenario 5a waarin de stuw is verwijderd. Met de aanleg van de vistrap wordt tevens de vispasseerbaarheid van de beken, een KRW meeliftdoel, ingevuld.
Van deze twee varianten zorgt variant 5b derhalve voor de grootste toename in kwel en grondwaterstanden binnen het natuurgebied en is daarmee het meest wenselijk voor het behalen van de natuurdoelen (van den Berg et al., 2018, van Wachtendonk et al., 2018). De effecten van scenario 5b op de habitattypen, in vergelijking met de effecten van het oorspronkelijke PAS-scenario zijn opgenomen in bijlage 3 als onderbouwing voor de keuze van scenario 5b.

De maatregelen zoals deze zijn voorgesteld in het eindscenario vormen een verfijning en aanvulling van de maatregelen uit de PAS analyse. Met het uitvoeren van de maatregelen uit het voorgestelde eindscenario wordt beter invulling gegeven aan de doelen voor de

habitattypen in het kader van PAS/N2000 dan door het PAS scenario. Het eindscenario zorgt voor een voldoende positief effect op de habitattypen vochtige alluviale bossen en blauwgraslanden. De overige habitattypen liften mee op deze positieve ontwikkelingen. De kwel, als belangrijkste criterium voor de habitattypen, neemt toe. De duur van de hoge waterstanden neemt eveneens toe als tweede belangrijke criterium. Ook de GVG en GLG stijgen (criteria nummer 2 en 3 voor vochtige alluviale bossen), met als gevolg dat aanvulling van de noodzakelijke buffering in de bodem (zie systeemanalyse) kan plaatsvinden. Uitbreiding van habitattypen vochtige alluviale bossen, blauwgraslanden en eiken-haagbeukenbos zal plaatsvinden na uitvoer van het maatregelenpakket. De kwaliteit in de habitattypen zal toenemen vanwege de toename in kwel en een langere periode van grondwater in de bovenste lagen van de bodem (duurlijnen verbeteren). Dit geldt voor alle habitattypen.

De voorgestelde maatregelen zullen tevens voor de habitatsoorten Zeggekorfslak (H1016) en Kamsalamander (H1166) positief uitwerken (zie ook systeemanalyse). De N2000 doelstelling voor de habitatsoort Kamsalamander is voor zowel oppervlak als kwaliteit een uitbreidingsdoel. Voor de Zeggekorfslak geldt dat het oppervlak van het leefgebied in stand moet worden gehouden en de kwaliteit moet verbeteren. Zeggekorfslak is gebaat bij een toename van kwalitatief goed vochtig alluviaal bos (met bijvoorbeeld moeraszegge of scherpe zegge, zie www.SynBioSys.nl) en is dus per definitie gebaat bij de maatregelen welke positief zijn voor de verbetering van kwaliteit van het vochtige alluviale bos. De verspreiding van Zeggekorfslak in het gebied (zie systeemanalyse) is zowel ten noorden als ten zuiden van het kanaal en een robuuste verbinding zal positief uitwerken op de verbinding van deze twee satellietpopulaties.
Ook kamsalamander zal profiteren van de hydrologische maatregelen omdat het leidt tot meer wateren die gedurende het jaar water kunnen bevatten (het leefgebied wordt groter). Daarnaast worden voor kamsalamander specifieke additionele maatregelen voorgesteld zoals het graven van poelen. (maatregel M5a). Dit is landschapsecologisch gezien alleen wenselijk in natuurlijke laagten van het landschap, daar waar deze poelen geen negatieve hydrologische effecten hebben op de omgeving. De eerder onderzochte locaties (rapportage B-WARE) zijn allen gelegen in dekzandruggen en hierdoor ongeschikt. Als maatregel zijn zoekgebieden opgenomen waarvan de landschappelijke ligging dusdanig is dat ondiepe poelen geen kwalijke effecten hebben op de lokale hydrologie. Poelen ter bevordering van de kamsalamander populaties kunnen worden aangelegd na de uitvoering van hydrologische maatregelen. Als gevolg van de maatregelen (verondiepen diepe beken) zal de soort meeliften met het herstel van vochtig alluviaal bos omdat nieuwe natte laagten ontstaan in het vochtig alluviaal bos (bijvoorbeeld in de oude greppels en sloten).

3 Aanpassing maatregelen n.a.v. keukentafelgesprekken

Uit de vele keukentafelgesprekken is naar voren gekomen dat er een algemene zorg is over de afvoer van hemelwater en oppervlaktewater rondom de erven. De maatregelen resulteren in grondwaterpeilverhogingen en in sommige gevallen worden ook sloten gedempt die oppervlaktewater vanuit landbouwgebieden of erven afvoeren. De maatregelen worden genomen om optimaal effect te hebben op de grondwaterstanden (in termen van kwel, duur en hoogte, zie verder in dit document) met zo min mogelijk effect op de omgeving. Daarbij is het van belang te weten dat de afvoer van hemelwater en oppervlaktewater rondom de erven altijd mogelijk moet zijn. Het oppervlaktewatersysteem (de greppels en sloten) zijn hierop ingericht en hiermee is rekening gehouden met het vaststellen van de maatregelen. Aanpassingen van dit systeem komen soms uit keukentafelgesprekken naar voren en zijn op de maatregelenkaart verwerkt. Voorbeelden hiervan zijn de ontwatering langs de Broekmatenweg of het openhouden van sloten langs erven aan de westzijde van het Voltherbroek. Ten oosten van het Agelerbroek langs de broekmatenweg wordt afwatering van hemelwater en oppervlaktewater van de erven verbeterd door de aanleg van een nieuwe sloot ten westen van de huizen. Deze sloot wordt 40cm diep t.o.v. maaiveld en sluit aan op een reeds bestaande sloot. Het water wordt afgevoerd naar het noorden op de Voltherbeek.

Water in de Voltherbeek kan bij een hoog peil mogelijk doorstromen naar een landbouwsloot in het noordoosten van het gebied (langs de Volthermedeweg). De overstroming van Voltherbeek water in deze sloot resulteert in vernatting van het gebied maar ook op een verhoogd risico van instroom van voedselrijk water het natuurgebied in. Op deze locatie wordt een terugslagklep gemonteerd om dit te voorkomen.

In het zuidelijke deel van het Voltherbroek is er op enkele plekken risico van oppervlakkige afstroming landbouwwater naar natuur. Het stroombanenonderzoek geeft hier geen aanleiding tot een verhoogd risico maar de hoogteligging wel (oppervlakkige afstroom). Op deze locaties is beoordeeld of het mogelijk is om een mitigerende greppel open te houden om te voorkomen dat het landbouwwater kan afstromen naar natuur. In het zuidelijke deel van het Voltherbroek, ten noorden van de Laarweg (aan de Laarweg gelegen) liggen landbouwpercelen waarvoor een risico is op uitspoeling van landbouwwater naar de natuur. De naastgelegen natuur is van hoge waarde. Zelfs al wordt gestopt met bemesting dan kan de bodem nog steeds nitraten en fosfaten ‘naleveren’ over een periode van 15 jaar. Om de uitspoeling te voorkomen is besloten om de sloten direct ten noorden van de percelen niet geheel te dempen maar te verondiepen en het water via een bestaande drainagebuis (diameter 50cm, ligging nu NAP +20.5m) af te voeren naar het westen. Het landbouwwater uit de percelen ten zuidoosten van de buis kunnen hierdoor afwateren in deze buis en het water wordt uiteindelijk naar de Roelinksbeek afgevoerd. De buis loopt reeds onder de Laarweg richting afwateringssloot naar Roelinksbeek.
Eenzelfde situatie wordt gevonden ten zuidwesten van het Voltherbroek waar een kleine ondiepe greppel aangelegd wordt en aangesloten wordt op een reeds bestaande sloot. Dit voorkomt de onnodige afstroom van fosfaten en nitraten naar de natuur.

Nabij de centraal gelegen woning tegen het kanaal in het Voltherbroek bestaat de zorg dat water bij hoge piekbelasting niet afgevoerd kan worden waardoor de woning gevaar loopt.

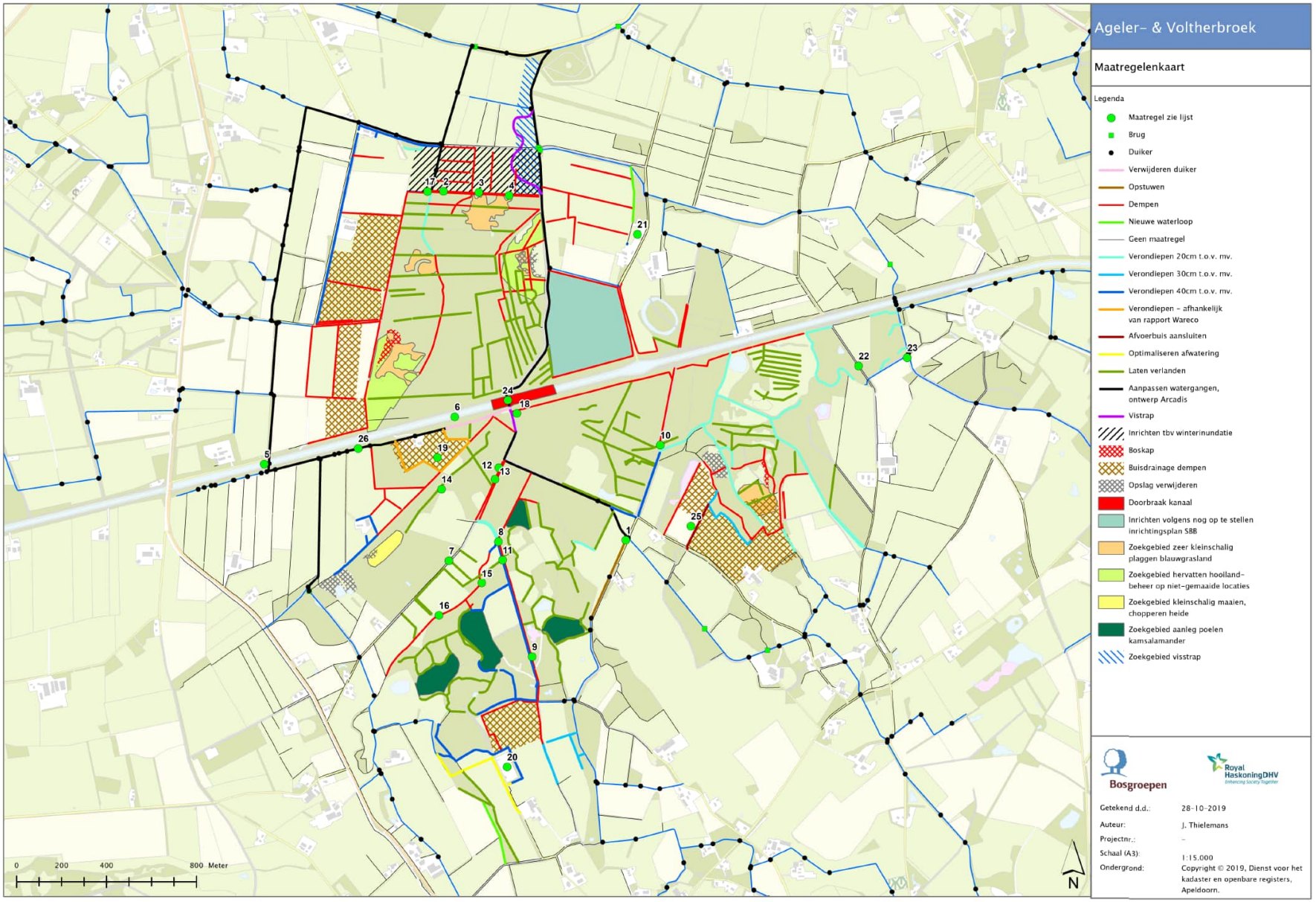
De watergang die het water ter hoogte van de centraal gelegen woning tegen het kanaal afvoert wordt aangepast zodat water vanuit het westen, bij zeer hoge waterstanden, niet naar het oosten (omgeving woning) kan stromen (puntmaatregel 26). Afvoer van water in de afgedamde sloot zal moeten plaatsvinden naar het westen via duiker met terugslagklep of richting het kanaal middels pomp.

4 Maatregelen definitieve scenario

De maatregelen zijn gebaseerd op scenario 5b. Bij uitvoering resulteren de maatregelen in een vernatting van het natuurgebied en een verhoging van de grondwaterstanden. Bij de bepaling van de maatregelen werd rekening gehouden met de afwatering van oppervlaktewater bij huiskavels. De afwatering van huiskavels en erven moet altijd mogelijk zijn.

4.1 Definitieve maatregelenkaart

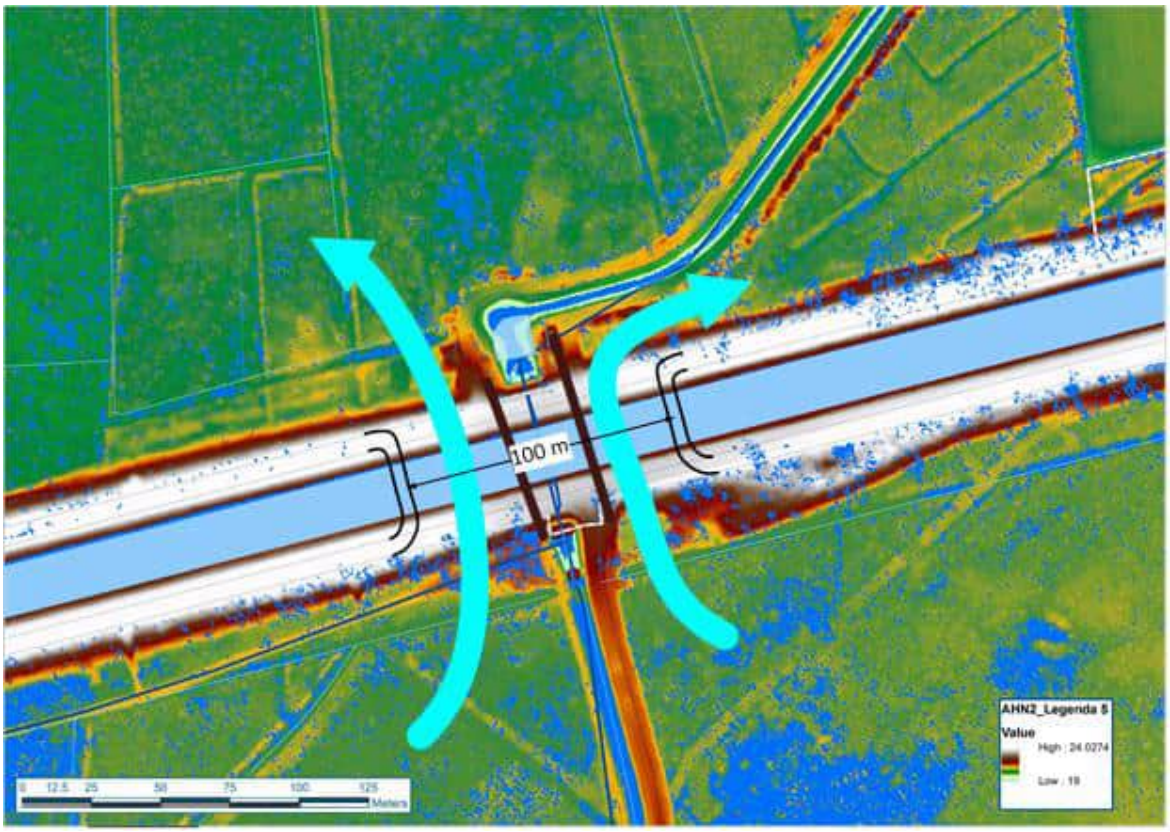
Figuur 2 toont de maatregelen van het definitieve scenario. Dit is het scenario 5b zonder aanpassingen aan de Voltherbeek maar met de aanvullingen vanuit de keukentafelgesprekken. De maatregelen voor het deelgebied Achter de Voort zijn behandeld in bijlage 2 (van den Berg& Smeenge (2017) & bijlage 2). Iteratieve sessies voor de verfijning van de maatregelen zijn voor dit deelgebied niet gehouden omdat het gebied niet te modelleren was vanwege de keileemlaag aan de oppervlakte. Onderstaande tekst geeft de maatregelen behorende bij het definitieve scenario (figuren 2).



Figuur 2: Maatregelenkaart ten behoeve van de habitattypen (definitief scenario) voor Natura 2000-gebied Achter de Voort, Agelerbroek & Voltherbroek.

Tabel. Legenda behorende bij de puntlocaties in de maatregelenkaart (figuur 2)

Volgnr	Maatregel	Opmerking
1	Aanleg stuw (20.18 mNAP)	Verhogen peil uitstroom 10 cm, van 20.08 mNAP naar 20.18 mNAP
2	Aanleg uitstroom + stuw (20.18 mNAP)	Verhogen peil uitstroom 10 cm, van 20.08 mNAP naar 20.18 mNAP
3	Aanleg uitstroom (onderzoek naar mogelijkheid voor vispasserbaarheid volgt (inrichtingsfase))	Verhogen peil uitstroom 10 cm, van 20.08 mNAP naar 20.18 mNAP
4	Aanleg uitstroom (onderzoek naar mogelijkheid voor vispasserbaarheid volgt (inrichtingsfase))	Verhogen peil uitstroom 10 cm, van 20.08 mNAP naar 20.18 mNAP
5	Aanleg onderleider, aandachtspunt gasleiding	
6	Verwijderen duiker	
7	Aanleg voorde	
8	Aanleg voorde	
9	Aanleg voorde	
10	Aanleg voorde	
11	Verwijderen duiker	
12	Gedeelte dam verwijderen	
13	Gedeelte dam verwijderen	
14	Gedeelte dam verwijderen	
15	Gedeelte dam verwijderen	
16	Gedeelte dam verwijderen	
17	Vernieuwen stuw	
18	Vernieuwen stuw	
19	Afwateringshoogte sloten afhankelijk van Wareco	
20	NAM-locatie: goede afwatering noodzakelijk	Afwatering wordt gerealiseerd naar westen. Sloten zijn mogelijk al geschikt en hoeven waarschijnlijk niet te worden aangepast
21	Afwatering percelen in noordoostelijke richting	
22	Duiker door kade voor doorstroming	
23	Uitstroom waterloop via terugslagklep	
24	Doorsteek kanaal	
25	Locatie afwateringsbuis, inmeten	
26	Afdammen sloot, locatie nader te bepalen	



Figuur 3: Doorbraak kanaal. Kanaal wordt afgedamd (afstand circa100 m). Kanaaldijk aan beide zijden afgraven, oorspronkelijk maaiveld herstellen. Het traject Roelinksbeek-Tilligterbeek komt gelegen tussen door te trekken kades.

Agelerbroek

- In het Agelerbroek worden alle diepe waterlopen en waterlopen die door diepe leemlagen snijden gedempt. Tevens worden interne waterlopen verondiept. Alle overige waterlopen zijn ondiep en is natuurlijk laten verlanden de beste optie (Figuur 2 geeft een overzicht).
- Om voor een goede doorstroming in het Agelerbroek te zorgen worden op vier locaties ten noorden van het Agelerbroek mogelijkheden gecreëerd waar het water het gebied uit kan stromen. Twee van deze locaties (de meest oostelijke) zijn uitstroomopeningen waar de mogelijkheid voor eventuele vismigratie (kwabaal bijvoorbeeld) wordt onderzocht in de inrichtingsfase. Deze migratie zou via de noordelijke percelen (waterbuffer) het broekbos in moeten plaatsvinden. De exacte locatie is ook onderdeel van de inrichtingsfase en is afhankelijk van de lokale situatie. Het peil van deze uitstroompunten ligt op een hoogte van NAP+20.1 m. Dat is een verhoging van 10 cm t.o.v. de huidige uitstroomhoogte van het Agelerbroek.
- De breedte, bodemhoogte en waterstand van de Tilligterbeek wordt aangepast conform ontwerp oppervlaktewatersysteem van Arcadis (In dit ontwerp is de verondiepingsdiepte een vast gegeven (zie onder andere Boleij 2018). De breedte en het profiel zullen worden aangepast na onderzoek naar opstuwing door plantengroei. De uiteindelijke oplossing zal worden vastgesteld in de inrichtingsfase waarbij de verondiepingsdiepte een voorwaarde is. Intreeweerstand 3 dagen en geen infiltratie mogelijk.
- Aan de noordzijde van Agelerbroek stroomt de Tilligterbeek het gebied uit via een vistrap. De paarse lijn in deze percelen (maatregelenkaart) toont de vistrap zoals deze is berekend (lengte en locatie) in het grondwatermodel. Dit is een optie en geeft niet de definitieve locatie. De definitieve locatie wordt gezocht in de inrichtingsfase in de percelen direct ten noorden van het Agelerbroek (zie arcering maatregelenkaart). De breedte, bodemhoogte en waterstand wordt aangepast conform ontwerp oppervlaktewatersysteem van Arcadis. Intreeweerstand 3 dagen en geen infiltratie mogelijk.
- Het noordelijke deel van de Tilligterbeek dat tussen de nieuwe vistrap en de Voltherbeek ligt komt door de vistrap te vervallen en zal worden gedempt of sterk verondiept (conform verondieping Tilligtereek ter plaatse). Dit wordt verkend in de inrichtingsfase.
- De landbouwsloot aan de westzijde Agelerbroek in de landbouwzone wordt aangepast. Dit is deels een nieuwe waterloop. Breedte, bodemhoogte en waterstand worden conform ontwerp oppervlaktewatersysteem aangepast (Boleij 2018). Intreeweerstand 3 dagen en geen infiltratie mogelijk.
- De waterloop ten noorden van de stuw ‘Het Vree’ wordt verondiept tot 20 cm onder maaiveld zodat een oppervlakkige stroomgeul aanwezig is.
- Waterlopen en drainage in de bufferzones rondom het N2000 gebied worden gedempt en of verondiept volgens maatregelenkaart (details in figuur 2b).
- De percelen direct ten noorden van het Agelerbroek worden dusdanig (hydrologisch) ingericht, door bijvoorbeeld aanleggen walletjes, dat winterinundatie kan ontstaan.
- Door de ligging van de vistrap komt een deel van een legger waterloop in de percelen ten noorden van het Agelerbroek tegen de bufferzone te vervallen (dempen, figuur 2b).

- Ten oosten van het Agelerbroek wordt afwatering van oppervlaktewater van de erven langs de Broekmatenweg verbeterd door de aanleg van een nieuwe sloot ten westen van de huizen naar een aansluiting op de Voltherbeek in het noorden.
- Ten oosten van het Agelerbroek liggen laaggelegen percelen tegen het kanaal in eigendom van Staatsbosbeheer. De systeemanalyse toont dat er opgehoogde percelen in liggen met daaronder veen. Op deze percelen is overstroming van de Tilligterbeek mogelijk. De percelen worden voor natuur nog nader ingericht na het opstellen van een inrichtingsplan door Staatsbosbeheer.

Voltherbroek

- Alleen waterlopen, die leemlagen doorsnijden en waarvan dempen een duidelijk positief effect heeft op de ecologische criteria, worden gedempt of verondiept. De maatregelenkaart (figuur 2c) toont de waterlopen waarvoor dit is vastgesteld en welke gedempt of verondiept moeten worden. Overige waterlopen zijn ondiep en moeten verlanden (figuur 2 geeft een overzicht).
- Langs de Roelinksbeek ligt een kade met pvc doorvoerpijpjes. Deze worden afgesloten om uitwisseling van water tussen de Roelinksbeek en het natuurgebied te voorkomen.
- De breedte, bodemhoogte en waterstand van de Roelinksbeek worden aangepast conform ontwerp oppervlaktewatersysteem van Arcadis (Boleij 2018). Intreeweerstand 3 dagen en geen infiltratie mogelijk.
- In plaats van een onderleider, wordt de aansluiting van de Tilligterbeek en de Roelinksbeek over het kanaal geleid (zie figuur 3). Hierbij wordt het kanaal voor 100 meter afgedamd. Daarnaast worden links en rechts van de Tilligterbeek ondiepe geulen aangelegd om het Agelerbroek met het Voltherbroek te verbinden waardoor het ''natuurwater'' kan doorstromen. De aansluiting van de twee beken wordt een vispassage (cascade). De cascade begint wellicht al verder benedenstrooms, zie ontwerp Arcadis.
- De watergang die het water ter hoogte van de centraal gelegen woning tegen het kanaal afvoert wordt aangepast zodat deze het water naar het westen gaat afvoeren. De watergang wordt wel afgesloten voor water dat vanuit het oosten deze sloot kan instromen tijdens piekbelasting (door middel van afdammen of hoge stuw met terugslagklep). De breedte, bodemhoogte en waterstand worden aangepast conform ontwerp oppervlaktewatersysteem Arcadis (Boleij 2018). Intreeweerstand 3 dagen en geen infiltratie mogelijk. De waterstroomrichting wordt omgedraaid en de loop zal afstromen naar de Peijinksbeek/onderleider kanaal ten westen. Overtollig water moet evt. ook op het kanaal kunnen lozen
- De duiker die nu vanaf de centraal gelegen woning tegen het kanaal naar het oosten loopt (naar de Roelinksbeek) wordt verwijderd.
- Drainage in landbouwpercelen bij de centraal gelegen woning aan de Voltherbroekweg bij het kanaal zal worden verwijderd. Sloten worden verondiept en aangesloten op de sloot langs de Voltherbroekweg na afstemming met de resultaten van het WARECO onderzoek.
- Peijinksbeek: deze wordt aangepast conform ontwerp Arcadis om aan te sluiten op de Wonderboersleiding (daarvoor wordt deze in het laatste tracé voor het kanaal verondiept) en de onderleider onder het kanaal. In het zuidelijke deel is geen aanpassing nodig.
- Waterlopen en drainage in de bufferzones worden verwijderd op de locaties aangegeven op de maatregelenkaart (figuur 2c).
- Het Voltherbroek wordt in het oostelijke deel doorkruist door de Twelweg waardoor een oostelijk en een centraal deel van het Voltherbroek ontstaat. Om de doorstroming van het water tussen deze twee deelgebieden te bevorderen wordt een duiker aangelegd.

- Water uit de Voltherbeek kan bij een hoog peil mogelijk doorstromen naar een landbouwsloot in het noordoosten van het gebied (langs de Volthermedeweg). Hier wordt een terugslagklep gemonteerd om dit te voorkomen.
- Ten zuiden van het Voltherbroek komen twee hoofdwatergangen samen in de Roelinksbeek. In de westelijke tak (langs de Broekweg) wordt het peil opgestuwd tot NAP+20.7 m.
- In het zuidelijke deel van het Voltherbroek, ten noorden van de Laarweg wordt een bestaande drainagebuis (diameter 50cm, ligging nu NAP +20.5m) aangepast zodat landbouwwater uit de percelen ten zuidoosten hiervan kunnen afwateren in deze buis en het water uiteindelijk naar de Roelinksbeek wordt afgevoerd. De buis ligt reeds onder de Laarweg richting afwateringssloot naar Roelinksbeek.
- Oppervlaktewater van de percelen ter hoogte van de NAM locatie zal worden afgevoerd in westelijke richting omdat de noordelijke percelen aangewezen zijn als hydrologische buffer. De watergangen richting het westen zullen middels verondieping geprofileerd worden zodat oppervlaktewater naar het westen kan worden afgevoerd. Met de aanpassing van deze sloten (geel op de maatregelenkaart) wordt gezocht naar maximale verondieping met inachtneming van de afvoer van oppervlaktewater van de NAM locatie en de boerderij ten zuiden hiervan. Deze maatregel (optimalisatie afvoer oppervlaktewater) zoekt dus een maximale verondieping waarbij oppervlaktewater nog steeds kan worden afgevoerd.
- In de Wiekerhoek liggen landbouwpercelen waar een risico bestaat op uitspoeling van nitraten en fosfaten naar de natuur. Een ondiepe greppel van 30 cm wordt aangelegd om de uitspoeling te voorkomen. Deze wordt aangesloten op reeds bestaande sloten.

<u>Algemeen (Voltherbroek en Agelerbroek)</u>

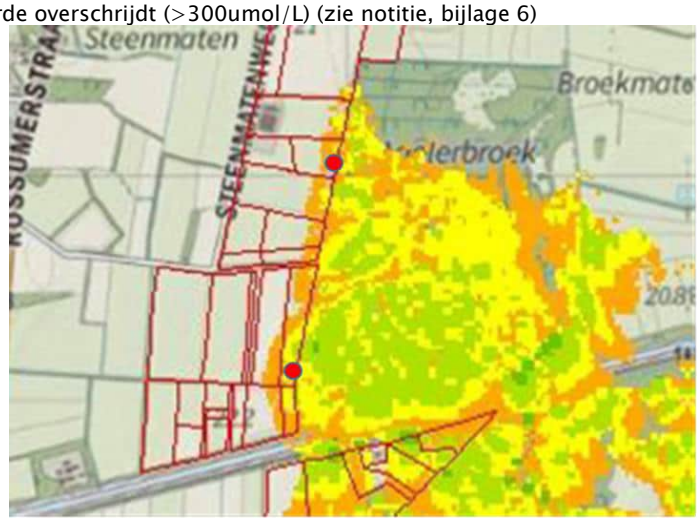
- Bemesting: bemestingsmaatregelen zijn opgesteld na het volgen van de bemestingswijzer en een aanvullende notitie over de risico's van sulfaatuitspoeling voor natte natuur (zie rapport Aequator 2019, bijlage 6) en (Roelofs 2019). De ligging van de stroombanen zijn hiervoor cruciaal. Percelen waarvoor het stroombanenonderzoek (RHDHV) heeft aangetoond dat verrijking van natuur door nutriënten via het grondwater kan plaatsvinden worden aangemerkt als percelen met een hoog risico. Uit de onderzoeken blijkt dat enkele zones rondom het N2000 gebied in aanmerking komen voor maatregelen met betrekking tot bemesting. Deze zones/percelen zijn berekend op basis van de bemestingswijzer (provincie Overijssel) door Aequator groen en ruimte (zie rapportage Aequator 2019).
  Voor de percelen ten westen van het Agelerbroek geldt een additionele maatregel welke gebaseerd is op te hoge sulfaatconcentraties in het grondwater (zie rapportage B-WARE). Op deze percelen is bemesting en graslandvernieuwing niet mogelijk. Maatregel wordt hier: ''stoppen met bemesting, voorkomen graslandvernieuwing, blijvend grasland (zie **kader** hieronder).
- Op diverse locaties zijn, ten behoeve van doorstroming en toegang tot de gebieden kunstwerken zoals bruggen, stuwen of duikers nodig. De kaart geeft aan waar dit nodig wordt geacht.
- Voor de locaties waar uitbreidingsdoelen voor blauwgraslanden zijn gesteld en waar momenteel bos met een lage natuurwaarde staat wordt bos gekapt of opslag

verwijdert. De maatregel ‘boskap’ is rood gearceerd, de maatregel opslag verwijderen is grijs gearceerd in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**2).

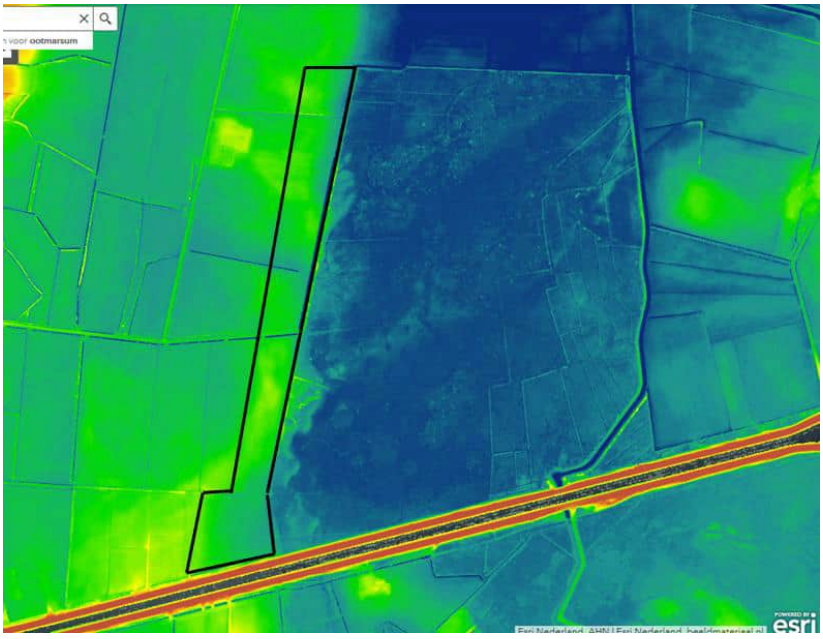
- Ter uitbreiding van blauwgrasland is het afgraven van voedselrijke toplaag mogelijk een noodzakelijke maatregel. De percelen waarvoor dit geldt zijn weergegeven als zoekgebied voor deze maatregel. Onderzoek naar de P-gehalten in de diepte zal uitwijzen of dit noodzakelijk is.
- Zoekgebied poelen kamsalamanders: in de zoekgebieden zullen locaties gezocht worden voor de aanleg van kamsalamanderpoelen op maximaal 500 meter van geschikt habitat.
- Hervatten hooibeheer op niet gemaaide locaties ter uitbreiding en verbetering van kwaliteit van de blauwgraslanden.
- Zoekgebied kleinschalig maaien en chopperen in heide. Voor afvoer van voedselrijke, door grassen (Pijpenstootje) gedomineerde toplaag en dus voor behoud en verbetering van kwaliteit van heide worden vergraste delen kleinschalig aangepakt waarbij het voedselrijke materiaal wordt verwijderd.

KADER: bemestingsmaatregelen percelen ten westen Agelerbroek

Voor de percelen ten westen van het Agelerbroek geldt dat uit de metingen van onderzoekcentrum B-WARE is gebleken dat sulfaat in het grondwater op 2 locaties (weergegeven met rode punten in onderstaande figuur) de grenswaarde overschrijdt (>300umol/L) (zie notitie, bijlage 6)



Stroombanen kaart Agelerbroek toont een smalle strook waarvoor geldt dat deze invloed heeft op het N2000 gebied



Figuur Hoogtekaart van gebied ten westen Agelerbroek met daarop zonering van percelen waar uitspoeling van sulfaat te hoog is.

De hoogtekaart van het Agelerbroek toont ook dat een smalle strook als het ware op een hogere ''rug'' ligt en afloopt naar het natuurgebied (figuur 6). Deze hoger gelegen rug wordt gezien als grens van waaruit grondwater west of oostwaarts afstroomt. Deze hoger gelegen rug wordt als begrenzing genomen hetgeen correspondeert met de stroombanen.
Voor het behoudt van de N2000 habitattypen en behalen van de doelen kan er, op basis van de stroombanen en de te hoge sulfaatwaarden, geen bemesting worden uitgereden in de percelen in de smalle strook. Als aanvulling op de beperkingen vanuit de bemestingswijzer wordt dus op deze percelen de maatregel ''stoppen met bemesting'' opgelegd.

5 Uitwerking in relatie tot PAS-scenario

Het definitieve maatregelenpakket (eindscenario 5b voor Ageler- en Voltherbroek; voor Achter de Voort zie bijlage 2) betreft een uitwerking van de PAS-maatregelen zoals oorspronkelijk beschreven in de PAS-gebiedsanalyse. Tabel 2 geeft een overzicht van de uitwerkingen met motivatie voor verfijningen ten opzichte van het PAS scenario.

Tabel 2: PAS-maatregelen en beschrijving of en op welke wijze de maatregel is meegenomen in het eindscenario 5b.

PAS-maatregelen	Deelgebied	Vergelijking met eindscenario	Onderbouwing
M1a- Realisatie hydrologische bufferzone ten noorden, oosten en westen van het Agelerbroek: sterk verondiepen Tilligterbeek, verwijderen randsloten Agelerbroek en detailontwatering.	Agelerbroek	ongewijzigd	Verondiepen Tilligterbeek wordt uitgevoerd conform voorstel scenario 5b (profiel van de beek volgens Boleij 2018)
M1b: Dempen interne watergangen en sloten in het Voltherbroek (zowel in Staatsbosbeheer als particuliere eigendommen (op basis van advies voor uitvoering). Inrichting van reeds verworven graslanden ten behoeve van uitbreiding van Vochtige alluviale bossen en plaatselijk Blauwgraslanden	Voltherbroek	nader uitgewerkt	Dempen van alle watergangen werkt niet positiever uit op grondwaterstanden dan selectie van watergangen, zie bijlage 3 en vergelijking resultaten scenario 1 en 5 (van den Berg et al., 2018, van Wachtendonk et al., 2018). Selectie wordt gedempt of verondiept conform kaart figuur 3. Nadere invulling na veldbezoeken.
M1c- Ten behoeve van uitbreiding oppervlakte en verbetering kwaliteit: herstel hydrologie Voltherbroek door aanleg hydrologische bufferzone en dempen watergangen op de randen, m.n. de hele zuidrand van het Voltherbroek	Voltherbroek	nader uitgewerkt	Niet alle bufferzones zijn van belang, zie bijlage 4 en notitie Unie van Bosgroepen (van den Berg et al., 2018). Alleen die bufferzones die daadwerkelijk een invloed uitoefenen op het natuurgebied (hydrologisch of via stroming nutriënten) zijn behouden.
M1d- Geleidelijke overgangen creëren langs bospercelen	gehele N2000 gebied	ongewijzigd	
M1e- Boskap in particulier terreinen	gehele N2000 gebied	nader uitgewerkt	De boskap kan ook plaatsvinden in SBB terreinen. Locaties zijn gekozen op basis van bodemtype, ligging nabij doelhabitat en grondwaterregime zie maatregelenrapport (van den Berg & Smeenge 2017). zie locaties nieuwe maatregelenkaart
M1f- Onderzoek naar de omvang van toestroming van sulfaat- en nitraatrijk grondwater en het effect op kwelafhankelijke habitattypen	gehele N2000 gebied	uitgevoerd	zie systeemanalyse (van den Berg et al., 2017) en rapportage onderzoekcentrum B-WARE (Lucassen & Roelofs 2016)

M1g- Monitoren ontwikkeling van habitattypen bos in Achter de Voort.	Achter de Voort	uitwerking geen onderdeel van deze opdracht	Advies: Monitoringsplan dient rekening te houden met maatregelen zoals experimenteel plaggen
M1h- Onderzoek uitvoeren naar de verbreiding en dikte van de kleilaag ter plekke van diepe watergangen t.b.v. inschatting ontwaterende werking Roelinksbeek1 en andere te dempen/ verondiepen waterlopen	gehele N2000 gebied	uitgevoerd	zie systeemanalyse (van den Berg et al., 2017)
M1i- Dempen interne ontwatering binnen het Agelerbroek (op basis van advies voor uitvoering)	Agelerbroek	ongewijzigd	
M1j- Achter de Voort. 1,1 ha aan westzijde inrichten als bufferzone. Deze grond is particulier eigendom. Er wordt rekening gehouden dat deze particuliere grond uiteindelijk verworven wordt.	Achter de Voort	nader uitgewerkt	het terrein aan de westzijde is slechts ten dele nodig als bufferzone. Een onderbouwing en kaart hiervan wordt gegeven in rapport verfijning maatregelen Achter de Voort (van den Berg& Smeenge (2017), ook opgenomen als Bijlage 2).
M1k- Nieuwe onderleider en verbinding Peiiingsbeek	Voltherbroek	ongewijzigd	locatie conform voorstel scenario 5b
M1l- Weghalen of sterke verlaging van de kade en stuw aan de noordzijde van het Agelerbroek ten einde diepe inundatie met regenwater van de lage delen van het Agelerbroek tegen te gaan	Agelerbroek	nader uitgewerkt	locatie stuw en verlagingen conform scenario 5b met cascades (op 2 locaties)
M1m- Vernatten en stopzetten bemesting twee landbouwpercelen (oppervlakte 5,2 ha) binnen Natura 2000-gebied om vermestende en verdrogende invloed op het alluviale bos te voorkomen.	Voltherbroek	nader uitgewerkt zie bemestingswijzer	
M1n- Stoppen met gebruik van te zware machines bij hakhout/bosbeheer.	gehele N2000 gebied	ongewijzigd	
M1q- Een nieuwe landbouwafwatering buiten de hydrologische bufferzone westelijk van Agelerbroek aanleggen.	Agelerbroek	ongewijzigd	

M2a- Verwijderen van een deel van de Zomereiken verspreid binnen het habitattype om de samenstelling van de slecht afbreekbare, zure strooisellaag te verbeteren	gehele N2000 gebied	nader uitgewerkt	Omvorming naar bos met een hogere dominantie rijk-strooiselsoorten in fasen conform rapport verfijning maatregelen Achter de Voort (van den Berg& Smeenge (2017), ook opgenomen als Bijlage 2).
M2b- Lokaal op kleine schaal (1000 m2 verdeeld over enkele locaties) verwijderen zuur strooisel en monitoren of dat herstel oplevert voor de ondergroei	Achter de Voort	nader uitgewerkt	het verwijderen van strooisel wordt niet geadviseerd als PAS maatregel. Dit is uitvoeriger beschreven in het rapport verfijning maatregelen Achter de Voort (van den Berg & Smeenge 2017). In plaats van deze maatregel wordt wel opgenomen het experimenteel plaggen van voedselrijke bosbodems
M2c- zie M1d	gehele N2000 gebied	ongewijzigd	
M2e- zie M1j	Achter de Voort	ongewijzigd	
M2f- Zie M1b, M1c, M1h	Voltherbroek	ongewijzigd	
M2g- Onderzoek naar de kwantitatieve invloed van ontwatering rond Achter de Voort	Achter de Voort	uitgevoerd	zie systeemanalyse (van den Berg et al., 2017) en rapport verfijning maatregelen Achter de Voort (van den Berg& Smeenge (2017), ook opgenomen als Bijlage 2).
M2i- zie M1f	gehele N2000 gebied	uitgevoerd	
M3a- Herstel hydrologie (zie M1a, M1i, M1k, M1q)	Agelerbroek	ongewijzigd	
M3b- Zie M1f	Agelerbroek	uitgevoerd	
M4a- Herstel hydrologie (zie M1a, M1b, M1c, M1i, M1k, M1l)	Agelerbroek en Voltherbroek	ongewijzigd	
M4b- Zeer kleinschalig plaggen in oude Blauwgraslanden en vlakbij deze voorkomens	Agelerbroek en Voltherbroek	ongewijzigd	
M4c- Uitbreiding oppervlak: hervatten hooilandbeheer in niet gemaaide locaties met ruige, vochtige tot natte vegetatie.	Agelerbroek en Voltherbroek	ongewijzigd	
M4d- Uitbreiding oppervlak: idem aan M4b in het Voltherbroek op kansrijke locaties die nog niet kwalificeren als Blauwgrasland	Voltherbroek	ongewijzigd	
M4e- Laat in groeiseizoen hooien	Agelerbroek en Voltherbroek	ongewijzigd	
M4f- Zie M1f	Agelerbroek en Voltherbroek	uitgevoerd	

M5a	Voltherbroek	nader uitgewerkt	De locatie van het zoekgebied van de poelen is vanwege landschapsecologie gewijzigd
M5b	Voltherbroek	ongewijzigd	
M6a: Rond het melkveebedrijf aan de Steenmatenweg 9 wordt stikstofinvangende erfbeplanting aangelegd	Agelerbroek	vervalt	De maatregel heeft geen effect op de stikstofdepositie in het N2000 gebied. De maatregel is experimenteel en modelstudies hebben aangetoond dat dit minder effectief is dan men eerst dacht (Dragosits et al., 2006). De aanplant van een enkele rij bomen zoals deze nu op de maatregelenkaart vermeld staat zal geen of nauwelijks positief effect sorteren op de stikstof-invang. Een zoom van ongeveer 50 meter rondom een stikstofbron is hiervoor nodig nabij de bron (<200m van de bron). De aanleg van een structuurrijke bosrand zal iets helpen bij het invangen van ammoniak maar niet veel. Het betreft dan met name het invangen van lokaal geëmitteerd ammoniak (<200 meter van de bron) en alleen aan de zuidwest en west zijde van het Agelerbroek en nabij de bron. Een groot deel van de depositie valt in de vorm van natte depositie (ammonium) en zal alsnog het natuurgebied bereiken. Aangezien de stikstofbelasting niet het grootste probleem is wordt geadviseerd deze maatregel niet uit te voeren.
M6b: Ten westen van het Agelerbroek wordt een dubbele houtsingel van loofbomen in het verlengde van de Steenmatenweg tot aan de Aa broek (ca 300 m) als stikstofinvangende beplanting opgenomen	Agelerbroek	vervalt	De maatregel heeft geen effect op de stikstofdepositie in het N2000 gebied. Verder van de bron gelegen aanplant van stikstof-invangende beplanting zal niet leiden tot een afname van de stikstofdepositie in het bos. De invang is aan de randen van een structuurrijk bos (goed ontwikkelde mantel en zoom) hoog maar dit heeft nauwelijks effect op de afname in depositie in het midden van het bos (Wuyts et al., 2008, Wuyts et al., 2009). De maatregel is niet uitvoerig beschreven in de herstel strategieën maar aangenomen mag worden dat men in deze documenten de aanplant van naaldbos bedoeld in plaats van loofbos omdat naaldbos jaarrond blad houdt en daarmee stikstof invangt in tegenstelling tot loofbos. Naaldbos heeft echter als nadeel dat het lokaal een verdrogend, en nitraatuitspoeling-stimulerend effect sorteert dat ongewenst is. Advies is deze maatregel niet uit te voeren.

Referenties

Boleij, J., **2017**. NATURA2000 DINKELLAND. Oppervlaktewatersysteem Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek. Arcadis. 's Hertogenbosch. 44
Boleij, J., **2018**. Ontwerp oppervlaktewatersysteem rond N2000 AVAV. Arcadis. 19
Buijs, E., **2011**. Onderzoek bodemopbouw Achter de Voort. Buijs Hydro-Ecologisch Onderzoek en Advies. Heeten.
Dragosits, U., M.R. Theobald, C.J. Place, H.M. ApSimon & M.A. Sutton, 2006. The potential for spatial planning at the landscape level to mitigate the effects of atmospheric ammonia deposition. Environmental Science & Policy 9(7-8): 626-638.
Jansen, P.C., **1981**. Verwerking, interpretatie en toepassingsmogelijkheden van grondwaterstandsgegevens met behulp van overschrijdingsduurlijnen. ICW Wageningen.
Lucassen, E.C.H.E.T & J.G.M. Roelofs, **2016**. Uitwerking onderzoeksvragen gerelateerd aan bodemonderzoek, grondwaterkwaliteit en inschatting interne eutrofiëring. Onderzoekcentrum B-WARE. Nijmegen. 164
Oling, A.J., A.P. van den Berg, R.N.P. Neefjes, C.J.S. Aggenbach, R. van Dongen, M. Spek, H. Smeenge & A. Moning, **2015**. Gebiedsanalyse Achter de Voort, Agelerbroek & Voltherbroek. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). 105
Staatsbosbeheer & Dienst Landelijk Gebied, **2013**. Gebiedsanalyse Achter de Voort, Agelerbroek & Voltherbroek. Zwolle. 98
Stroet, R., **2017**. Huidige situatie Natura 2000-gebied Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek, Model huidige situatie. Royal Haskoning DHV. Amersfoort. 64
Stroet, R. & A. Van Wachtendonk, **2017**. Notitie. Iteratief proces AVAV, Opzet scenario's 1 en 2. Royal Haskoning DHV. Amersfoort. 7
Stroet, R., A. van Wachtendonk & L. van den Berg, **2018**. Notitie. Iteratief proces AVAV: Voorstel Geoptimaliseerd maatregelenpakket (Scenario 5). Royal Haskoning DHV & Unie van Bosgroepen. Amersfoort. 8
van den Berg, L. , A. Krikken & A. van Wachtendonk, **2018a**. Notitie maatregelenpakket scenario 5. Unive van Bosgroepen en RHDHV. Ede. 22
Van den Berg, L. J. L. , H. Smeenge, A. A. M. Kieskamp, B. Van Duijn & A. Van Wachtendonk, **2018b**. Grondwaterkwantiteit en -kwaliteit voor Vochtige alluviale bossen en Blauwgraslanden. Unie van Bosgroepen. Ede.
van den Berg, L. J. L. & H. Smeenge, **2017a**. Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek - uitwerking maatregelenpakket. Unie van Bosgroepen. Ede. 32
van den Berg, L.J.L. , H. Smeenge & B. van Duijn, **2017**. Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek - systeemanalyse. Unie van Bosgroepen. Ede. 108
van den Berg, L.J.L. & H. Smeenge, **2017b**. Verfijning maatregelen Achter de Voort. unie van Bosgroepen. Ede. 21
van den Berg, Leon, Harm Smeenge, Ariët Kieskamp & Beren van Duijn, **2018c**. Grondwaterkwantiteit en -kwaliteit voor Vochtig alluviale bossen en Blauwgraslanden. Unie van Bosgroepen. Ede. 22
van Wachtendonk, A. , L. van den Berg & A. Krikken, **2018**. Notitie. Iteratief proces AVAV: geohydrologische effecten en ecologische toetsing scenario 5. Royal Haskoning DHV en Unie van Bosgroepen. Amersfoort. 15
Wuyts, K., A. De Schrijver, J. Staelens, L. Gielis, J. Vandenbruwane & K. Verheyen, 2008. Comparison of forest edge effects on throughfall deposition in different forest types. Environmental Pollution 156(3): 854-861.
Wuyts, K., A. De Schrijver, F. Vermeiren & K. Verheyen, 2009. Gradual forest edges can mitigate edge effects on throughfall deposition if their size and shape are well considered. Forest Ecology and Management 257(2): 679-687.

Bijlagen

Bijlage 1: Deelnemers iteratieve sessies
Bijlage 2: Verfijning maatregelen Achter de Voort
Bijlage 3: Effect scenario's op kwel, duurlijnen, GVG en GLG
Bijlage 4: Hydrologische bufferzones
Bijlage 5: Ecologische toetsing
Bijlage 6: notitie sulfaat en nitraat in het grondwater

Bijlage 1

Deelnemers iteratieve sessies

Het deskundigenteam, de projectgroep en de bestuurlijke adviesgroep bestond uit de hieronder benoemde organisaties en deelnemers.

1. Deskundigenteam

- Deelnemende partijen: Waterschap Vechtstromen (dhr. S. Monincx, dhr B. Knol), Gemeente Dinkelland (Mevr. D. Bonenkamp, Mevr. M. Nederbragt), Dhr. G. Davina), Provincie Overijssel (mevr. M. Duineveld, , Dhr. F. Versteegen), Staatsbosbeheer (Dhr. R. van Dongen, Dhr. M. Horsthuis), LTO (Mevr. A. Mentink), Particuliere grondeigenaren (Dhr. B. Scholten Meilink, Dhr. E. Hartman), Royal HaskoningDHV (Dhr. R. Stroet, Dhr. A. van Wachtendonk), Arcadis (Dhr. J. Boleij), Bosgroepen (Dhr. L van den Berg, Dhr. H. Smeenge)

2. Projectgroep

- Deelnemende partijen: Waterschap Vechtstromen (mevr. E. Boerrigter), Gemeente Dinkelland (Mevr. D. Bonenkamp, Mevr. M. Nederbragt), Dhr. G. Davina), Provincie Overijssel , mevr. E. Koning, , Staatsbosbeheer Dhr. L. Jacobs), LTO (Mevr. A. Mentink), Particuliere grondeigenaren (Dhr. B. Scholten Meilink, ,

3. Bestuurlijke adviesgroep

- Hier zitten de bestuurders in:

Dhr. Brand, wethouder Dinkelland, S, van Wely Provincie Overijssel, J. Broekhuis LTO. E. Hartman Stichting AVAV, G, Korten Vitens, H. Brink SSB en J. van Olst Landschap Overijssel, R. Broeze Waterschap Vechtstromen

Bijlage 2

Verfijning maatregelen Achter de Voort

Door L.J.L. van den Berg & H. Smeenge (Unie van Bosgroepen)
7 september 2017

Inleiding

Aanleiding

Achter de Voort maakt onderdeel uit van het Natura 2000 gebied Achter de Voort, Volther- en Agelerbroek Voor Natura 2000-gebied Achter de Voort, Ageler- en Voltherbroek hebben de provincie Overijssel en het Rijk PAS-gebiedsanalyses met maatregelenkaarten laten opstellen. Hierin staat wat de doelen zijn voor de gebieden en welke herstelmaatregelen waar en wanneer nodig zijn. In de verkenningen is geconstateerd dat een aantal maatregelen nader onderzocht en uitgewerkt moet worden om tot een goed en gedragen maatregelenpakket te komen waarbij de aanwijzingsdoelen worden behaald. Daarnaast hebben de verkenningen ook handvatten gegeven om te kijken of de maatregelen zodanig kunnen worden uitgevoerd dat de externe werking op de omliggende landbouw en particuliere gronden tot een minimum wordt beperkt. Daartoe is in de verkenning ook geconstateerd dat aanvullend onderzoek nodig is, voornamelijk ten aanzien van hydrologie, nutriënten(uitspoeling) en bodemchemie. Gemeente Dinkelland heeft een team van deskundigen van de Unie van Bosgroepen en onderzoekscentrum B-WARE gevraagd een onderzoek te doen naar de effecten van de vastgestelde maatregelen en de neveneffecten op de omgeving. Daarnaast is gevraagd uitspraak te doen over de toestand van de habitattypen in het Natura-2000-gebied en de kwaliteit van de habitattypenkaart. Op basis van de systeemanalyse (van den Berg & Smeenge 2017) is een maatregelenpakket uitgewerkt dat noodzakelijk is om de Natura 2000-doelen te behalen. Dit maatregelenpakket wordt in een volgende fase verfijnd. Voor Ageler- en Voltherbroek gebeurt dit met behulp van hydrologische modellering. Voor Achter de Voort is dit niet mogelijk/zinvol in verband met de voorkomende keileemlaag. Daarom is gekozen om een veldbezoek met deskundige gebiedskennis te organiseren en op basis van die veldbezoek het maatregelenpakket te verfijnen. Het veldbezoek werd georganiseerd door de Unie van Bosgroepen op 30-06-2017. Aanwezig waren: Rob van Dongen (voormalig waterschap, nu Staatsbosbeheer), Geert Kooijman (Staatsbosbeheer), Joris Broekhuis (LTO, bewoner in directe omgeving en uitvoerder oud booronderzoek), Harm Smeenge, Leon van den Berg (Unie van Bosgroepen).

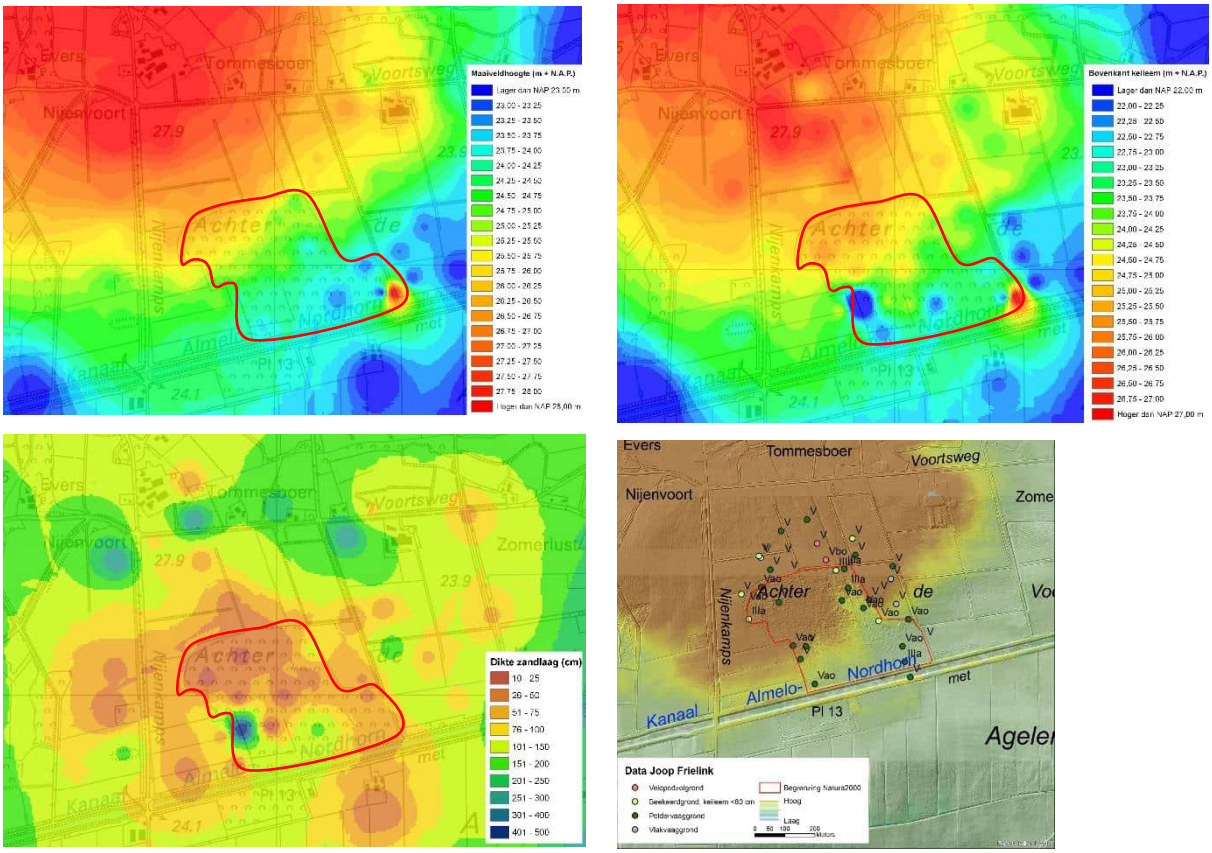
Doel

Het doel van het veldbezoek was om onzekerheden in het bestaande (veld-)onderzoek te bespreken, zover mogelijk overeenstemming te bereiken over mogelijke oplossingen voor de geïdentificeerde knelpunten van de N2000 doelen en daarmee het voorliggende maatregelenpakket te verfijnen.

Achtergrond

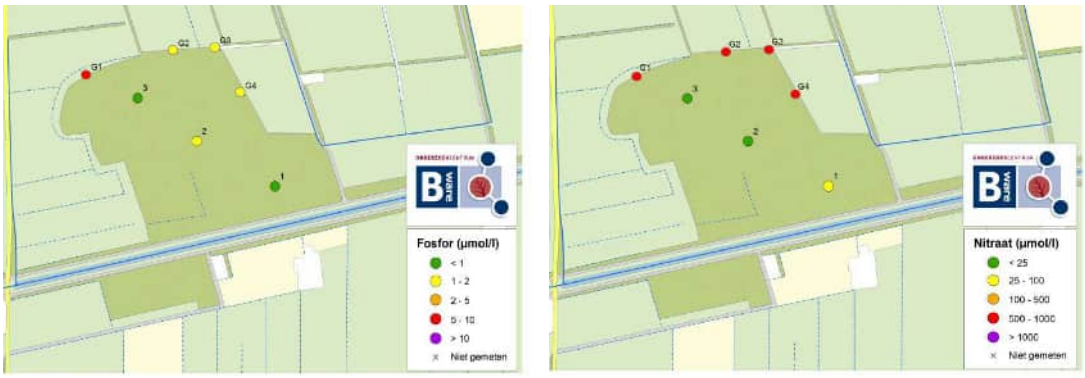
In het natuurgebied Achter de Voort zijn meerdere onderzoeken uitgevoerd naar de bodemgesteldheid en dikte van zand en keileempakketten (Buijs 2011, van den Berg et al., 2017). Deze onderzoeken zijn van belang omdat de dikte van het keileempakket, de helling waarin het keileem afhelt en de dikte van het zandpakket op deze keileem in sterke mate bepalen of én hoe grond- en oppervlaktewater naar het gebied stroomt. Na eerder onderzoek is een ruimtelijke kaart gemaakt van de keileemdiepte ten opzichte van NAP (zie figuur 1). Aanvullend zijn

meerdere boringen verricht en blijkt dat de keileem in grote lijnen het verhang van de stuwwalhelling in zuidelijke richting volgt. Op basis van de zanddikte kaart ligt de keileem het meest ondiep in het reservaat. De helling van het keileem lijkt in het oosten van het gebied naar het oosten af te hellen wat impliceert dat de grondwaterstroming ook naar het oosten (van het gebied af) is. Echter de maaiveldhoogte geeft in het oosten ter hoogte van een slenk aan dat er oppervlakkige afstroming van water naar het gebied toe zou kunnen zijn. Deze zone waarin twee stromingsrichtingen van respectievelijk grond en oppervlaktewater mogelijk zijn is bezocht tijdens het veldbezoek. De blauwe vlek in het reservaat (zie figuur 1) geeft blijk van een dik zandpakket. Dit heeft mogelijk gevolgen voor de lokale ontwatering in het westen van het gebied. Het is van belang te weten of deze zandlagen zich uitstrekken tot in de landbouwzone omdat deze relatief goed doorlaatbaar zijn en door deze lagen makkelijker landbouwwater kan toestromen naar het natuurgebied. Deze zone, inclusief enkele punten in het natuurgebied zijn in het westelijke deel bezocht tijdens het veldbezoek.



Figuur 1. De maaiveldhoogte (linksboven), keileemhoogte (rechtsboven) en dikte van het zandpakket (linksonder) bepaald op basis van een interpolatie van diverse terreinmetingen (Van Dongen, 2011). Rechtsonder aanvullende gegevens van boringen van Unie van Bosgroepen met grondwatertrappen en bodemgegevens. De AHN achtergrond (rechtsonder) geeft duidelijk weer dat in het oostelijke deel de landbouwpercelen hoger liggen dan het natuurgebied en het maaiveld afhelt naar het westen.

Onderzoek naar de toestroom van verrijkt landbouwwater is uitgevoerd door onderzoekscentrum B-WARE (Lucassen & Roelofs 2016, van den Berg et al., 2017). Uit dit onderzoek kwam naar voren dat aan de noordzijde van Achter de Voort verhoogde concentraties nitraat en fosfaat zijn gemeten in het grondwater (ondiep grondwater vanwege de dunne zandpakketten), zie figuur 2.



Figuur 2 Fosfor (links) en nitraat (rechts) in grondwatermetingen in Achter de Voort. Rode codering betekend dat de metingen te hoge waarden aangeven voor de natuurdoeltypen.

De toestroom van verrijkt grondwater in het noorden van het gebied werd in de systeemanalyse verantwoordelijk gehouden voor de verruiging in de oostelijke slenk (zie hoogtekaart figuur 1 rechtsonder) en de woekering van braam, brandnetel en mannagras daar. Tijdens het veldbezoek zijn de stroombanen van dit landbouwwater bezocht en mogelijke oplossingen besproken.

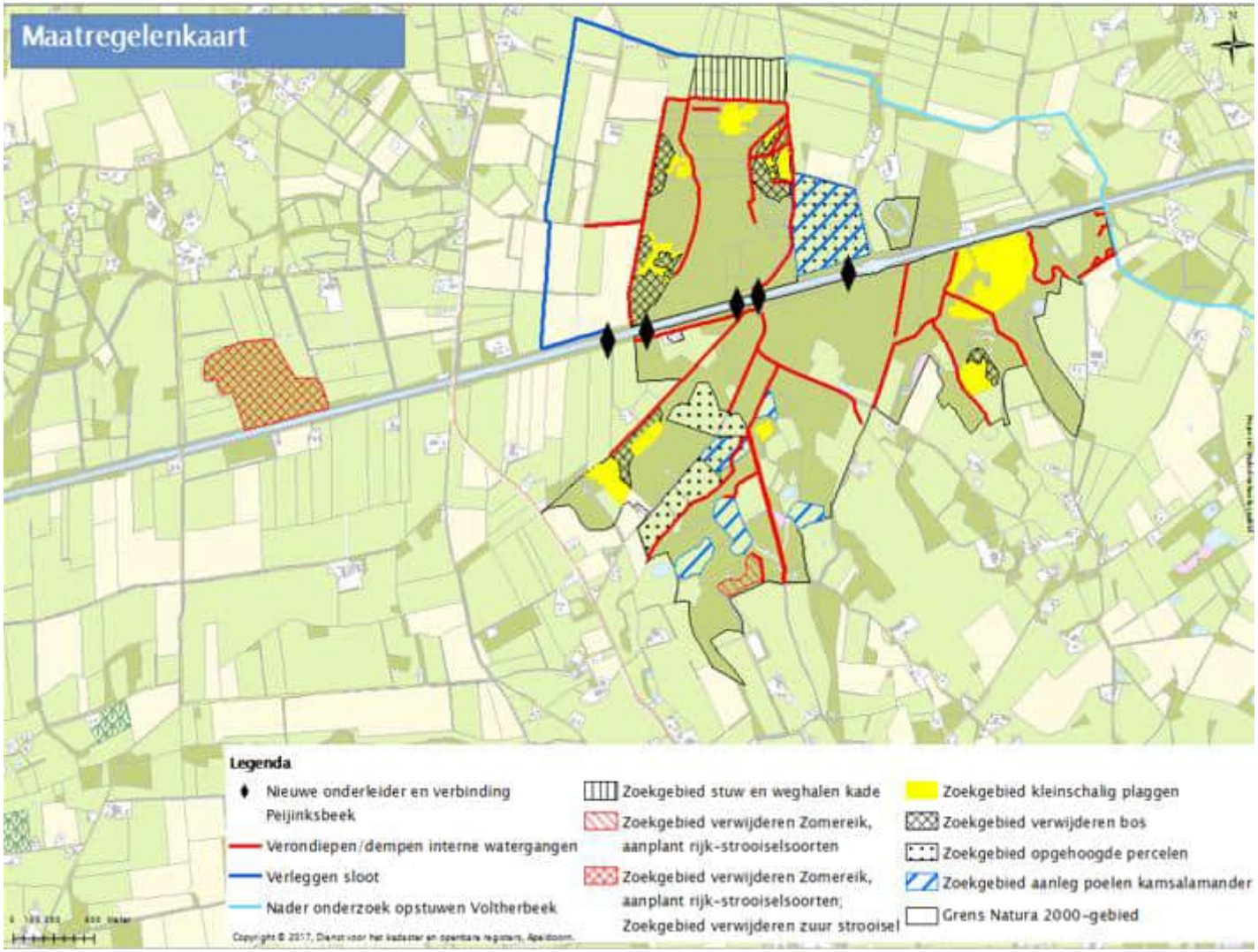
Maatregelen

Maatregelen zoals deze zijn opgenomen in het maatregelenrapport (van den Berg & Smeenge 2017) zijn in het veld besproken. De maatregelen zijn weergegeven in figuur 3. Het betreft voor Achter de Voor het aanplanten van rijk-strooiselsoorten (dit kan onder scherm beplanting) en het op termijn omvormen (verwijderen van enkele eiken) naar een gevarieerder loofbos met soorten van het eiken haagbeukenbos. Maatregelen voor de omringende percelen van Achter de Voort zijn beschreven maar niet weergegeven op kaart in het maatregelenrapport (van den Berg & Smeenge 2017). Deze maatregelen zijn:

M1j en M2g. Ondanks dat er weinig met hydrologische maatregelen kan worden bewerkstelligd in en rond dit gebied is het van belang dat er ten westen, ten noorden en ten noordoosten van het gebied (de hoger gelegen delen) niet meer ontwatering wordt aangelegd of aanwezige ontwatering wordt uitgebreid of verdiept. Het is derhalve noodzakelijk de huidige hydrologische situatie te borgen (er mogen geen additionele sloten worden aangelegd of diepe sloten verdiept). Uitzondering hierop is mogelijk een maatregel tegen de vermestende oppervlakkige afstroming van landbouwwater.

M2i/M1f, M1j bufferzone. Landbouwactiviteiten ten westen, noorden en oosten van het gebied kunnen leiden tot inspoeling van nutriënten naar het natuurgebied. Een onderzoek naar de stroombanen van het grondwater en oppervlakkige afstroming van water moet duidelijk maken of deze percelen in een bemestingszone vallen waarvoor een speciaal bemestingsregime zal gelden. Advies is om in deze percelen agrarische activiteit toe te staan met een bemestingsregime waarbij de bemesting niet resulteert in verhoogde stikstof en fosfaat gehalten in het oppervlakte- en grondwater dat naar het natuurgebied kan stromen.

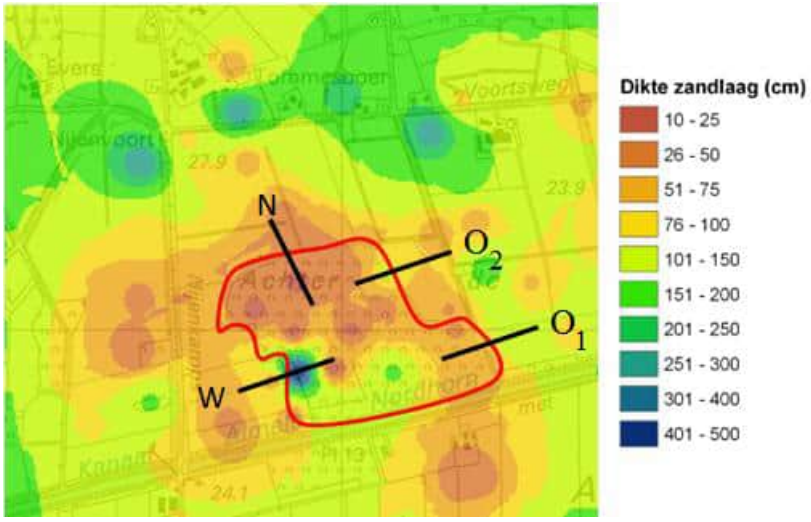
Tijdens het veldbezoek zijn de bovenstaande maatregelen besproken en is een verdere detaillering van de PAS maatregelen geformuleerd. Deze zijn hieronder opgenomen.



Figuur 3. Maatregelen voor N2000 gebied Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek.

Werkwijze

Gezamenlijk is zijn de randzones van Achter de Voort bezocht (zowel de landbouwpercelen als de randen van het natuurgebied, figuur 4) en zijn op drie locaties de knelpunten voor de N2000 doelen en onzekerheden in het bestaande onderzoek besproken (figuur 4). Op deze locaties zijn grondboringen uitgevoerd en zijn sloten in de omgeving bekeken. Aan de hand van deze boringen en aanvullende verkregen inzichten is het functioneren van het systeem verder besproken met een focus op de toestroom van eventueel verrijkt landbouwwater naar het gebied (de stroombanen) in relatie tot de kwaliteit en het voorkomen van verschillende plantensoorten en bostypen.



Figuur 4. Tijdens het veldbezoek is een ronde rond het gebied gelopen vanaf het zuidoosten. Tevens zijn op de transecten O2, N en W gericht veldboringen uitgevoerd of knelpunten bekeken.

Resultaten van het veldbezoek

Tijdens het veldbezoek zijn de grondwaterstanden besproken. Boringen hebben duidelijk aangetoond dat er geen veen in de bodem zit en dat het hier een keileembos betreft met keileem vaak ondiep aan het oppervlak. Het diep wegzakken van de GLG in de zomerperiode is systeemeigen vanwege het feit dat de keileem aan of ondiep onder maaiveld ligt. Derhalve is de GLG met maatregelen in de omgeving niet of nauwelijks te beïnvloeden en is de GT III/V kenmerkend voor deze keileemgronden/de natuurlijke gebiedskenmerken. Echter de snelheid waarmee het grondwater uitzakt vanaf een natte (winterperiode) in het voorjaar en vanaf het voorjaar richting de zomer is wel van belang. Lokale drainagemiddelen die grenzen aan het terreinen draineren de omgeving. De diepte en doorlatendheid van het zandpakket waarin zij liggen bepalen het ruimtelijk effect en de mate waarin grondwaterstanden worden beïnvloed. In dit gebied worden vanwege deze gebiedseigen kenmerken de gebiedsspecifieke randvoorwaarden (met name met betrekking tot GVG) toegepast voor het behalen van ecologische doelen.

Data van geselecteerde peilbuizen is kort besproken en deze gegevens zijn hieronder nogmaals weergegeven.

Peilbuizen met voldoende data en looptijd blijken de GVG's tussen de 3 centimeter boven maaiveld en 19 centimeter onder het maaiveld weer te geven (tabel 1). Het merendeel van de GVG's ligt nabij maaiveld. Er is op basis van alle diverse ecologische vereisten geen sprake van een doelgat, aangezien de meest kritische GVG-bandbreedte tussen de 20 en 40 centimeter onder maaiveld voorkomt. Het gebied blijkt veel natter dan de ecologische vereisten aangeven.

Tabel 1: Geselecteerde peilbuizen in Achter de Voort met analyse van de GVG

Buis	X-coordinaat	Y-Coordinaat	MV m NAP	GLG	GVG	GVG - mv	GHG	GT	Beoordeling
B28F0395_2	257013	488863	23,75	22,60	23,74	0,01	23,75	III	Data voor 2005 gebruikt
B28F0396_2	256988	488913	24,16	23,13	24,14	0,02	24,15	III	goedgekeurd
B28F0396_3	256988	488913	24,16	22,99	24,18	-0,02	24,19	III	goedgekeurd
B28F0397_2	256956	489024	25,01	24,03	24,96	0,05	24,98	III	goedgekeurd
B28F0398_2	257027	489022	24,77	23,78	24,67	0,10	24,73	III	goedgekeurd
B28F0399_2	257037	489123	24,52	23,82	24,49	0,03	24,50	II	goedgekeurd
B28F0400_2	257083	488981	24,08	22,89	23,89	0,19	23,95	III	goedgekeurd
B28F0401_2	257169	488942	23,39	22,20	23,31	0,08	23,34	III	goedgekeurd
B28F0403_2	257041	488934	24,09	22,93	24,07	0,02	24,11	III	goedgekeurd
B28F0404_2	257119	488924	23,80	22,57	23,65	0,15	23,75	V	goedgekeurd
B28F0405_2	257169	488925	23,26	22,15	23,23	0,03	23,25	III	goedgekeurd
B28F0406_1	257080	489174	24,78	23,83	24,77	0,01	24,79	III	goedgekeurd
B28F0407_1	257108	489056	23,86	23,09	23,89	-0,03	23,91	II	goedgekeurd

Waterkwaliteit versus waterkwantiteit

Tijdens het veldbezoek zijn de volgende bevindingen besproken en vastgesteld waaruit een hypothese volgt die ondersteund wordt door alle aanwezigen:

- Op basis van de eigenschappen van het gebied is er een diep wegzakkende GLG vanwege het keileem.
- De GVG is op orde in grote delen van het gebied. Dit wordt ook ondersteund door foto's van waterstanden in het voorjaar (zie foto 1).
- Het beeld is dat natte plekken in het noordelijke deel van het gebied van minder goede kwaliteit zijn dan de hoger gelegen drogere delen (soorten als mannagras domineren de lage delen terwijl Eenbes, groot Heksenkruid en andere soorten voorkomen op de hogere kopjes.
- De bodem bestaat uit een dunne zandlaag (met lichte leemfractie) die vaak een vroeger landbouwverleden verraad (een donkere A horizont van ongeveer 10cm). Een verdieping met historische kaarten kan dit nog verder onderbouwen waarin oude hooimaatjes worden gerelateerd aan de huidige kwaliteit van bodem en vegetatie.
- In het veld werd geconstateerd dat in delen die in het verleden geplagd en vervolgens verbost zijn, minder verruiging is opgetreden MITS deze delen buiten de zones liggen die inunderen met water dat deels van buiten het natuurgebied afkomstig is.
- Onder het zandpakket bevindt zich keileem maar dit is geen hele zware keileem. Het bevat zandige fracties.

Uit deze bevindingen wordt de conclusie getrokken dat het belangrijkste knelpunt voor Achter de Voort de kwalitatieve hydrologie is en niet de kwantitatieve hydrologie. Met andere woorden de invloed van meststoffen die vanuit de landbouwpercelen over maaiveld of via het dunne

zandpakket afstromen. Het gebied ligt onder een sterk verhang en is daarmee gevoelig voor de toestroming van nitraat en sulfaatrijk water.

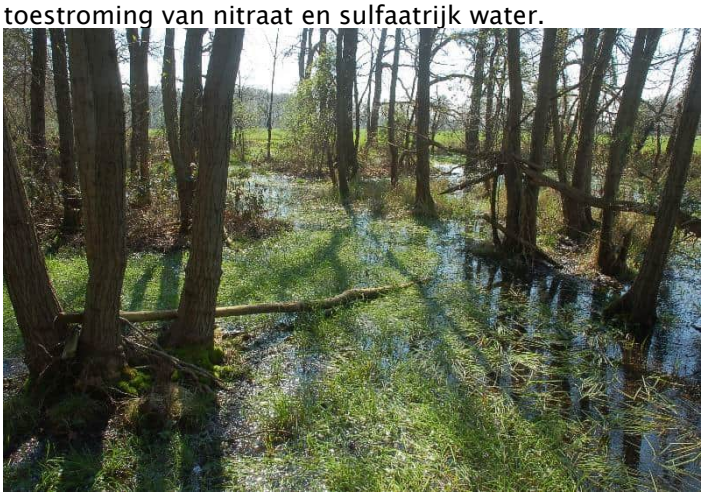


Foto 1. Situatie in de noordwestpunt van het reservaat op 10 april 2016.

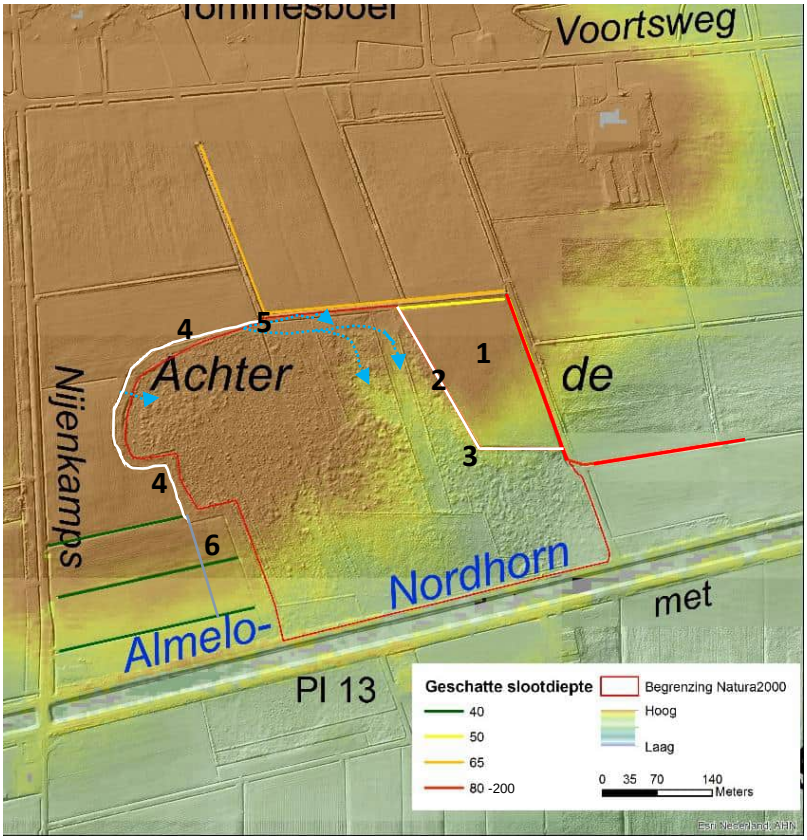
Conclusies en maatregelen m.b.t. oosten van het gebied

- Er bevindt zich een zeer diepe sloot ten oosten van het gebied Achter de Voort waarvan de diepte oploopt van ongeveer 80cm in het noordelijke deel naar 2.00 meter in het zuidelijke en zuidoostelijke deel (zie rood gemarkeerde sloot in figuur 5). Deze voert weinig water (zichtbaar aan de vegetatie in de sloot) ten tijde van het veldbezoek. Gezien de gebiedskarakteristiek zal deze waterloop alleen in winter en voorjaar draineren als de grondwaterstand rondom de waterloop hoger is dan de bodem van de betreffende waterloop. Het effect van deze sloot op de ontwatering van Achter de Voort kan worden ingeschat met de formules gegeven in Bijlage 5 van de systeemanalyse:

$$\ell_{winter} = \sqrt{\frac{2kDh}{N}} \qquad \ell_{zomer} \approx 100\sqrt{kD}$$

- Hieruit blijkt dat bij een slootdiepte van 2 meter een invloedsfeer van ongeveer 100 meter in de winter en bijna 500 meter in de zomer mag worden verwacht. Ondanks het dunne zandpakket is hier dus vermoedelijk wel wateronttrekking omdat deze sloot zo diep is en omdat het keileem een relatief grote fractie zand kent. De sloot is in het zuidwestelijke deel diep en ligt tegen één van de belangrijkste locaties met Eiken Haagbeukenbos en kan zonder negatieve effecten op de ontwatering van landbouw ter hoogte van Achter de Voort verondiept worden tot 1.00 m –mv. Dit wordt gezien als een meekoppelkans.
- Het maaiveld van het landbouwperceel ten oosten van Achter de Voort (nummer 1, figuur 5) helt vanaf het midden van het perceel af naar het natuurgebied toe. Over maaiveld kan dus landbouwwater stromen als het zandpakket zich helemaal gevuld heeft met water (in natte perioden). Om dit te voorkomen en om het huidige gebruik te kunnen toestaan is een herprofilering van het perceel met lichte afhelling naar het oosten toe een goede maatregel. Het onderliggende keileem helt immers al af naar het oosten waardoor toestroom van landbouwwater via het zandpakket naar het N2000 gebied niet aan de orde is. De herprofilering kan ervoor zorgen dat toestroom over maaiveld ook niet meer kan plaatsvinden.

- De greppel tussen landbouwperceel ten oosten van Achter de Voort en de natuur (wit gemarkeerde greppel met nummer 2, figuur 5) moet schoongemaakt worden (niet verdiept!) om te voorkomen dat landbouwwater kan toestromen naar de natuur. De greppel dient alleen om de aanvoer van water over maaiveld tot in het natuurgebied af te vangen en om het natuurgebied heen te leiden. Schoonmaken betekent hooguit met een greppelfrees opschonen of uitmaaien. De greppel mag niet worden verdiept. Belangrijkste doel is het afvangen van water over maaiveld en voorkomen van instroom van voedselrijk grond en oppervlaktewater zonder dat deze greppels/slootjes het natuurgebied (extra) gaan draineren. In de bocht (nummer 3, figuur 5) kan een kleine wal hersteld worden (ongeveer 0,5m hoger gemaakt worden) zodat ook bij piekafvoer geen landbouwwater over maaiveld naar het plaatselijke soortenrijke natuurgebied stroomt.



Figuur 5. Aandachtspunten Achter de Voort

Conclusies en maatregelen m.b.t. noorden van het gebied

- Afstroom over maaiveld van landbouwwater/verrijkt water vindt plaats (routes weergegeven met lichtblauwe stippellijnen, figuur 5). De vegetatie laat dat duidelijk zien en dit water accumuleert in de oostelijke slenk. Toestroom vindt met name plaats vanuit het noordwestelijke landbouwperceel over het pad. Water kan hier over het pad (er zijn zelfs ontwateringsgreppels gevonden) naar een ondiepe greppel in het natuurgebied en loopt zo via laagten de slenk in. In deze laagten domineert mannagras. De diepe sloot aan de noordzijde voert landbouwwater af maar de greppel ter hoogte van het noordwestelijke perceel (wit gemarkeerde greppel bij nummer 4) is dichtgeschoven en dit perceel kan niet afwateren op de diepe sloot. Om de toestroom van verrijkt grondwater te voorkomen zal ter hoogte van het noordwestelijke perceel de greppel moeten worden

hersteld tot een ondiepe (ongeveer 30cm) greppel en goed geprofileerd zodat deze water kan afvoeren naar de noordelijke sloot langs het landbouwperceel (ten noorden van het pad, oranje ingekleurd op figuur 5). Ter hoogte van nummer 5 op figuur 5 is daarvoor een duiker of een klein greppeltje nodig. De greppel moet jaarlijks goed onderhouden worden. Monitoring (zie verder) moet uitwijzen of deze maatregel afdoende is voor het stoppen van de toestroom van voedselrijk landbouwwater.

- In het noordelijke deel van Achter de Voort zijn bodems gevonden die getuigen van een oud landbouwverleden (ondiepe organische stof-rijke donkere A horizont). Een goede experimentele maatregel voor deze periode in de PAS zou zijn het plaggen van deze delen (nu dominantie van mannagras) ter verschraling van het type en uitbreiding van soorten van voedselarmere typen. Experimenteel plaggen kan op smalle stroken waar bos verwijderd is of waar dat mogelijk is.
- Inzetten op monitoring is noodzakelijk. Enerzijds is een herhaling van het B-WARE onderzoek op grondwaterkwaliteit en afstroom over maaiveld nodig. Met deze monitoring worden de maatregelen ter voorkoming van de inspoeling van nutriënten naar de natuur gecontroleerd. Anderzijds is monitoring van de ontwikkeling van vegetatie, specifiek op geplagde delen, nodig om het effect van deze maatregel (plaggen) te evalueren waarna het eventueel in een nieuwe PAS periode kan worden opgeschaald.
-

Conclusies en maatregelen m.b.t. westen van het gebied

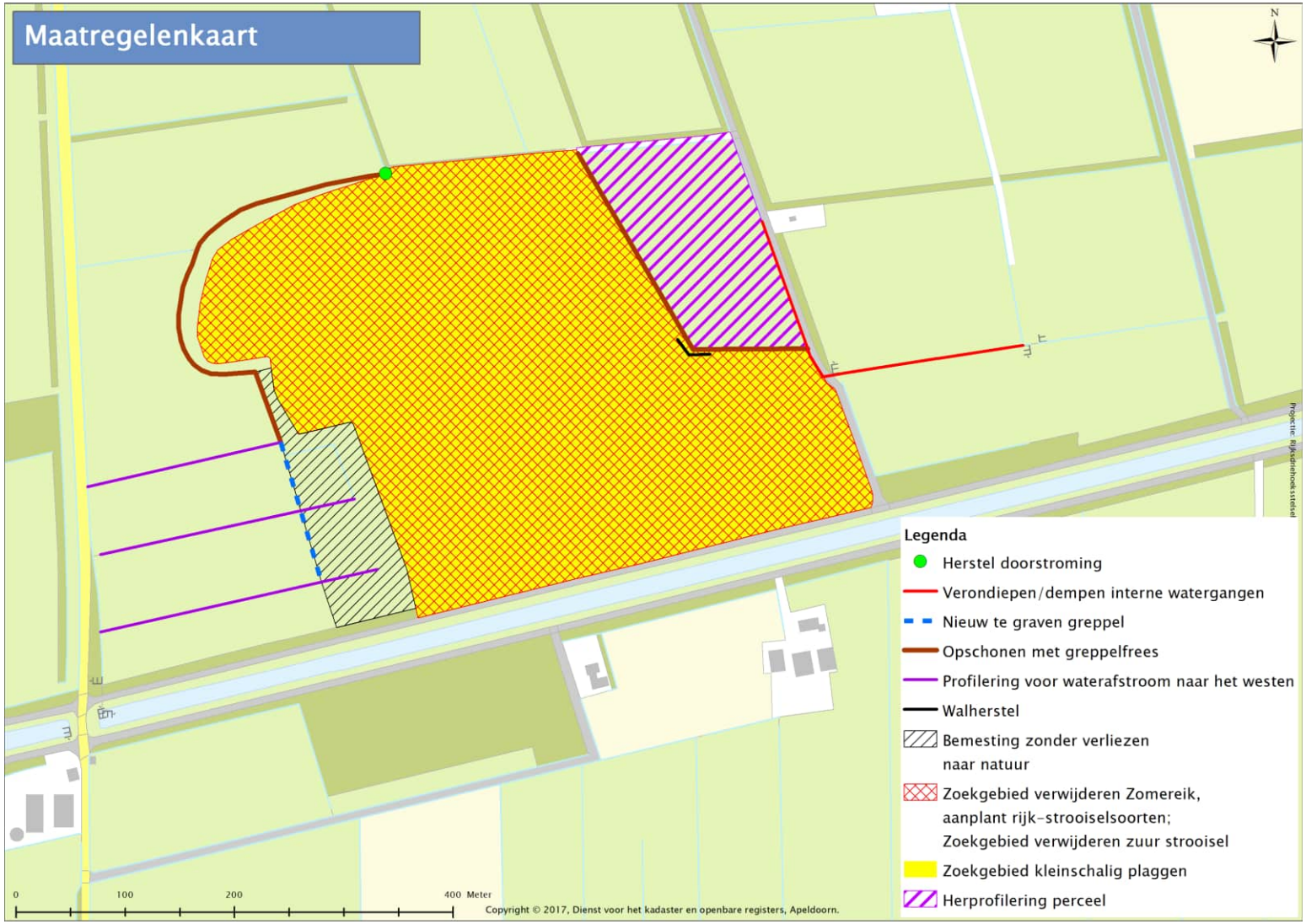
- In het westen van het gebied is ook mogelijke afstroom van water over het maaiveld naar het gebied toe. Met name in het noordwesten laten foto's zien dat het vaak lange perioden blank staan. Een goede maatregel is hier het herstellen van een greppel (die momenteel dichtgeschoven is, wit gemarkeerde greppel figuur 5 bij nummer 4). De greppel moeten worden hersteld tot een ondiepe (ongeveer 30cm) greppel en goed geprofileerd zodat deze water kan afvoeren naar de sloten ten zuiden.
- De greppels in de percelen ten zuidwesten van het natuurgebied (donkergroen gearceerde greppels) moeten water afvoeren naar het zuiden en westen van het gebied. De veldverkenning liet zien dat dit mogelijk niet overal het geval is en dat ze ook mogelijk vlakbij het natuurgebied overlopen en over maaiveld afstromen naar het natuurgebied. De greppels weergegeven met donkergroen moeten daarom goed geprofileerd worden zodat deze daadwerkelijk afstromen naar het westen. Onderhoud moet jaarlijks plaatsvinden.
- Om een goede afwatering van voedselrijk landbouwwater te garanderen is het nodig om de wit-gemarkeerde (nr 4 figuur 5) met een diepte van ongeveer 30-40 cm door te trekken volgens de blauw gemarkeerde lijn (nabij nr 6 figuur 5) naar het zuiden en deze aan te sluiten aan de reeds bestaande greppels. Hierdoor wordt afgevangen verrijkt landbouwwater te allen tijde afgevoerd naar het zuiden en westen en niet naar het N2000 gebied.
- Het zandpakket in het deel tegen het natuurgebied aan (geverifieerd a.h.v. boringen) is relatief dikker waardoor de doorlaatbaarheid groter is en het risico van toestroming van voedselrijk water via het zandpakket naar het natuurgebied ook hoger is. Dit correspondeert met eerder onderzoek van van Dongen naar keileemdiepten in dit gebied. Dit geldt voor het gebied met nummer 6 op figuur 5. Vanwege het hogere risico van toestroom van verrijkt landbouwwater kan men in deze zone niet volstaan met het profileren of aanleg van greppels. In dit geval zal, op het risico gebied, een additionele maatregel nodig zijn die voorkomt dat het water wordt verrijkt. Om te voorkomen dat verrijkt landbouwwater oppervlakkig en via het zandpakket kan toestromen naar het

gebied zal daarom een deel (ten oosten van de lichtblauwe lijn (nabij nummer 6, figuur 5) in een bemesting zonder uitspoeling naar de natuur regime moeten komen (zie ook aanvullende maatregelen maatregelenpakket).
- Ook in het westelijke deel kunnen experimenteel delen geplagd worden waar een voormalig landbouwverleden heeft geresulteerd in een rijke toplaag. Plaggen kan samengaan met herstellen van reliëf (wisseling tussen hoge en lage delen). Deze maatregel zal de grondflora van Eiken Haagbeukenbos bevorderen.

De maatregelen zoals deze hierboven zijn bediscussieerd zijn weergegeven in een maatregelenkaart (figuur 6).
De maatregel: Bemesting zonder verliezen naar de natuur wordt beschreven in het Maatregelen rapport (van den Berg & Smeenge 2017). Met de maatregel verondiepen/ dempen van sloten wordt in dit geval (Achter de Voort) uitsluitend verondiepen bedoelt en wel tot 1.00 m -mv. Deze maatregel is ook eerder beschreven in het maatregelenrapport.
De maatregelen: herstel doorstroming, nieuw te graven greppel, opschonen greppel met greppelfrees, profilering van waterstroom naar het westen, walherstel, monitoring, en herprofilering perceel zijn allen nieuwe maatregelen.

Hieronder wordt kort nogmaals beschreven wat er met deze maatregel bedoelt wordt.
Herstel doorstroming. Deze maatregel beoogt het bevorderen van de doorstroming van landbouwwater uit de greppels in het noordwesten naar een reeds bestaande sloot in het noorden van het gebied. Dit kan met een kleine greppel maar ook middels een duiker. De doorstroming moet voldoende zijn voor piekwaterafvoer.
Nieuw te graven greppel. Deze maatregel beoogt het bevorderen van de doorstroming van landbouwwater uit de greppels in het noordwesten naar reeds bestaande greppels in het zuidwesten van het gebied. De diepte mag maximaal 40cm zijn en profilering moet dusdanig zijn dat water uit het noorden kan afstromen naar het zuiden.
Opschonen greppel met greppelfrees. Deze maatregel beoogt het bevorderen van de doorstroming van verrijkt landbouwwater en het voorkomen dat dit water door volgelopen greppels over paden en maaiveld naar het N2000 gebied kan stromen. Enkele greppels zijn dichtgemaakt of dichtgereden en dienen opnieuw watervoerend gemaakt te worden maar mogen slechts 30 a 40 cm diep zijn. De bestaande greppels van dit formaat mogen niet worden verdiept.
Profilering van waterstroom naar het westen. Bestaande greppels in het zuidwesten van het gebied stromen momenteel niet allen af naar het westen maar deels ook naar het oosten (naar het N2000 gebied) waar het water uit de greppels komt en over maaiveld het N2000 gebied in kan stromen. Herprofilering van deze ondiepe greppels dient te gebeuren waardoor al het water in deze greppels naar het westen afstroomt. Greppels mogen niet dieper dan 40-50 cm worden gemaakt.
Walherstel. In het oostelijke deel van Achter de Voort (binnen de begrenzing van het gebied) is een kleine wal aanwezig van materiaal dat oorspronkelijk uit een ernaast gelegen greppel komt. Deze wal is in een haakse bocht nagenoeg niet aanwezig en bij overstroming van de greppel kan hier water uit de greppel het N2000 gebied (over maaiveld) bereiken. Herstel van de wal met 50cm aarde is nodig om deze toestroom te stoppen.
Herprofilering perceel. Het landbouwperceel ten noordoosten van Achter de Voort helt op maaiveld licht naar het N2000 gebied toe. Het daaronder gelegen keileem helt echter van het N2000 gebied af. Herprofilering van dit perceel beoogt de helling dusdanig te maken dat ook het

maaiveld van het N2000 gebied afhelt en er geen water via maaiveld naar het N2000 gebied kan toestromen.
Monitoring. Monitoring aan de hand van grondwater- en oppervlaktewaterchemie dient te geschieden om vast te stellen of verrijking van landbouwwater in het noordelijke, westelijke en oostelijke deel is gestopt door instelling van bovenstaande maatregelen. Tevens zal monitoring van de effecten van experimentele plagmaatregelen op de ontwikkeling van eiken-haagbeukenbos (kwaliteit van vegetatie en bodemchemie) noodzakelijk zijn om uitspraken te kunnen doen over het nut van deze maatregel en de verdere toepassing van de maatregel in een volgende PAS periode.



Figuur 6. Maatregelenkaart Achter de Voort.

Referenties (bij bijlage 2)

Boleij, J., **2017**. NATURA2000 DINKELLAND. Oppervlaktewatersysteem Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek. Arcadis. 's Hertogenbosch. 44

Boleij, J., **2018**. Ontwerp oppervlaktewatersysteem rond N2000 AVAV. Arcadis. 19

Buijs, E., **2011**. Onderzoek bodemopbouw Achter de Voort. Buijs Hydro-Ecologisch Onderzoek en Advies. Heeten.

Jansen, P.C., **1981**. Verwerking, interpretatie en toepassingsmogelijkheden van grondwaterstandsgegevens met behulp van overschrijdingsduurlijnen. ICW Wageningen.

Lucassen, E.C.H.E.T & J.G.M. Roelofs, **2016**. Uitwerking onderzoeksvragen gerelateerd aan bodemonderzoek, grondwaterkwaliteit en inschatting interne eutrofiëring. Onderzoekcentrum B-WARE. Nijmegen. 164

Oling, A.J., A.P. van den Berg, R.N.P. Neefjes, C.J.S. Aggenbach, R. van Dongen, M. Spek, H. Smeenge & A. Moning, **2015**. Gebiedsanalyse Achter de Voort, Agelerbroek & Voltherbroek. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). 105

Staatsbosbeheer & Dienst Landelijk Gebied, **2013**. Gebiedsanalyse Achter de Voort, Agelerbroek & Voltherbroek. Zwolle. 98

Stroet, R., **2017**. Huidige situatie Natura 2000-gebied Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek, Model huidige situatie. Royal Haskoning DHV. Amersfoort. 64

Stroet, R. & A. Van Wachtendonk, **2017**. Notitie. Iteratief proces AVAV, Opzet scenario's 1 en 2. Royal Haskoning DHV. Amersfoort. 7

Stroet, R., A. van Wachtendonk & L. van den Berg, **2018**. Notitie. Iteratief proces AVAV: Voorstel Geoptimaliseerd maatregelenpakket (Scenario 5). Royal Haskoning DHV & Unie van Bosgroepen. Amersfoort. 8

van den Berg, L. , A. Krikken & A. van Wachtendonk, **2018a**. Notitie maatregelenpakket scenario 5. Unive van Bosgroepen en RHDHV. Ede. 22

van den Berg, L. J. L. , H. Smeenge & B. van Duijn, **2017**. Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek - systeemanalyse. Unie van Bosgroepen. Ede. 108

Van den Berg, L. J. L. , H. Smeenge, A. A. M. Kieskamp, B. Van Duijn & A. Van Wachtendonk, **2018b**. Grondwaterkwantiteit en -kwaliteit voor Vochtige alluviale bossen en Blauwgraslanden. Unie van Bosgroepen. Ede.

van den Berg, L.J.L. & H. Smeenge, **2017a**. Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek - uitwerking maatregelenpakket. Unie van Bosgroepen. Ede. 32

van den Berg, L.J.L. & H. Smeenge, **2017b**. Verfijning maatregelen Achter de Voort. unie van Bosgroepen. Ede. 21

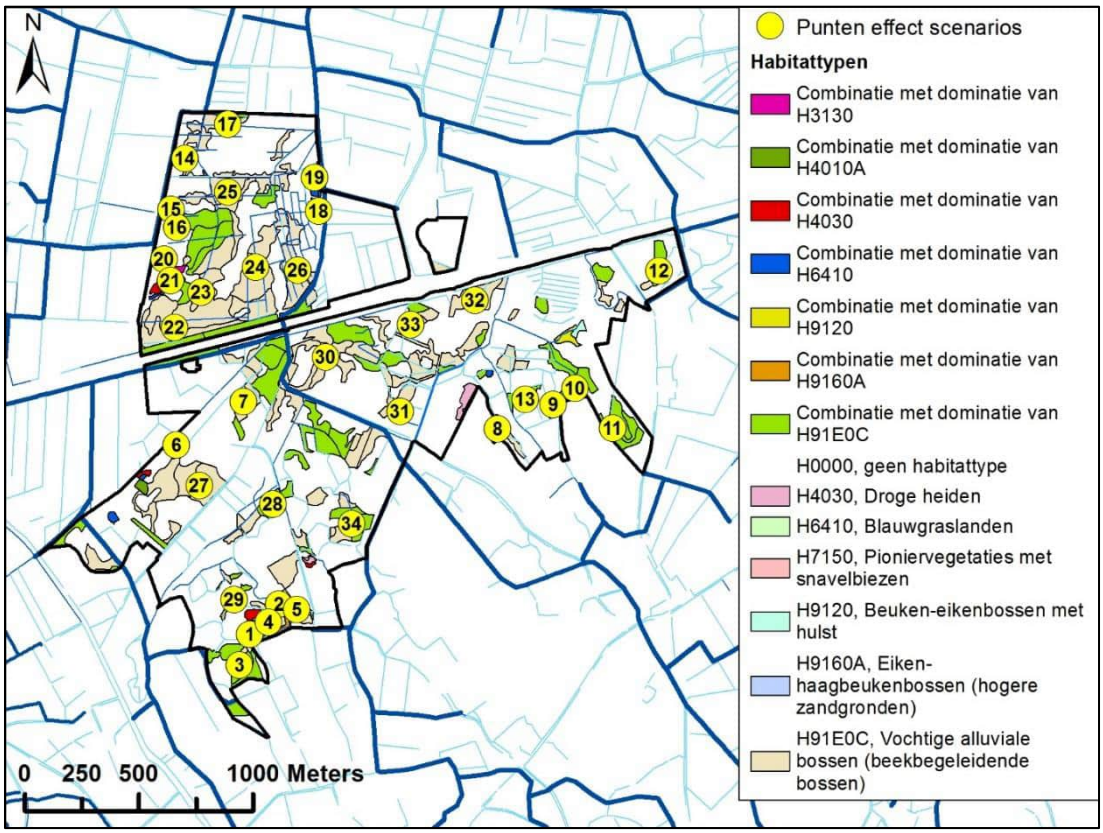
van den Berg, Leon, Harm Smeenge, Ariët Kieskamp & Beren van Duijn, **2018c**. Grondwaterkwantiteit en -kwaliteit voor Vochtig alluviale bossen en Blauwgraslanden. Unie van Bosgroepen. Ede. 22

van Wachtendonk, A. , L. van den Berg & A. Krikken, **2018**. Notitie. Iteratief proces AVAV: geohydrologische effecten en ecologische toetsing scenario 5. Royal Haskoning DHV en Unie van Bosgroepen. Amersfoort. 15

Bijlage 3

Effect scenario's op kwel, duurlijnen, GLG en GVG

In de volgorde kwel, duurlijnen (inundatie), GVG & GLG (voor vochtige alluviale bossen, zie toetsingskader in 2.2) worden in deze bijlage de effecten van de maatregelen uit de verschillende scenario's voor de verschillende puntlocaties (zie figuur B1) besproken. Scenario 3 (het weglaten van bos) is buiten beschouwing gelaten voor deze exercitie. Tevens worden de effecten vergeleken met die van scenario 1 (oorspronkelijke PAS-maatregelenpakket korte termijn) ter onderbouwing van de keuze van scenario 5b als eindscenario. De vergelijking van de maatregelen op de betreffende puntlocaties is beschreven in een eerdere notitie naar aanleiding van de resultaten scenario 5 (van den Berg et al., 2018). Hieronder volgt een samenvatting met daarin de belangrijkste resultaten.
In tabel B4 staan de scores van de hydrologische toetsing voor de puntlocaties samengevat.



Figuur B1 puntlocaties voor nader onderzoek naar de effecten van de maatregelen op duurlijnen, GxG's en kwel.

Kwel

De wintersituatie (GVG-periode) is van belang omdat in die periode de waterstanden het hoogst staan, waarmee de waterkwaliteit in die periode van het jaar het meest belangrijk is. Om deze reden is de winterkwel berekend voor alle puntlocaties onder alle scenario's zie tabel B1.

Voor nagenoeg alle locaties en scenario's is er een toename van kwel of afname van wegzijging; een positief effect van de maatregelen op de habitattypen dus. Het eindscenario (5b) geeft een beter resultaat dan scenario 1 en de huidige situatie: de kwel neemt meer toe/de wegzijging

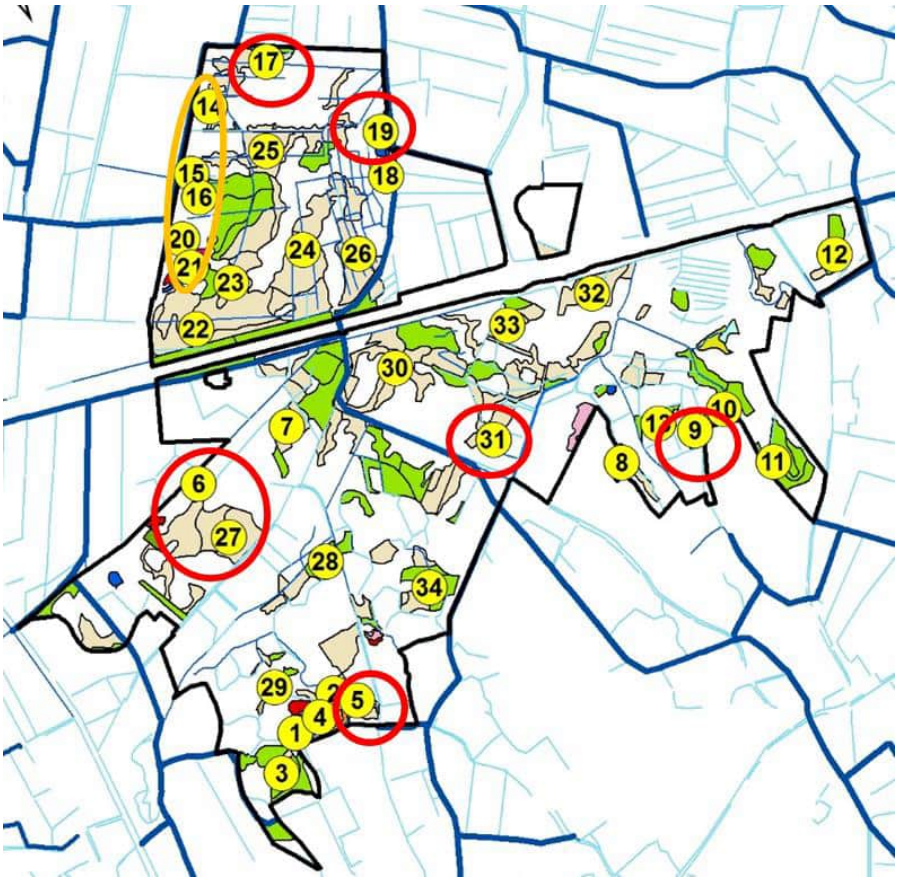
neemt meer af. Dit is met name op enkele cruciale plekken nabij het blauwgrasland te zien (zie figuur B2). Het effect van scenario 2 is gering.

Conclusie kwel

In het vochtige alluviale bos (H91E0C) neemt kwel met name in noorden van het Agelerbroek en op de zuidranden van de Voltherbroek (zie figuur B2) toe onder scenario 1, 4 en 5a,b. Dit is gunstig omdat dit habitattype gebaat is bij kwel. Door het toenemen van kwel is een kwaliteitsverhoging (doelstelling) mogelijk. In het blauwgrasland (H6410) en zwakgebufferd ven (H3130) neemt de kwelflux in de winter toe. Dat is gunstig want deze habitattypen zijn afhankelijk van lokale/regionale kwel. De kwel neemt meer toe in scenario 5b (eindscenario) dan in scenario 1 (PAS).

Tabel B1. Winterkwel voor de verschillende puntlocaties en de verschillende scenario's. Positief= kwelflux, negatief = wegzijging.

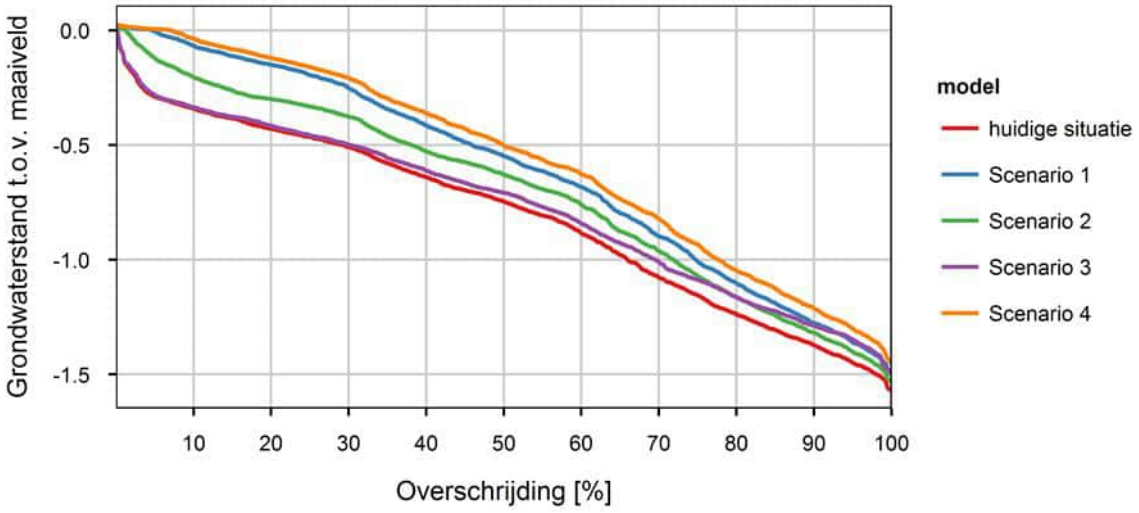
Locatie	Huidige situatie	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 4	Scenario 5a	Scenario 5b
1	-0,44	-0,01	-0,45	-0,07	-0,29	-0,31
2	-0,46	-0,26	-0,43	-0,30	-0,37	-0,36
3	0,21	-0,17	0,21	-0,27	-0,38	-0,37
4	-0,14	0,13	-0,15	0,10	-0,02	-0,02
5	0,49	0,24	0,49	0,61	0,76	0,78
6	0,04	-0,47	-0,21	1,81	1,40	1,52
7	-0,91	-0,52	-0,70	-0,61	-0,55	-0,64
8	-0,01	0,26	0,07	0,41	0,14	0,17
9	-0,01	0,00	0,00	0,03	0,19	0,22
10	-0,02	0,16	-0,02	0,19	0,10	0,10
11	-0,40	0,26	-0,37	0,31	0,19	0,24
12	-0,46	-0,50	-0,36	-0,61	-0,60	-0,60
13	-0,51	-0,24	-0,21	-0,18	-0,34	-0,35
14	-0,33	0,74	0,10	1,20	0,83	0,86
15	-0,50	-1,26	-0,18	-1,17	-1,23	-1,20
16	-0,63	0,02	-0,42	0,08	0,02	0,04
17	-0,43	-0,38	-0,14	0,01	-0,12	-0,10
18	-0,52	0,03	-0,11	0,13	0,12	0,14
19	-0,67	-0,35	0,16	0,09	0,09	0,12
20	-0,89	1,43	1,46	1,66	1,40	1,45
21	1,19	3,33	4,03	3,51	3,20	3,34
22	0,41	1,42	0,65	1,13	1,10	1,16
23	0,81	0,77	1,00	0,76	0,65	0,69
24	0,45	0,95	0,85	1,04	0,83	0,92
25	0,26	0,10	0,48	0,18	0,12	0,13
26	-0,08	0,37	1,04	0,37	0,17	0,18
27	0,58	0,09	0,40	0,91	0,78	0,85
28	0,17	0,30	0,15	0,40	0,28	0,32
29	-0,46	-0,42	-0,46	-0,39	-0,42	-0,41
30	0,06	0,44	0,31	-0,37	0,30	0,34
31	0,63	0,26	1,03	0,43	0,69	0,83
32	0,05	0,20	0,14	-0,22	0,19	0,23
33	-0,10	0,04	-0,04	0,15	0,00	0,04
34	-0,15	-0,08	-0,10	-0,01	-0,08	-0,11



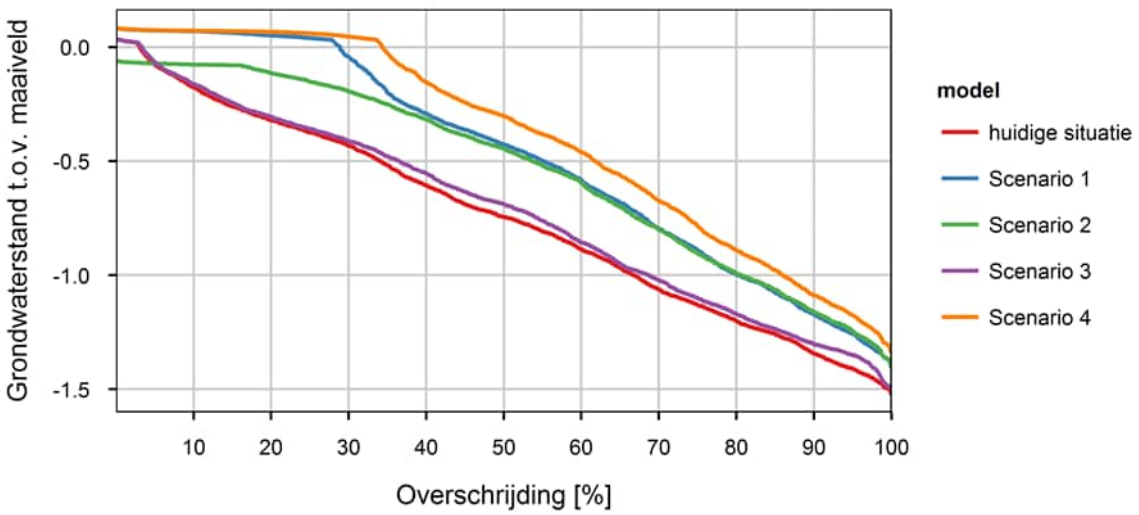
Figuur B2. Locaties met verschil in winterkwel tussen scenario 1 (PAS) en scenario 5b. Rode cirkels tonen locaties met gemiddeld meer kwel in scenario 5b (>0,15mm meer kwel).

Duurlijnen

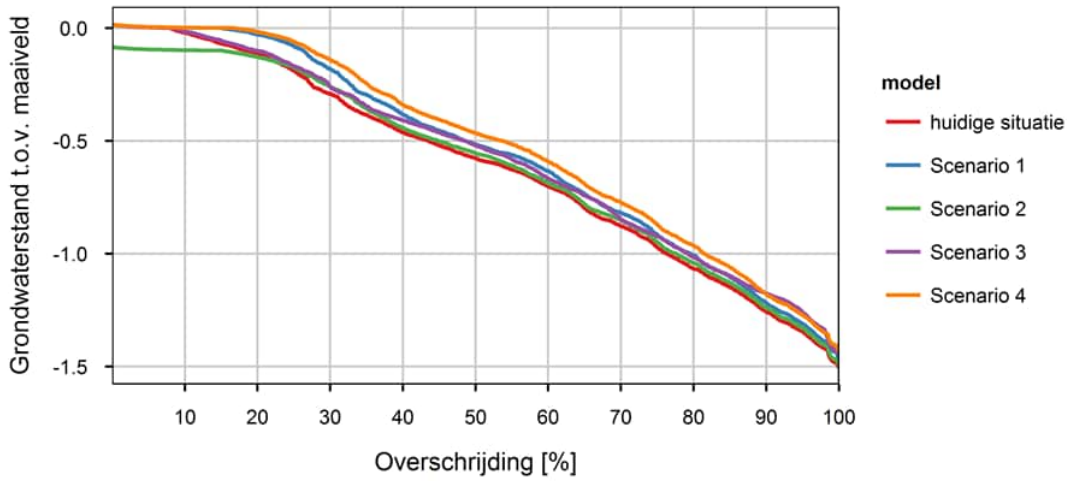
Duurlijnen voor diverse locaties zijn voor de verschillende scenario's berekend en met elkaar vergeleken. Duurlijnen van locaties met vochtige alluviale bossen zijn vergeleken tussen scenario's (zie als voorbeeld figuur B3, B4, B5, B6). Een ontwikkeling. zoals in deze figuur te zien is, van een holle duurlijn naar een bolle duurlijn (langer water in de wortelzone) wordt gezien als een wenselijk en noodzakelijk effect voor habitatkwaliteitsverhoging.
Duurlijnen zijn in deze bijlage verder niet weergegeven en zijn als bijlagen bij van den Berg et al 2018 meegeleverd. De duurlijnen in relatie tot de maatregelen en locaties zijn besproken bij de expertbijeenkomsten.



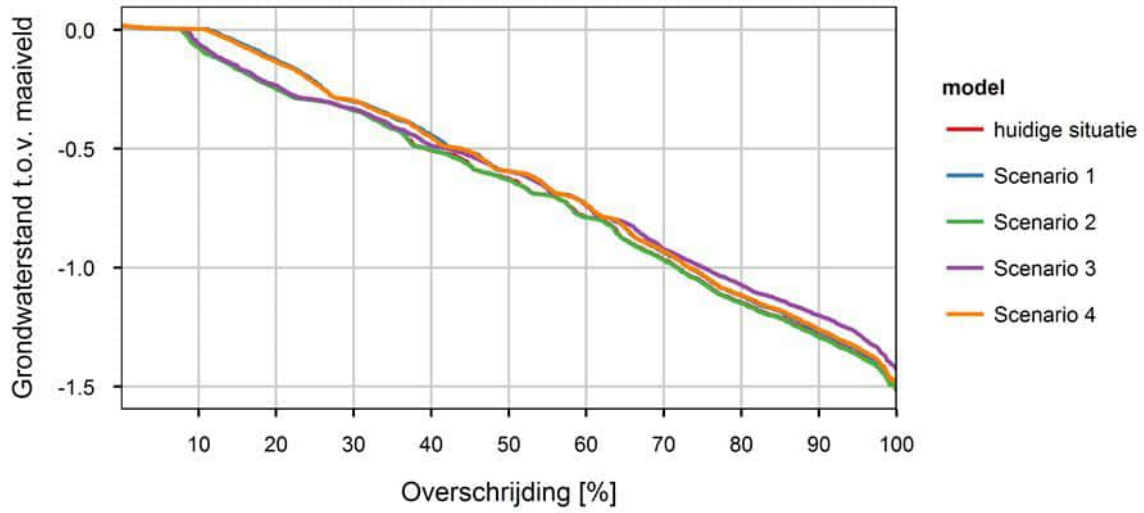
Figuur B3. Duurlijnen voor de scenario's 1 t/m 4 voor een locatie in het westelijke deel van het Agelerbroek(locatie nr 15) in habitattype vochtig alluviaal bos. De duurlijn van scenario 5b is hierin niet weergegeven maar komt overeen met die van scenario 1.



Figuur B4. Duurlijnen voor de scenario's 1 t/m 4 voor een locatie in het oostelijke deel van het Agelerbroek (locatie nr. 19) in habitattype blauwgrasland. De duurlijn van scenario 5b is hierin niet weergegeven maar komt overeen met die van scenario 1.



Figuur B5. Duurlijnen voor de scenario's 1 t/m 4 voor een locatie in het oostelijke deel van het Voltherbroek (locatie nr. 13) in habitattype blauwgrasland. De duurlijn van scenario 5b is hierin niet weergegeven maar komt overeen met die van scenario 1.



Figuur B6. Duurlijnen voor de scenario's 1 t/m 4 voor een locatie in het oostelijke deel van het Voltherbroek (locatie nr. 4) in habitattype vochtig alluviaal bos. De duurlijn van scenario 5b is hierin niet weergegeven maar komt overeen met die van scenario 1 en 4.

Conclusie duurlijnen

Scenario 2 blijkt geen duidelijk positief effect te sorteren op de vorm van de duurlijnen in het Agelerbroek en alleen voor locatie 9 een positief effect in het Voltherbroek. Daarentegen blijken scenario 1, 4 en 5a,b in nagenoeg alle getoetste gevallen een positief effect te sorteren op de duurlijnen in de vochtige alluviale bossen.

De duurlijnen in de blauwgraslanden zijn in de meeste gevallen redelijk op orde (voldoen aan de gestelde ecologische criteria, zie van den Berg et al., 2018) en verbeteren in de scenario's 1, 4 en 5a,b).

De verschillen tussen de scenario's 1, 4 en 5 zijn minimaal wat betreft de berekende duurlijnen.

GVG en GLG

De GVG en GLG in de huidige situatie en na de scenario's 1,2, 4 en 5 zijn op twee manieren in beeld gebracht:

1. Vlakdekkend berekend (zie resultaten hiervan kaarten RHDHV).
2. Berekend per puntlocatie/peilbuis.

Voor nagenoeg alle locaties en scenario's is er een verhoging van de grondwaterstanden en dus GLG en GVG waarneembaar (zie tabellen B2, B3). Over het algemeen geeft dat een positief effect van de maatregelen op de habitattypen weer (zie ook systeemanalyse). In een enkel geval treedt er inundatie op (met name in scenario 4) waardoor kwel plaatselijk afneemt (wordt weggedrukt). Dit laatste speelt bijvoorbeeld in het lagere deel van het Voltherbroek.

Conclusies GLG

De GLG is over beide deelgebieden laag en de doelgaten van de habitattypen voor wat betreft GLG worden zelfs in het meest extreme scenario (scenario 4) niet gedicht. Vanwege het feit dat er toch goed ontwikkelde, kwalificerende habitattypen aanwezig zijn is besloten de ecologische toetsing voor kwel te prioriteren over die van GLG (zie ecologische toetsing, (Van den Berg et al., 2018). De resultaten van scenario 4 (alles op alles) en die van scenario 5b zijn redelijk vergelijkbaar voor de GLG. Scenario 4 is wat betreft GLG het meest extreme scenario en resulteert in de hoogste grondwaterstanden (meer dan PAS en scenario 5b). In het noorden van het Agelerbroek wordt het in scenario 4 en 5b natter dan in het PAS scenario. Ook in het Voltherbroek (locatie 5 en 6 bijvoorbeeld) resulteert scenario 4 en 5b in een hogere GLG verhoging dan het PAS scenario.

Conclusies GVG

De voorjaarsgrondwaterstanden verbeteren in de scenario's 1 (PAS), 4 en 5(abc) ten opzichte van de huidige situatie. De verschillen tussen de scenario's 1, 4 en 5 (a,b) zijn minimaal.

Samenvattend (alle hydrologische toetsingscriteria)

In tabel B4 zijn, per locatie, de scores per criteria weergegeven. Hierbij is per criterium beoordeeld of de maatregel positief bijdraagt aan het behalen/verbeteren van dit criterium. Bij een positief oordeel is een cel in de tabel groen gekleurd, een negatief effect is rood gearceerd en een neutraal (geen verschil) effect is oranje weergegeven.
De tabel laat zien dat scenario's 1, 4 en 5 een vergelijkbaar resultaat hebben. In een enkel geval zien we een negatief effect in scenario 1 verdwijnen in scenario 4 of 5.

Eindconclusie: Scenario 5b presteert hydrologisch gezien het beste over het gehele N2000 gebied en met name voor blauwgraslanden en aanliggend vochtig alluviaal bos.

Tabel B2. GLG voor de verschillende puntlocaties en de verschillende scenario's. waarden uitgedrukt in m – maaiveld.

Locatie	Huidige situatie	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 4	Scenario 5a	Scenario 5b
1	1,30	1,27	1,30	1,27	1,28	1,27
2	1,41	1,38	1,41	1,37	1,39	1,37
3	1,16	1,14	1,16	1,14	1,15	1,14
4	1,25	1,23	1,25	1,22	1,24	1,22
5	1,02	1,00	1,02	0,98	1,00	0,98
6	1,00	0,97	1,03	0,95	0,98	0,94
7	1,32	1,32	1,38	1,22	1,34	1,22
8	1,28	1,24	1,27	1,19	1,29	1,24
9	1,37	1,32	1,35	1,29	1,35	1,33
10	1,26	1,22	1,24	1,20	1,24	1,23
11	1,21	1,18	1,20	1,17	1,20	1,19
12	1,32	1,35	1,28	1,30	1,31	1,31
13	1,32	1,28	1,31	1,24	1,31	1,28
14	1,21	1,10	1,14	1,02	1,08	1,07
15	1,55	1,43	1,49	1,38	1,43	1,41
16	1,30	1,18	1,24	1,13	1,18	1,16
17	1,37	1,28	1,29	1,17	1,24	1,23
18	1,52	1,30	1,32	1,23	1,28	1,26
19	1,41	1,25	1,22	1,15	1,18	1,17
20	1,01	0,91	0,97	0,86	0,91	0,88
21	0,91	0,81	0,88	0,77	0,82	0,79
22	0,92	0,83	0,90	0,79	0,84	0,80
23	0,98	0,86	0,93	0,81	0,88	0,83
24	1,17	1,02	1,08	0,95	1,03	0,97
25	1,30	1,17	1,21	1,10	1,15	1,14
26	1,34	1,15	1,20	1,08	1,16	1,10
27	1,01	0,98	1,04	0,96	1,00	0,96
28	1,18	1,16	1,20	1,10	1,17	1,11
29	1,43	1,41	1,44	1,40	1,42	1,41
30	1,10	1,10	1,17	0,96	1,15	0,96
31	0,96	0,99	1,01	0,86	1,07	0,88
32	1,26	1,20	1,21	1,15	1,22	1,20
33	1,28	1,21	1,24	1,14	1,24	1,18
34	1,24	1,23	1,25	1,12	1,18	1,08

Tabel B3. GVG voor de verschillende puntlocaties en de verschillende scenario's. waarden uitgedrukt in m – maaiveld.

Locatie	Huidige situatie	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 4	Scenario 5a	Scenario 5b
1	0,27	0,23	0,27	0,23	0,25	0,25
2	0,34	0,28	0,34	0,28	0,30	0,29
3	0,18	0,12	0,18	0,13	0,13	0,13
4	0,23	0,20	0,23	0,20	0,21	0,21
5	0,15	0,07	0,15	0,11	0,15	0,14
6	0,16	0,04	0,17	0,13	0,14	0,13
7	0,39	0,33	0,39	0,27	0,36	0,32
8	0,25	0,18	0,24	0,17	0,20	0,18
9	0,29	0,23	0,29	0,22	0,27	0,27
10	0,22	0,20	0,21	0,19	0,21	0,20
11	0,24	0,20	0,24	0,20	0,21	0,21
12	0,31	0,27	0,25	0,24	0,28	0,27
13	0,26	0,22	0,31	0,21	0,24	0,23
14	0,25	0,14	0,19	0,13	0,14	0,14
15	0,63	0,38	0,51	0,35	0,38	0,38
16	0,31	0,19	0,24	0,17	0,19	0,18
17	0,35	0,19	0,30	0,16	0,18	0,18
18	0,47	0,22	0,30	0,20	0,21	0,21
19	0,36	0,18	0,27	0,15	0,16	0,16
20	0,11	0,06	0,15	0,05	0,06	0,05
21	0,11	0,08	0,18	0,07	0,08	0,07
22	0,13	0,11	0,13	0,10	0,11	0,10
23	0,14	0,08	0,13	0,07	0,08	0,07
24	0,21	0,14	0,18	0,12	0,14	0,13
25	0,25	0,15	0,22	0,14	0,15	0,14
26	0,38	0,16	0,29	0,15	0,17	0,16
27	0,15	0,09	0,15	0,14	0,14	0,14
28	0,19	0,18	0,19	0,17	0,18	0,17
29	0,34	0,29	0,34	0,30	0,31	0,30
30	0,17	0,17	0,18	0,02	0,18	0,14
31	0,14	0,08	0,15	0,06	0,16	0,12
32	0,21	0,18	0,20	0,06	0,20	0,19
33	0,23	0,19	0,21	0,17	0,21	0,19
34	0,23	0,22	0,23	0,17	0,20	0,18

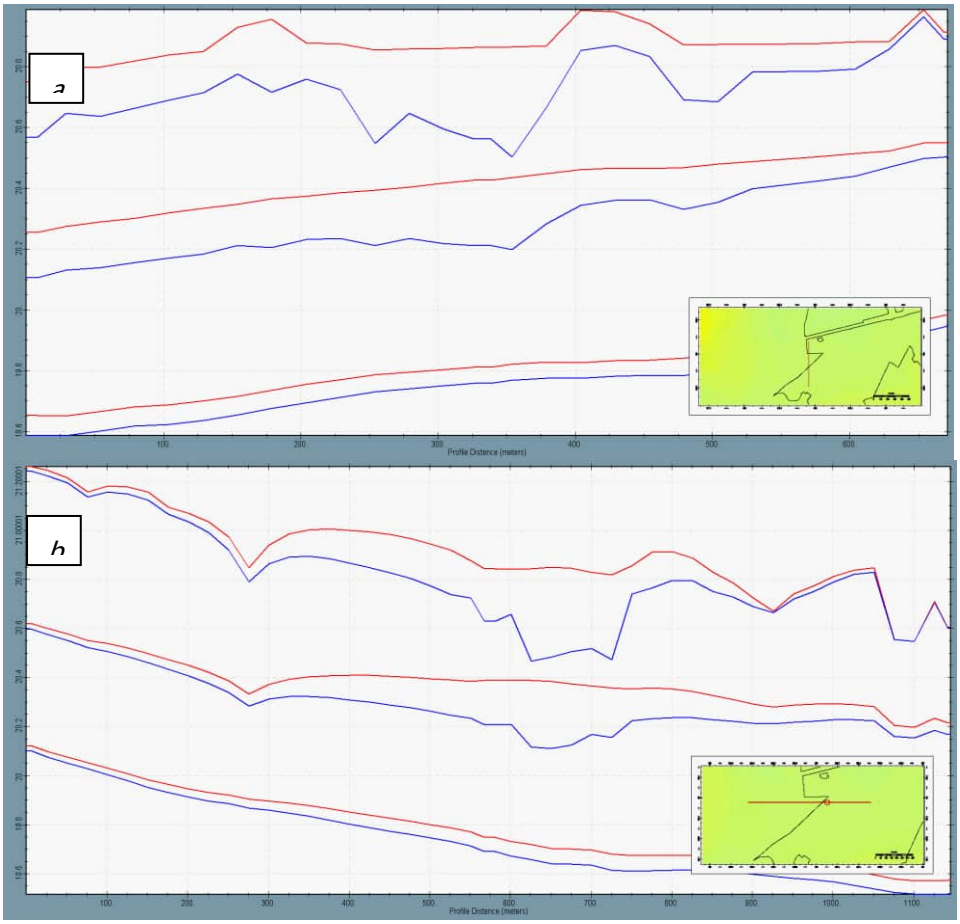
Tabel B4. Scores (in stoplichtcodering) voor de verschillende puntlocaties met betrekking tot de hydrologie.

Nummer	Habitat	Hydrologie					
		Huidig	1 (PAS)	2	4	5A	5B
13	Blauwgrasland						
19	Blauwgrasland						
20	Blauwgrasland						
1	Eiken haagbeukenbos						
2	Eiken haagbeukenbos						
3	Eiken haagbeukenbos						
29	Eiken haagbeukenbos						
4	Vochtig alluviaal bos						
5	Vochtig alluviaal bos						
6	Vochtig alluviaal bos						
7	Vochtig alluviaal bos						
8	Vochtig alluviaal bos						
9	Vochtig alluviaal bos						
10	Vochtig alluviaal bos						
11	Vochtig alluviaal bos						
12	Vochtig alluviaal bos						
14	Vochtig alluviaal bos						
15	Vochtig alluviaal bos						
16	Vochtig alluviaal bos						
17	Vochtig alluviaal bos						
18	Vochtig alluviaal bos						
22	Vochtig alluviaal bos						
23	Vochtig alluviaal bos						
24	Vochtig alluviaal bos						
25	Vochtig alluviaal bos						
26	Vochtig alluviaal bos						
27	Vochtig alluviaal bos						
28	Vochtig alluviaal bos						
30	Vochtig alluviaal bos						
31	Vochtig alluviaal bos						
32	Vochtig alluviaal bos						
33	Vochtig alluviaal bos						
34	Vochtig alluviaal bos						
21	Zwakgebufferd ven						

Bijlage 4

Hydrologische bufferzones

In het maatregelenpakket van scenario 5a en b zijn hydrologische bufferzones opgenomen. Deze zijn op basis van de verschillen tussen de huidige situatie en de berekende grondwaterstanden voor scenario 5. Om de ecologische effecten van de scenario's te onderbouwen zijn de resultaten van de GLG, GVG, GHG en winterkwel voor de huidige situatie en de scenario's 5a en 5b in absolute getallen berekend voor een geselecteerd aantal puntlocaties binnen kwalificerende habitattypen. Tevens zijn doorsneden (als voorbeeld onderstaande figuur B7) geanalyseerd. De resultaten ervan worden uitvoerig beschreven in twee notities: (van den Berg et al., 2018, van Wachtendonk et al., 2018).



Figuur B7. Doorsnede bij de bufferzone in het westelijke deel van Voltherbroek. Lijnen laten GHG (bovenste lijnen), GVG (middelste lijnen) en GLG (onderste lijnen) zien voor scenario 1 (rood) en scenario 2 (blauw). a) is doorsnede van noord naar zuid, b) is doorsnede van west naar oost.

Op basis van deze analysen zijn de hydrologische bufferzones rond het Ageler- en Voltherbroek aangewezen zoals op de definitieve maatregelenkaart (figuur 2 van dit document). De bufferzone ten westen van het Voltherbroek bleek niet volledig nodig te zijn voor het behalen van eenzelfde hydrologisch effect. Ook twee bufferzones in het zuidoosten van het Voltherbroek bleken geen effect te sorteren op de hydrologie en zijn na deze analyse komen te vervallen.

Bijlage 5

Ecologische toetsing



Grondwaterkwantiteit en -kwaliteit voor Vochtig alluviale bossen en Blauwgraslanden

Unie van Bosgroepen



Grondwaterkwantiteit en -kwaliteit voor Vochtig alluviale bossen en Blauwgraslanden

2018, definitief
Leon van den Berg, Harm Smeenge, Ariët Kieskamp, Beren van Duijn (UvB)
Arjan van Wachtendonk (RHDHV)

Inhoudsopgave

Inleiding 1

Habitattypen ... *1*

GXG's, duurlijnen en droogtestress ... *2*

Effect van verschillende bodemtypen ... *2*

Duurlijnen op verschillende bodemtypen ... 3

Bodem Volther- en Agelerbroek 5

Voorkomen habitattypen in relatie tot bodem ... *5*

H91E0_C (Vochtige alluviale bossen –beek begeleidende bossen) 6

H6410 (Blauwgrasland) 10

Grondwaterkwaliteit 13

Duurlijnen 14

GLG en GVG voor ecologische toetsing 15

Samenvatting 17

Blauwgrasland ... *17*

Vochtig alluviaal bos ... *17*

Toetsing ... *18*

Referenties 20

Bijlage 1 Selectie peilbuizen en locaties GXG 22

Bijlage 2 Duurlijnen vochtige alluviale bossen 28

Inleiding

In deze notitie worden de belangrijkste sturende factoren voor grondwaterkwantiteit en -kwaliteit voor het N2000 gebied Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek (AVAV) toegelicht. Deze sturende factoren worden beschreven in het kader van de ecologische toetsing van de verschillende scenario's van (hydrologische) maatregelen ter verbetering van de kwaliteit en uitbreiding van Vochtige alluviale bossen (H91EO_C) en Blauwgraslanden (H6140). De vochtig alluviale bossen liggen in de beekdalen, waarbij de best ontwikkelde Elzenzegge-elzenbroeken op de lagere delen liggen en op de flank van de beekdalen - zeg maar de hellingen: Vogelkers-Essenbos (ook vochtig alluviaal bos) en Blauwgrasland. Blauwgrasland komt hier in twee varianten voor namelijk als Blauwgrasland en Veldrusschraalland. De factoren waarop getoetst wordt voor grondwaterkwantiteit en -kwaliteit zijn kwelfluxen, duurlijnen, GVG en GLG. Deze parameters worden voor het Elzenzegge-Elzenbroek en Blauwgrasland nader beschouwd. Hierbij wordt rekening gehouden met de twee, dominant voorkomende bodemtypen in AVAV: veen en leem.

Habitattypen

Vochtig alluviaal bos omvat bossen van zeer natte standplaatsen. Het type H91E0_C (Vochtige alluviale bossen -beek begeleidende bossen) zijn vochtige bossen met een matig tot lichte voedselrijkdom, een GLG van ongeveer 50cm -mv en een GHG aan (of boven) maaiveld (volgens gegevens Waternood). Deze bossen worden gekarakteriseerd door een gebufferde bodem (door kwel of aanwezigheid bufferend materiaal) met een optimale pH van tussen 4,5-7,5 (Runhaar et al., 2009). In het Agelerbroek, het Voltherbroek en Achter de Voort betreffen het vooral natte bossen waarin Zwarte els op de voorgrond treedt. Door voeding met grondwater zijn de standplaatsen relatief rijk aan basen en nutriënten. Hoewel het type niet strikt gebonden is aan kwel, komen goed ontwikkelde vormen ervan vooral voor op plekken die gevoed worden door grondwater (Beije et al., 2012). Met name het Elzenzegge-Elzenbroek (*Carici elongatae-Alnetum)* kent basenrijke kwel.

Verdroging zorgt ervoor dat er meer zuurstof de bovenste laag van de bodem kan indringen. Dit resulteert in zogenaamde oxidatie-processen waarbij zuur wordt geproduceerd. Los van het feit dat de kenmerkende flora en fauna gebaat is bij natte tot vochtige omstandigheden kan deze verzuring ook schadelijk zijn voor de kenmerkende flora en fauna van dit habitat. De vochtig alluviale bossen op veengrond lopen ernstig risico op verruiging en bodemdaling als gevolg van droogval van de bodem. Dit komt omdat droogval tevens resulteert in de afbraak van veen wat leidt tot het vrijkomen van nutriënten. Het vrijkomen van nutriënten (eutrofiering) resulteert in verruiging van het vegetatietype (zie ook systeemanalyse).

Dit habitattype komt in AVAV voor op veen en leem/kleirijke of kleiige/lemige grond.

Blauwgraslanden komen op slechts enkele plekken voor, op de flanken/randen van de beekdalen, in het Agelerbroek en Voltherbroek. Het habitattype betreft soortenrijke hooilanden op voedselarme, basenhoudende, leem/kleirijke bodems die 's winters plasdras staan en 's zomers oppervlakkig uitdrogen (Beije et al., 2012).

Kenmerkend voor dit habitattype is de voeding met gebufferd grondwater. Daarom is de optimale zuurgraad voor blauwgraslanden zwak tot matig zure condities met een pH van tussen 5,0 en 6,5. Blauwgraslanden zijn matig voedselarm tot licht voedselrijk en het kernbereik van de vochttoestand omvat de vochtklassen zeer nat en nat met een gemiddelde GVG tussen 10 cm boven tot 15 cm beneden maaiveld (Waternood, Runhaar et al., 2009). De GLG mag niet diep wegzakken wegens het beschikbaar blijven van gebufferd grondwater (kwel). Aanrijking van basen (kalium, calcium, magnesium) zijn nodig voor de instandhouding van dit vegetatietype. Aanrijking wordt van nature gedaan door aanwezige bufferende lagen en/of de jaarlijkse invloed

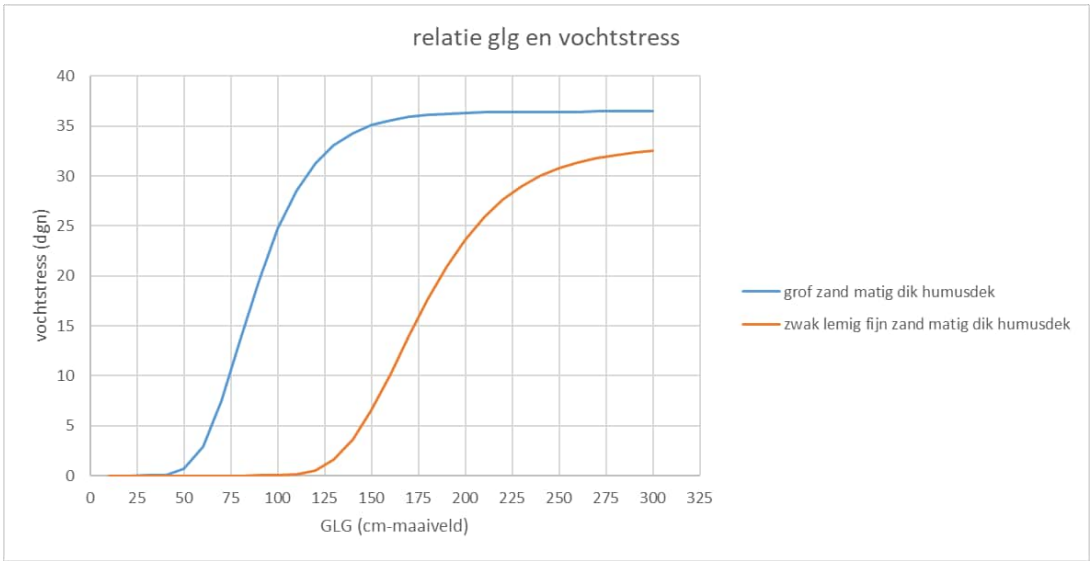
van gebufferd grondwater tijdens de winter en het voorjaar. Wegvallen van deze aanrijking door een te diep weggezakte grondwaterstanden (te lage GVG en GLG) of te kort durende aanrijking door kwelflux gedreven, werken verzuring in de hand en zijn zo zeer schadelijk voor dit habitattype. Een tekort aan basische kationen resulteert al snel in ongunstige ammonium/calcium ratio's en een afname in groei en overleving van doelsoorten zoals Spaanse ruiter (Lucassen et al., 2003, Van Den Berg et al., 2005). De aanvoer van gebufferd basenrijk grondwater via kwel is daarom nodig voor dit habitattype en komt tot stand in de flank van het beekdal waar opbolling van water in de hoger gelegen dekzandrug, en overstroming van het lager gelegen beekdal, tot het functioneren van de kwelhelling leidt.
Dit habitattype komt in AVAV *niet* voor op veen.

GXG's, duurlijnen en droogtestress

Zoals eerder beschreven zijn de voorjaarsgrondwaterstanden (GVG) en/of de duur van hoge grondwaterstanden van belang voor kwetsbare habitattypen als blauwgraslanden en vochtig alluviale bossen. In de systeemanalyse en het maatregelenrapport (van den Berg & Smeenge 2017, van den Berg et al., 2017) is voor GXG referentiewaarden, indien mogelijk, het programma Waternood gebruikt. In de gevallen waarin Waternood geen GLG data gaf of enkel een maximum grondwaterstand is er teruggevallen op de referentiegetallen van SynBioSys (bijvoorbeeld voor Blauwgrasland, alle associaties). Het uittreden van grondwater (kwel) is mede afhankelijk van de mate waarin grondwater kan opbollen in de hoger gelegen dekzandrug, het inundatieniveau, de helling, de eventueel aanwezige flux vanuit diepere pakketten en de mate waarin het kan uittreden langs de kwelhelling. Het functioneren van de kwelhelling is daarmee een voorwaarde voor kwel(flux) en van primair belang voor vegetaties die afhankelijk zijn van aanvoer van bufferend grondwater zoals blauwgraslanden.
De duur van de aanwezigheid van grondwater in de wortelzone is van belang voor de (jaarlijkse) aanvulling van bufferende kationen (calcium, magnesium, kalium, carbonaat). Deze aanrijking is nodig voor de buffering tegen verzuring. Deze duur van waterinvloed in de wortelzone kan worden weergegeven met zogenaamde duurlijnen. Omdat duurlijnen inzicht geven in de tijdsperiode dat aanrijking mogelijk is én karakteristiek zijn voor specifieke habitattypen is in de vakliteratuur gezocht naar referentie-duurlijnen voor blauwgrasland en vochtig alluviaal bos.

Effect van verschillende bodemtypen

Of er wel of geen vocht tekorten ontstaan hangt sterk af van de bodem en de capillaire opstijging van (grond)water. Bij eenzelfde GLG kan, afhankelijk van het bodemtype, er meer of minder droogtestress zijn. Dit wordt beschreven in de relaties tussen droogtestress en de GLG (Jansen & Runhaar 2001). Droogtestress is het gemiddelde aantal dagen dat een kritieke vochtspanning in de wortelzone wordt onderschreden, uitgaande van een standaard begroeiing. Deze droogtestress is afhankelijk van de neerslag, de bodemtextuur en de grondwaterstand. Door Jansen en Runhaar (2001) zijn op basis van modelberekeningen handvatten geformuleerd die het mogelijk maken de droogtestress te berekenen als functie van de GLG, het bodemtype en de ligging binnen Nederland.

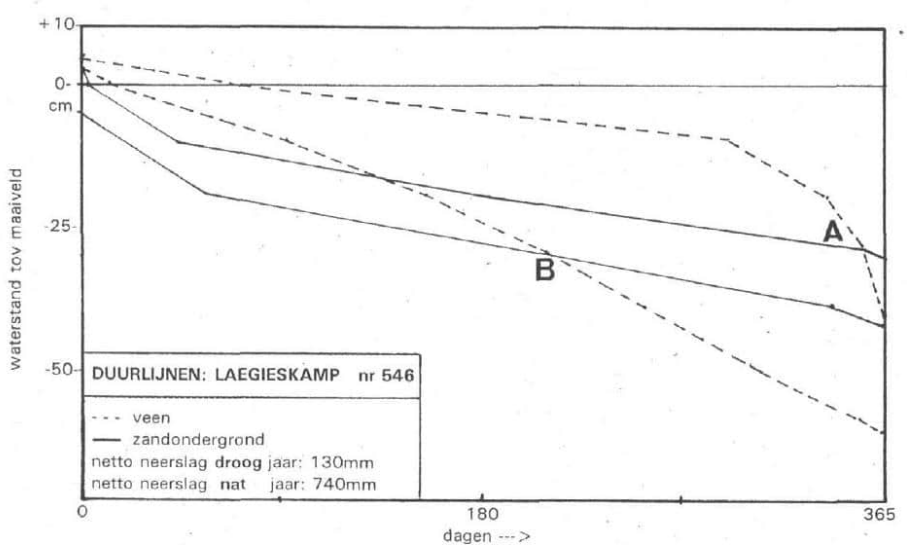


Figuur 1. Relatie GLG en droogtestress voor twee bodemtypen: een grof zand bodem (blauwe lijn) en een zwaklemige, fijn zandige bodem (oranje lijn)

Voor twee bodemtype (grof zand en zwak lemig fijn zand) is de relatie tussen GLG en droogtestress uitgewerkt (zie figuur 1). Uit de figuur blijkt duidelijk het verschil in vocht-leverend vermogen van beide bodems. Bij een bodem bestaande uit zwak lemig fijn zand treedt er pas droogtestress op bij een GLG van 100-125 cm-mv, terwijl in grof zand al bij een GLG van 50 cm-mv droogtestress optreedt.

Duurlijnen op verschillende bodemtypen

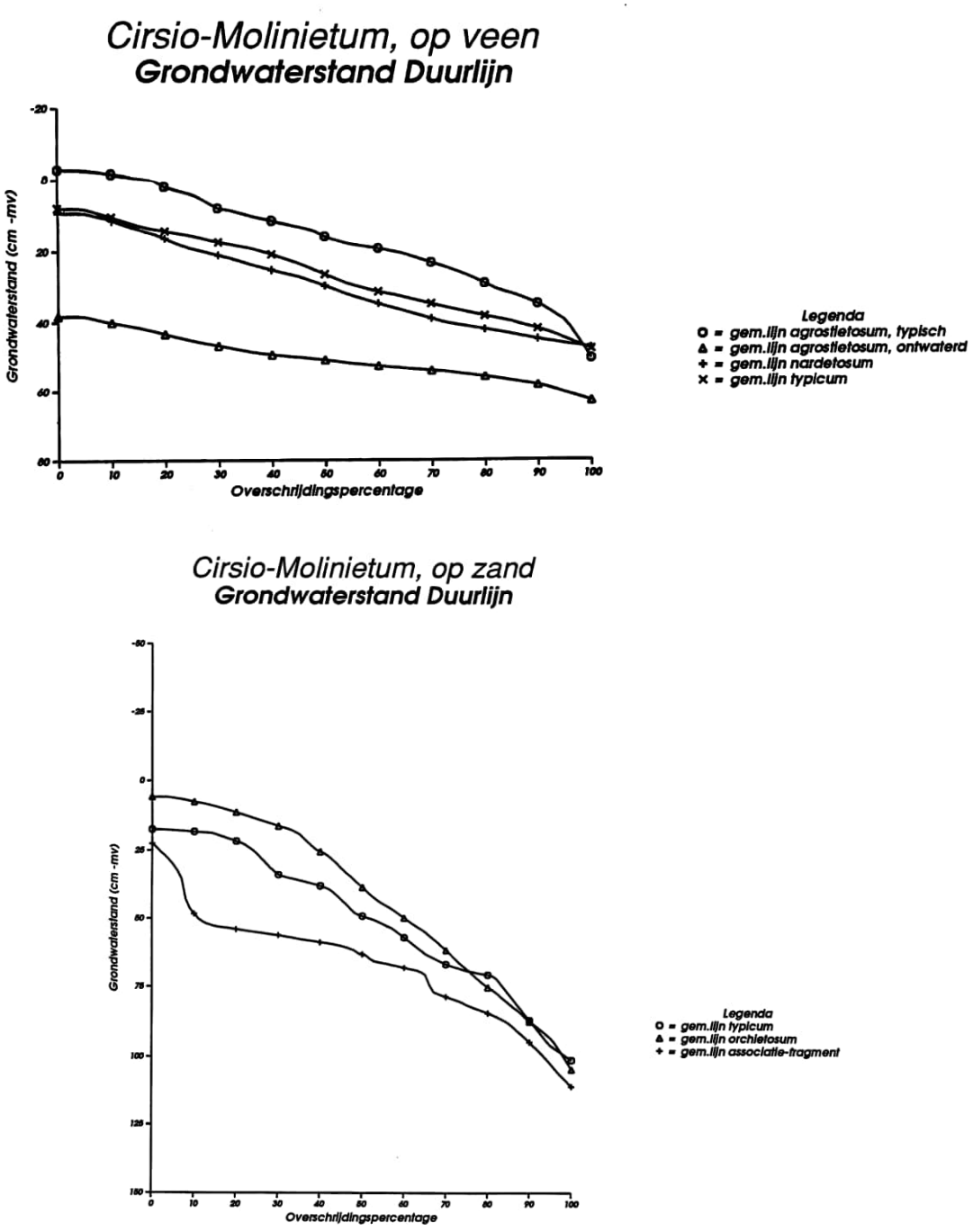
In een onderzoek naar een blauwgrasland in de Vechtstreek werden duidelijk langere verblijftijden van grondwater in de bovenste bodemlaag gemeten in het veen ten opzichte van zand (de Mars 1996) figuur 2a.



Figuur 2a. Duurlijnen van twee peilbuizen op hetzelfde blauwgrasland. Een in het veen en een in het zand. De verschillen als gevolg van bodemtype zijn duidelijk zichtbaar. Uit (de Mars 1996)

Een rechtstreekse vergelijking tussen duurlijnen op zand en veen is ook uitgevoerd door de Haan (de Haan 1992) (figuur 2b). In onderstaande tabellen en figuren uit de rapportage van de Haan blijkt dat voor de typische associatie de grondwaterstanden op zand verder wegzakken en de duurlijnen veel minder vlak lopen (veen 8- 48 -mv min-max; zand 18, 101 -mv. min-max)

Op veen komt de grondwaterstand slechts 50% van het jaar onder de 20cm –mv. op zand komt in 50% van de tijd de grondwaterstand onder 40cm –mv. Het voorkomen van goed ontwikkeld blauwgrasland op veen kan alleen op voldoende vochtige bodems waardoor oxidatie en verzuring van het veen wordt voorkomen. Op zand is de verzuring door afbraak van organische stof nauwelijks een risico maar is de aanvoer van basische kationen wel uiterst belangrijk.



Figuur 2b.Figuren uit de haan 1992

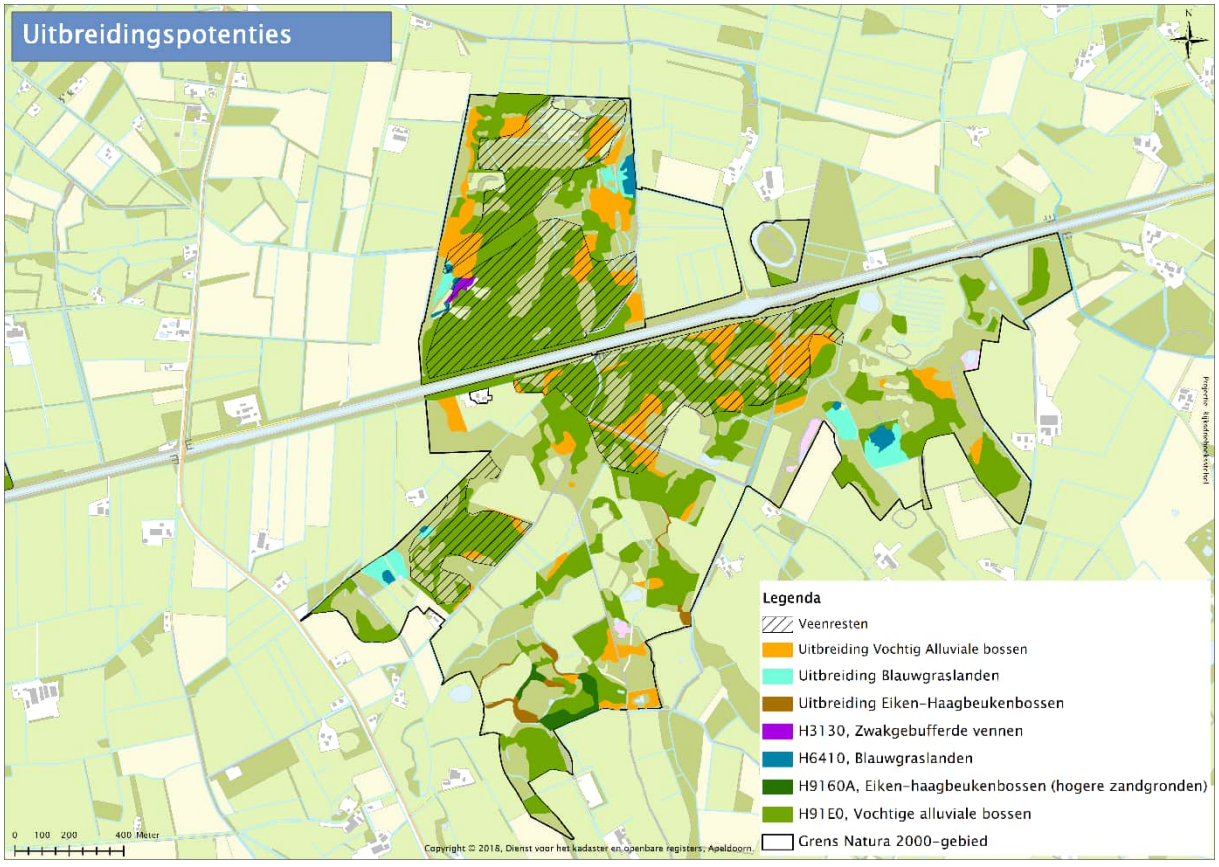
Uit bovenstaande studies blijkt dat de verschillende bodemtypen resulteren in verschillende duurlijnen voor referentievegetaties. Dit is te verklaren door de capillaire opstijging van grondwater. Voor vegetatietypen die op verschillende bodemtypen voorkomen is het dus van belang dit aspect mee te nemen in de beoordeling van grenswaarden voor GXG's en duurlijnen.

Bodem Volther- en Agelerbroek

De basis van het Volther- en Agelerbroek is een oud dekzandafzetting (150-180µM). Hierop is een kleidek afgezet die in de erosiedalen tot 1 meter dik kan zijn. Over het algemeen is het kleidek 40cm. Op de laagste delen, die in het overstromingsbereik van de Dinkel lagen, of enkele geïsoleerde laagten daarbuiten heeft zich veen ontwikkeld. Over het algemeen is dit pakket niet dikker dan 40cm. Door het overstromingskarakter van het gebied is dit veen kleihoudend. Capillaire werking van zowel klei als veen zijn hoog. Bij droogval zijn echter met name de veenpakketten erg gevoelig voor eutrofiering en verzuring (zie ook systeemanalyse voor uitleg hierover). Op basis van de verzurings- en eutrofieringsgevoeligheid moet men strengere eisen stellen aan GLG en GVG voor habitattypen op veen.

Voorkomen habitattypen in relatie tot bodem

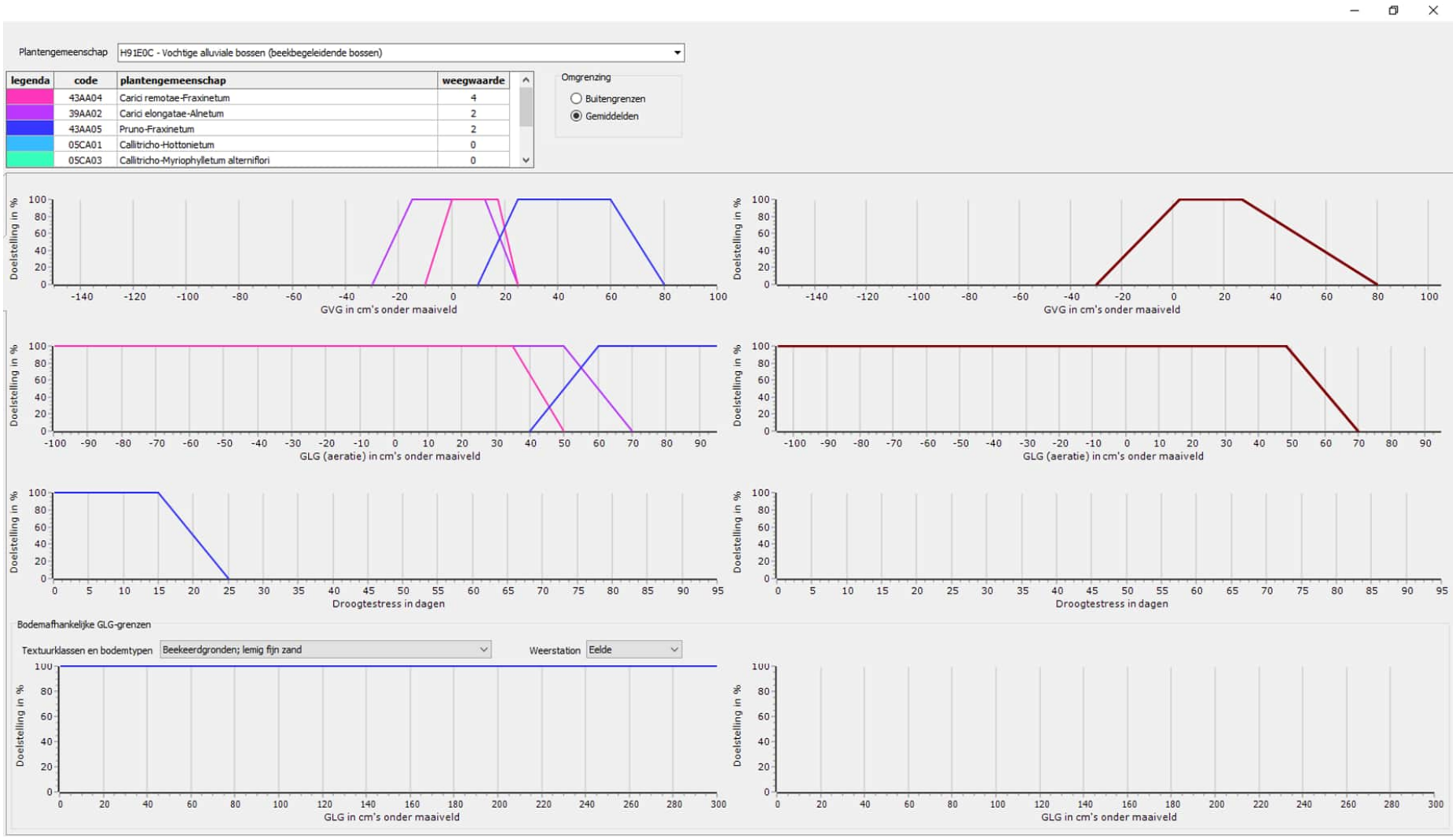
Vochtig alluviale bossen komen voor op moerige veengronden in Agelerbroek en Voltherbroek. Dit type komt ook voor op kleigrond (zie figuur 3), met name in Voltherbroek. Blauwgrasland komt in beide deelgebieden alleen voor op kleihoudende zandgronden, niet op veen.



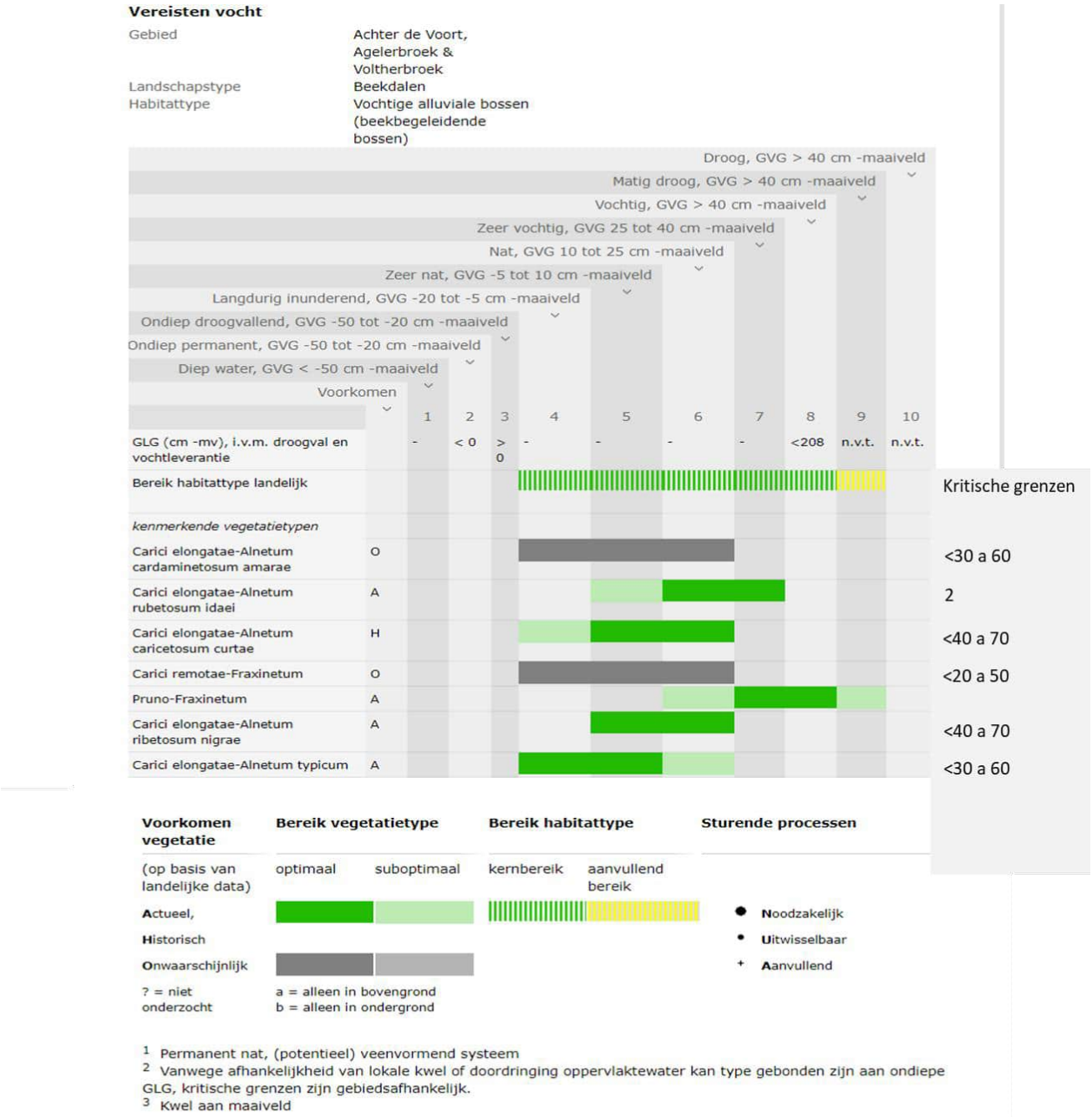
Figuur 3. Voorkomen van actuele- en potentiële habitattypen op minerale bodems en veengronden (arcering).

H91E0_C (Vochtige alluviale bossen -beek begeleidende bossen)

Voor het type Elzenzegge-Elzenbroek; typische subassociatie worden in de systeemanalyse waarden van -15 tot +10 -m.v voor de GVG en waarden van >50 -m.v voor de GLG aangehouden (horizontale deel (100% doelstelling op de y-as) van Elzenzegge Elzenbroek, figuur 4).
Zoals hierboven beschreven kan men verwachten dat GXG waarden verschillen op verschillende bodemtypen. Voor vochtige alluviale bossen zijn de twee bodemtypen veen en kleiige/lemige bodem van belang.
In eerste instantie is gekeken of de applicaties SynBioSys en Waternood onderscheidt maken tussen de verschillende bodemtypen. De applicatie Waternood 3 geeft een GLG grenswaarde voor de potentieel veenvormende vegetaties waar het van belang is dat de grondwaterstand het gehele jaar ondiep is, zodat niet te veel afbraak van organisch materiaal plaatsvindt. Ook SynBioSys geeft dit aan. In beide applicaties is voor de vegetatietypen 43AA04 en 39AA02 alleen een GLG eis opgenomen voor veenbodems, omdat er vanuit wordt gegaan dat deze vegetaties veelal op veenvormende bodem voorkomen.
De literatuur en de handleiding van Waternood 3 geven voldoende aanleiding om te onderbouwen dat de GLG varieert tussen verschillende bodemtypen (Jansen & Runhaar 2001, Runhaar et al., 2009), zie ook figuur 1. In AVAV komen de vegetatietypes voor op veen- en kleibodems. Voor de GLG vereiste van vochtig alluviaal bos op klei/leem in AVAV is daarom gebruikt gemaakt van de bodemafhankelijke relatie tussen droogtestress en GLG die beschreven zijn in Jansen & Runhaar, 2001, zie ook figuur 1.



Figuur 4. GVG en GLG volgens waternood voor vochtig alluviaal bos.



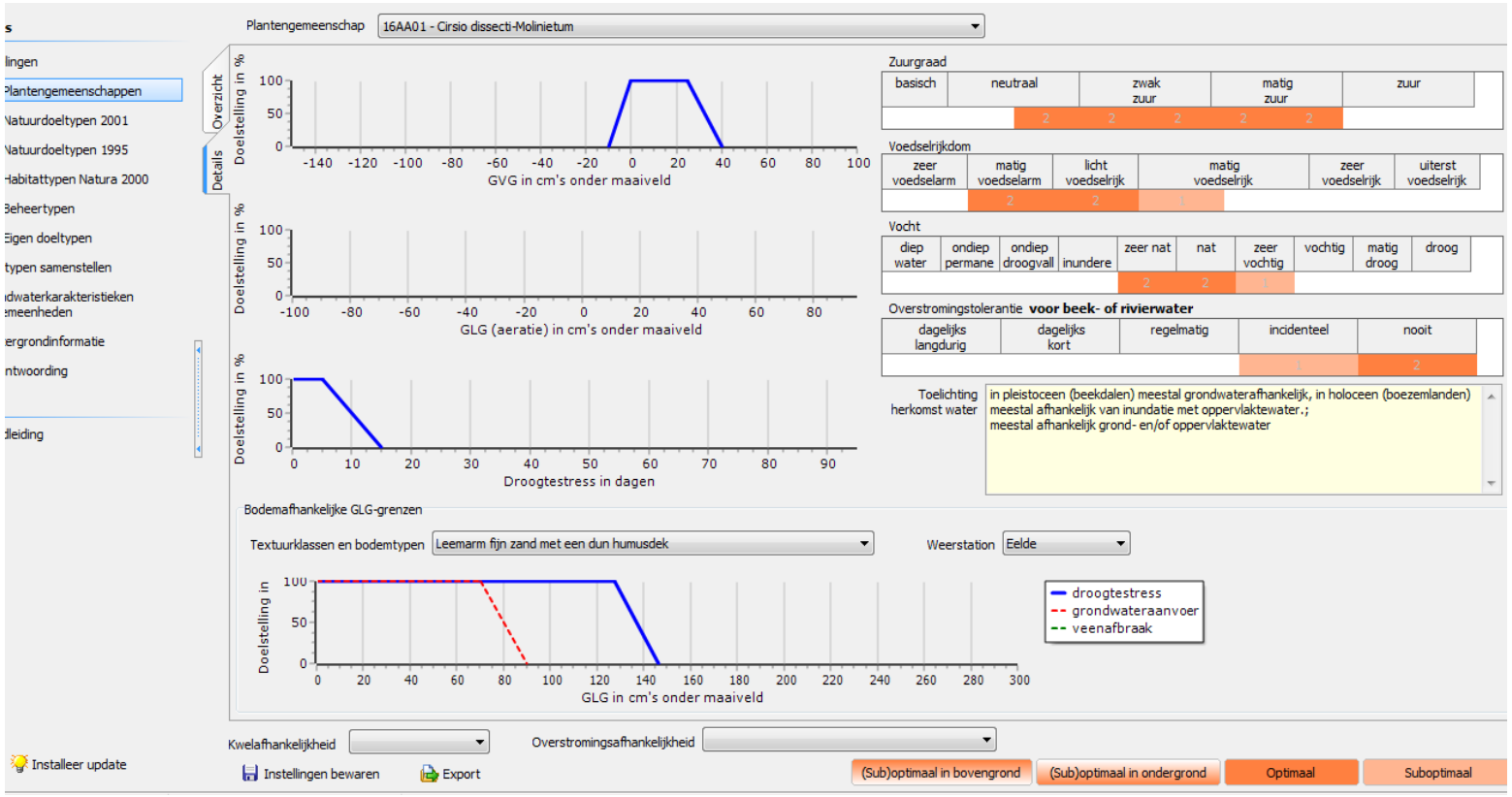
Figuur 5. GVG volgens ecologische vereisten. Bij het aanpassen van het bodemtype verschuiven de grenswaarden niet (niet zichtbaar in figuur).

De ecologische vereisten geven een GVG die optimaal is (voor het *carici elongatae-alnetum caricetosum*) tussen 5cm op maaiveld tot 25 cm onder maaiveld. Waternood geeft -15 tot +15 -m.v. voor de GVG van dit type. Dit (geringe) verschil kan mogelijk verklaard worden door de aanwezigheid van verschillende bodemtypen in de verschillende referentiedatabases. Suboptimaal wordt door Waternood een GVG gegeven van -15 tot -25 cm onder maaiveld. GLG voor optimale condities ligt volgens waternood voor optimale condities <50cm onder maaiveld en voor suboptimale condities tussen 50 en 70 cm onder maaiveld.

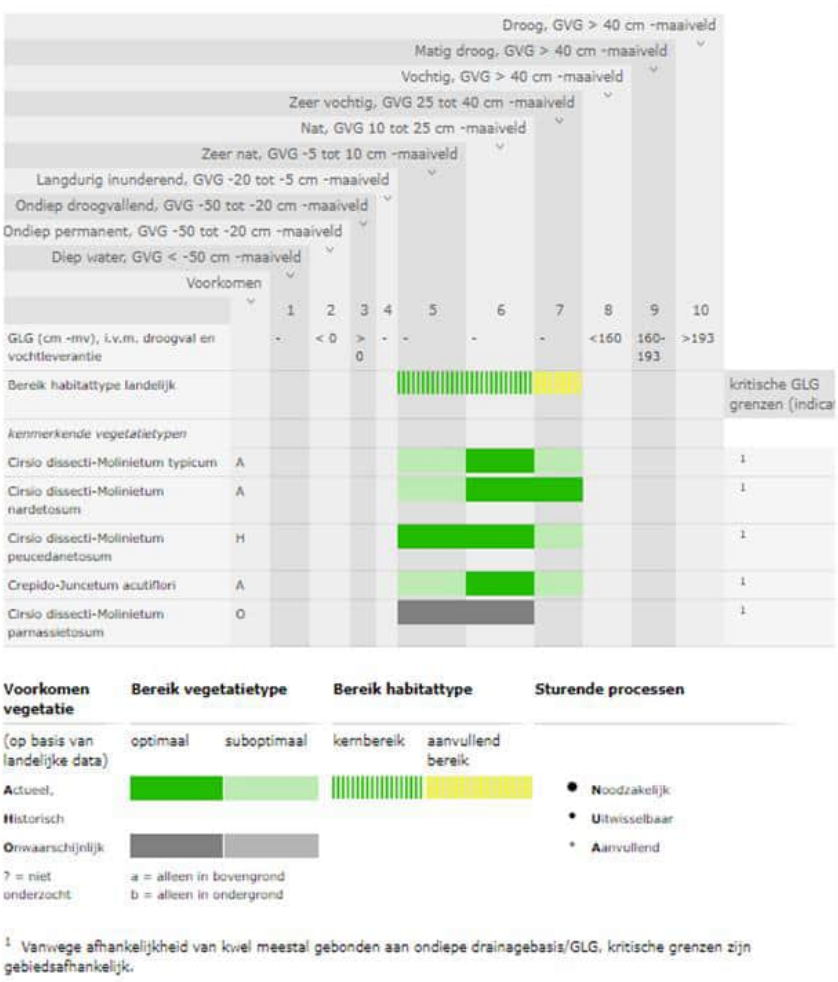
In het provinciaal meetnet verdroging Overijssel (Hommel en de Waal 2013) worden verschillende GLG waarden van goed ontwikkelde elzenbroekbossen op lemig zand en veen gegeven. Voor de bossen op veen (Reutumer Weuste en Lemselermaten) worden GLG waarden van respectievelijk 15, 45 en 60cm -mv gegeven. De hoge waterstanden leiden in de Reutemer Weuste tot de zeer kenmerkende wortel-eilandenstructuur waarom diverse vegetatiekundige micro gradiënten te vinden zijn. Voor de vochtig alluviale bossen in de Lemselermaten op lemige gronden met moerige toplaag wordt een GLG van 80cm -mv gegeven (locatie LEM19 in Hommel en de Waal 2013). Deze GLG is de grens tussen de moerige laag en de Crg horizont (het moedermateriaal met gereduceerde kenmerken (r) maar ook met gley (g)). De werkelijke GLG ligt daar nog onder en is volgens deze referentie 115 -m.v.
Gezien de gevoeligheid van veenbodems voor verdroging met als gevolg verzuring en eutrofiering is het logisch dat voor de veenbodems de GLG en GVG grenzen, zoals eerder gerapporteerd, worden gehanteerd (-15 tot 15 -m.v voor de GVG en waarden van <50 -m.v voor de GLG (optimale condities), zie systeemanalyse).
Op de veen- en moerige bodems van Volther en Agelerbroek bevinden zich echter ook goed ontwikkelde vochtige alluviale bossen op locaties waar peilbuisdata een GLG van 80 cm -mv geeft. Slecht ontwikkelde vegetaties van het habitattype vochtige alluviale bossen op veen komen voor bij peilbuizen met een GLG van 120-180cm -mv (zie systeemanalyse). Het voorkomen van de goed ontwikkelde vochtige alluviale bossen op veen bij een lagere GLG dan de in de literatuur gesuggereerde 50cm -mv is waarschijnlijk te wijten aan het feit dat de moerige en venige bodems in het Volther- en Agelerbroek door historische inundaties leemrijk zijn. De hogere leemgehalten dragen bij aan een zekere mate van capillaire werking waardoor een goede ontwikkeling van de vegetatie mogelijk is. Aangezien goed ontwikkelde vegetatie op veen voorkomen bij lagere GLG waarden dan 50cm -mv is besloten dat de maatregelen primair getoetst worden op de aanwezigheid/bevordering van de kwel en de duur van grondwater in de wortelzone in het voorjaar. Pas in een tweede instantie wordt ook GLG als criterium meegenomen.
Op de klei en lemige bodems is er minder risico op eutrofiering maar wel op verzuring. Vochtig alluviaal bos op een goede vochtleverende bodem zoals deze op lemige en kleiige bodems in AVAV voorkomen, heeft pas droogtestress vanaf een GLG van 100-125 cm-mv (zie figuur 1), hetgeen goed correspondeert met de GLG van goed ontwikkelde vochtige alluviale bossen in de Lemselermaten (Cg waarden van 115 -mv) (Hommel & de Waal 2013). Op de lemige bodems van AVAV kunnen daarom mogelijk lagere GLG waarden worden gehanteerd.
Gecombineerd met de kennis dat droogtestress in deze bodems optreed bij een GLG vanaf 100-125 cm en de vochtig alluviale bossen 15 dagen droogtestress aankunnen (Waternood) wordt een GLG van 100-m.v. aangehouden voor leem (optimaal) en <125cm -m.v. voor suboptimaal. De GVG is in deze locatie vergelijkbaar met die van veenbodems en ligt op 17cm -m.v.

H6410 (Blauwgrasland)

Voor blauwgrasland worden voor het Volther- en Agelerbroek waarden van -25 tot maaiveld voor de GVG en 71 tot 50 -m.v. voor de GLG gerapporteerd in de systeemanalyse (zie ook figuur 6). Dit is conform respectievelijk Waternood en SynBioSys. De waarden die door de ecologische vereisten (figuur 7) worden gehanteerd wijken iets af en mogelijk heeft dit te maken met de achterliggende referentiedatabase. De waarde van 71 cm correspondeert ook ongeveer met de waarde van blauwgrasland in de Lemselermaten (60cm -m.v.) (Hommel & de Waal 2013).
Blauwgraslanden komen in AVAV alleen voor op klei en leem en niet op veen. Overigens wordt wel uitbreiding naar veenrijke / moerige bodem aangegeven in de systeemanalyse (van den Berg et al., 2017).
Waternood geeft aan dat bij het blauwgrasland aanvullende GLG-eisen gesteld zijn op basis van het feit dat het type op de betreffende bodemeenheid vaak of meestal afhankelijk is van buffering door aanvoer van basenrijk grondwater. Dit is alleen mogelijk bij relatief ondiepe grondwaterstanden. Deze indicatieve grens is in figuur 6 rood gestippeld aangegeven. De kritische GLG waarbij nog aanvoer van gebufferd water tot in maaiveld kan optreden is van gebied tot gebied verschillend. In de meeste gebieden komen grondwaterafhankelijke vegetaties op zandgrond voor bij GLG-waarden van minder dan 90 cm onder maaiveld, maar onder specifieke omstandigheden kan ook grondwateraanvoer optreden bij diepere standen (bv. bij zogenaamde 'opperssystemen' in reliefrijke dekzandgebieden). Voor de afleiding van de hier gebruikte grenzen wordt verwezen naar Runhaar (2010) en Runhaar et al. (2011). Belangrijk is om te realiseren dat de GLG-grenzen waarbij nog voldoende aanvoer van grondwater kan plaatsvinden om de standplaats te bufferen veel ondieper ligt dan de GLG-grens die kritisch is voor de vochtvoorziening. De gehanteerde GLG van 71 cm -m.v. is daarmee conform deze eis.
De gerapporteerde GLG en GVG waarden uit Waternood zijn waarden die overeenkomen met de waarden voor lemige grond en de ecologische vereisten geven ook hier geen handvatten voor nuancering van de GXG's op basis van bodemtype (maar zie duurlijnen). Volgens de ecologische vereisten zijn GVG en GLG waarden voor venige grond hoger (natter) maar aangezien deze niet in AVAV voorkomen worden ze hier buiten beschouwing gelaten.
Blauwgraslanden kunnen maximaal 5 dagen droogtestress hebben in een optimale omstandigheid. Voor suboptimale condities geldt een droogtestressperiode van 5-15 dagen (Waternood).



Figuur 6. GLG en GVG volgens waternood voor blauwgrasland



Figuur 7. GVG en GLG volgens Ecologische vereisten (SynBioSys) voor blauwgrasland

In bodems met een fijne leemfractie of leemrijke/kleirijke bodems zal er meer capillaire opstijging van (grond)water plaatsvinden (zie figuur 1). Aanrijking van basen is echter cruciaal voor dit habitattype en sturing op kwel en goede duurlijnen is derhalve van belang. Droogtestress wordt gegeven als optimaal (voor blauwgraslanden) van 0-5 dagen. Voor suboptimale condities is dat 5-15 dagen. Gezien de capillaire opstijging van water in lemige/kleirijke bodems zijn deze perioden mogelijk langer in leemrijke bodems. Suboptimale GXG's worden dan geschat op basis van de range van voorkomen van dit habitattype (Synbiosys, Wamelink getallen). Hieruit blijkt dat GLG een range heeft van 35-90cm -mv. Suboptimale condities voor dit habitattype (GLG) worden derhalve gedefinieerd als een GLG tussen 71-90cm -mv. Voor GVG geldt een range voor suboptimaal van 25-40 -mv.

Grondwaterkwaliteit

Vochtig alluviale bossen in beekdalen zijn afhankelijk van kwel en de best ontwikkelde delen in AVAV kenmerken zich door buffering en hoge pH hetgeen indiceert dat er aanrijking van buffering door kwel is (hoge CEC en hoge basenverzadiging van >80%, (Loeb & A.J.P 2011). Op verdroogde delen worden lage pH waarden (3,7 bijvoorbeeld) gemeten (Loeb & A.J.P 2011), dit is het gevolg van (langdurig) te weinig invloed van grondwater waardoor een gebrek aan buffering en een verhoogde mineralisatie optreedt zoals beschreven in de systeemanalyse.
De aanvoer van nitraatrijk grondwater kan, zie ook systeemanalyse) slecht zijn voor de ontwikkeling van vochtig alluviale bossen. Monitoring van grondwaterchemie is nodig om dit proces te beoordelen: verhoogde sulfaat en nitraatgehalten in het grondwater indiceren verrijking vanuit de landbouw. In geval van verrijking zal een aangepast bemestingsregime moeten worden ingesteld (zoals beschreven in het maatregelenpakket).
Aanvoer van oppervlaktewater met te hoge gehalten ammonium, sulfaat en alkaliniteit kan verruiging van de alluviale bossen veroorzaken. Dit is schadelijk voor het habitattype. Om deze reden (bij de huidige kwaliteit van het water van Tilligterbeek, Peijinksbeek en Roelinksbeek) kan er geen inundatie van dit water in de bossen plaatsvinden.

Blauwgraslanden zijn afhankelijk van kwel. De optimale zuurgraad voor blauwgraslanden ligt tussen pH 5,0 en 6,5. De basenverzadiging en CEC is dan doorgaans hoog (vanwege de aanrijking van basen) en ligt boven de 60% (Runhaar et al 2001).
De blauwgraslanden in het Ageler- en Voltherbroek kenmerken zich doorgaans door een relatief lage CEC (37%), De $pH_{(H2O)}$ is zwak-zuur (4,9 in de bovenste 10 cm van monsterpunt 2 tot 5,3 in de leemlaag bij monsterpunt 3 op 10-20 cm diepte (Loeb & A.J.P 2011)). De basenverzadiging in de zandlaag is laag (17- 24 op monsterpunt 2 en 33 % op monsterpunt 3). Alleen in de schraallanden in het noordoosten van het Agelerbroek is de basenverzadiging nog relatief hoog (>70%) hetgeen wenselijk is voor blauwgraslandontwikkeling (Loeb & A.J.P 2011). De overige blauwgraslanden hebben duidelijk een te lage pH en/of basenverzadiging (of te kort aan totaal gehalte calcium).
Voor de instandhouding van de blauwgraslanden en de uitbreiding van areaal en kwaliteit van dit habitattype is het essentieel dat de kwel in deze gebieden wordt bevordert zodat de pH en hoeveelheid basische kationen kan toenemen. Aanrijking met basische kationen zoals calcium, magnesium en kalium is afhankelijk van de kwelflux, die hier door opbolling in de dekzandrug en overstroming van het beekdal in de kwelhelling versterkt kan worden. Gezien de slechte waterkwaliteit van beekwater (te hoog gehalte fosfor, zwavel en ammonium) is inundatie van de broekbossen met beekwater niet bevorderlijk.

Duurlijnen

Vochtig alluviale bossen

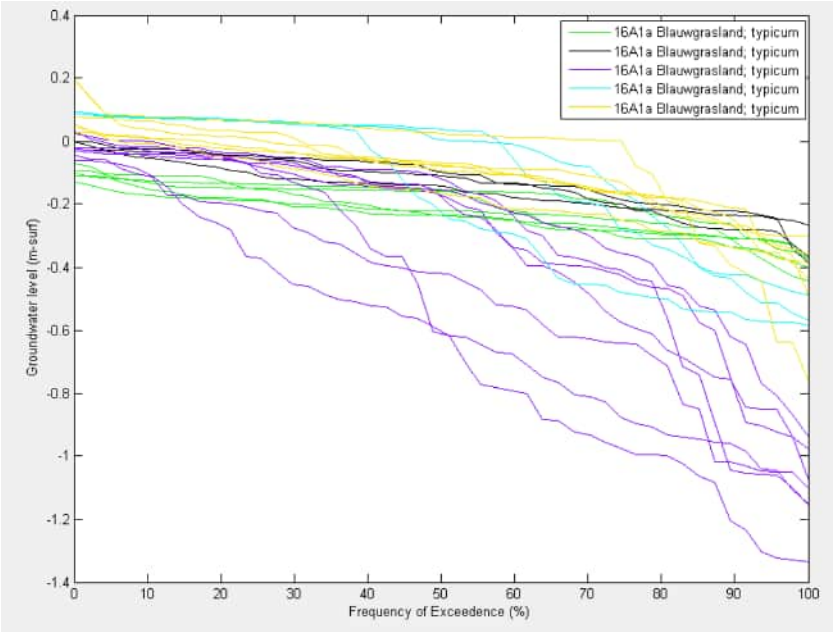
Voor vochtig alluviale bossen zijn geen referentieduurlijnen gevonden in de literatuur. De droogtestress wordt wel gegeven (< 15 dagen, optimale omstandigheden, Waternood) waaruit blijkt dat dit habitattype langdurig onder water kan staan tot ver in het voorjaar. Een vergelijking tussen goed en slecht ontwikkeld vochtig alluviaal bos geeft een beter inzicht optimale duurlijnen voor dit habitattype in AVAV. Bijlage 2 toont duurlijnen van de huidige situatie (rode lijnen) voor goed ontwikkelde vochtige alluviale bossen (locaties 7,9 en 11) en slecht ontwikkelde bossen (locaties 3, 12, 18, 20). Uit de vergelijking van deze klassen blijkt dat de duur van (grond)water in de bovenste laag van de bodem (50cm) bij goed ontwikkelde bossen tenminste 50% van het jaar is (zie tabel 1) en dat deze bij slecht ontwikkelde bossen maximaal 40% van het jaar is. De goed ontwikkelde bossen hebben daarmee duidelijk een andere (meer sigmoïde) bolling in de duurlijnen en vertonen een duidelijk langere invloed van water in de wortelzone.

Tabel 1 vergelijking tussen duurlijnen tussen goed en slecht ontwikkeld Vochtig alluviaal bos. De waarden geven het percentage van het jaar (duur in %) dat het (grond)water in de bovenste 50 cm van de bodem aanwezig is.

Slecht ontwikkeld Vochtig alluviaal bos		**Redelijk tot goed ontwikkeld Vochtig alluviaal bos**	
locatie	Duur van (grond)water in bovenste 50 cm van bodem (%)	**locatie**	Duur van (grond)water in bovenste 50 cm van bodem (%)
3	30	**7**	65
12	10	**9**	55
18	40	**11**	50
20	10		

Blauwgraslanden

De duur van aanwezigheid van grondwater in de wortelzone is voor de aanrijking van basen in het blauwgrasland van belang. Dit kan worden gevisualiseerd met duurlijnen. Voor Blauwgrasland zijn referentieduurlijnen opgesteld. Voor de typische sub-associatie worden referentieduurlijnen in figuur 8 weergegeven. De hier gepresenteerde referentieduurlijnen (gebied Punthuizen) zijn afkomstig van een lokaal kwelsysteem. Van Punthuizen is bekend dat in de winter kortdurend hele hoge fluxen met hoge basengehalten optreden die zorgen voor 100% invloed van grondwater in wortelzone in normale en natte jaren en daarmee een optimale basenverzadiging. Voltherbroek en Punthuizen zijn redelijk vergelijkbaar wat betreft de werking van deze kwelhelling. De situatie in Agelerbroek is (met ook invloed van diepere kwel op de kwelhelling) meer vergelijkbaar met het gebied Lemselermaten. Deze gepubliceerde duurlijnen van blauwgrasland in Punthuizen (Proefschrift A. Jansen 2000) zijn in lijn met de eerder getoonde duurlijnen op zand en veen in figuur 2a en b.



Figuur 8. Referentie duurlijnen typische sub-associatie blauwgrasland op zand

Uit de referentieduurlijnen van blauwgrasland kan *in het algemeen* worden afgeleid dat 30% van het jaar water tot in de wortelzone reikt (0-30cm -mv).
De grenswaarden voor GLG en GVG liggen, volgens bovenstaande onderzoeken, voor blauwgrasland op veengrond hoger dan op zandgrond. De gerapporteerde grenswaarde van 71 tot 50 -m.v. voor de GLG lijkt ook in het onderzoek van de Haan een GLG voor zand/lemige grond (volgens de stelregel van 12,5 % van de laagste waarde in de duurlijn is ongeveer GLG).

GLG en GVG voor ecologische toetsing

De gemiddelde laagste grondwaterstand (vaak de nazomerstand) zakt in het gehele gebied AVAV diep onderuit. Ondanks de diep wegzakkende grondwaterstanden zijn er toch delen van het natuurgebied waar de habitattypen redelijk tot goed ontwikkeld zijn. Dit geldt met name voor de vochtige alluviale bossen. Deze goede ontwikkeling bij een lage grondwaterstand is zeer waarschijnlijk te verklaren door de capillaire opstijging van grondwater in de leem- en kleihoudende bodems. Om een beter inzicht te krijgen in deze ontwikkeling bij lage grondwaterstanden zijn redelijk goed ontwikkelde vochtig alluviaal bossen (H91E0_C) en de matig ontwikkelde blauwgraslanden (H6410) geanalyseerd op GLG en GVG. Voor deze analyse zijn locaties van peilbuizen in goed en redelijk goed ontwikkeld habitat geselecteerd (zie bijlage 1 voor de selectie). Voor blauwgraslanden bestaan geen goed ontwikkelde delen. Uit de verschillende locaties (Tabel 2) blijkt dat de blauwgraslanden voorkomen bij een GLG van 119 cm -mv tot 43 cm -mv. De grondwaterstanden zakken dus in dit habitattype in delen van AVAV dieper weg dan de 71 cm die wordt voorgeschreven als ecologische eis. Op de locaties waar dit gebeurt is de GVG op orde (11 en 15 cm -mv) en is er sprake van kwel (zie kaart bijlage 1 en bijlage 7.4 rapportage Huidige situatie Natura 2000-gebied Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek, RHDHV 2017).
Vochtige alluviale bossen met een goede ondergroei komen voor bij een diepste GLG en GVG van respectievelijk 135 cm -mv en 60cm -mv. Op deze locaties is er in de huidige

situatie sprake van kwel en in de peilbuizen B28F0374 en B29A0186 ook een venige ondergrond. De aanwezigheid van een venige/lemige grond zorgt hier voor capillair opstijging van het grondwater en de kwel in de winter en voorjaar zorgen voor jaarlijkse aanvulling van zuur-bufferende kationen.
Voor zowel blauwgraslanden als vochtige alluviale bossen komen redelijk tot goed ontwikkelde habitattypen voor bij diep wegzakkende grondwaterstanden. In deze situaties lijkt de aanwezigheid van kwel een voorwaarde voor het bestaan van de habitattypen. De GVG is in deze gebieden vaak op orde hetgeen resulteert in een langere periode van grondwater in de wortelzone en daarmee een gunstigere duurlijn. Omdat de aanrijking van de bovenste laag van de bodem met gebufferd (grond)water (daarmee het tegengaan van verzuring) van groot belang is voor de habitattypen H91E0_C en H6410 wordt GLG in de ecologische toets van minder belang geacht dan de aanwezigheid van kwel en een gunstige duurlijn waaruit blijkt dat er voor een langere periode (ongeveer 30% van het jaar) aanrijking van buffering in de wortelzone is.

Tabel 2 GLG en GVG voor geselecteerde locaties (zie bijlage 1 voor selectie)

Peilbuizen blauwgrasland (matig tot goed ontwikkeld):		**MV**	**Filter**	**GVG NAP**	**GLG NAP**	**GVG mv**	**GLG mv**	**Opmerkingen**
B28F0384_1	(west Agelerbroek)	20,18	19,78	20,06	19,75	0,12	0,43	
B28F0384_2	(west Agelerbroek)	20,18	19,88	20,07	19,40	0,11	0,78	
B28F0384_3	(west Agelerbroek)	20,18	18,63	20,07	19,17	0,11	1,01	
B28F0367_1	(west Agelerbroek)	20,02	18,85	20,00	19,14	0,02	0,88	
B28F0367_2	(west Agelerbroek)	20,02	16,24	20,01	19,18	0,01	0,84	
locatie 16	(oost Voltherbroek)	21,02		20,87	19,83	0,15	1,19	geen peilbuisdata, berekend via hydr. Model
Peilbuizen vochtig alluviaal bos (goed ontwikkeld):								
B28F0390_1	(zuid Agelerbroek)	19,85	19,58	19,92	19,66	-0,07	0,19	
B28F0390_2	(zuid Agelerbroek)	19,85	19,08	19,92	19,47	-0,07	0,38	
B28F0391_1	(zuid Agelerbroek)	19,83	19,58					Te weinig data
B28F0391_2	(zuid Agelerbroek)	19,83	19,18					Te weinig data
B29A0186_1	(centraal Voltherbroek)	20,7	18,77	20,43	19,44	0,27	1,26	
B29A0186_2	(centraal Voltherbroek)	20,7	20,5	20,68	20,2	0,02	0,50	
B29A0186_3	(centraal Voltherbroek)	20,7	19,9	20,71	19,73	-0,01	0,97	
B28F0372_1	(zuidelijk Voltherbroek)	21,56	20,15	21,19	20,39	0,37	1,17	
B28F0372_2	(zuidelijk Voltherbroek)	21,56	20,3	21,23	20,32	0,33	1,24	
B28F0374_1	(centraal Voltherbroek)	20,34	18,91	19,74	18,99	0,60	1,35	
B28F0374_2	(centraal Voltherbroek)	20,34	20,2	20,37	19,96	-0,03	0,38	
B28F0374_3	(centraal Voltherbroek)	20,34	19,43	20,35	19,74	-0,01	0,60	

Samenvatting

In deze notitie worden de belangrijkste sturende factoren voor grondwaterkwantiteit en -kwaliteit voor het N2000 gebied Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek (AVAV) toegelicht. De vochtig alluviale bossen liggen in de beekdalen, waarbij de best ontwikkelde Elzenzegge-elzenbroeken op de lagere delen liggen en op de flank van de beekdalen - zeg maar de hellingen: Vogelkers-Essenbos (ook vochtig alluviaal bos) en Blauwgrasland. Blauwgrasland komt hier in twee varianten voor namelijk als Blauwgrasland en Veldrusschraalland. De sturende factoren voor grondwaterkwantiteit en -kwaliteit zijn kwelfluxen, duurlijnen, GVG en GLG. Deze parameters worden voor het Elzenzegge-Elzenbroek en Blauwgrasland nader beschouwd. Hierbij wordt rekening gehouden met de twee, dominant voorkomende bodemtypen in AVAV: veen en leem.
Dit heeft geresulteerd in een matrix van criteria waarop de toestand van de habitattypen beoordeeld kan worden. Hieronder worden de belangrijkste factoren (in volgorde van belangrijkheid) samengevat. In onderstaande tabel worden de criteria gegeven en de mate waarin deze voor optimale, suboptimale of slechte condities zorgen.

Blauwgrasland

1. zijn afhankelijk van kwel en aanrijking met bufferende kationen. Kwel moet aanwezig zijn.
2. Vanuit de duurlijn-referenties van zandgronden (blauwgraslanden) kunnen we afleiden dat de duur van water in de wortelzone ongeveer 30 % van het jaar binnen de 0 en 30 cm -mv moet staan (referentie de Haan 1992 en Jansen 2000).
3. GVG hangt direct samen met kwel en duur van aanrijking met basische kationen (grondwater).
4. GLG is van belang voor het habitattype, maar ondergeschikt aan 1t/m 3.

- komen allen voor op klei en leembodems in AVAV
- zijn zeer gevoelig voor verzuring als gevolg van verdroging, de invloed van regenwater en stikstofvermesting.
-

Vochtig alluviaal bos

1. Kwel is van belang voor het elzenzegge-elzenbroek en toename van kwel resulteert in een hogere kwaliteit van het habitattype. Vanwege het historische overstromingskarakter van de bossen zal niet overal kwel realiseerbaar of geweest zijn en zal een kwelflux van 0 of lager ook voldoen mits de GVG en duur van grondwater in wortelzone optimaal zijn.
2. GVG hangt direct samen met kwel en duur van aanrijking met basische kationen (grondwater).
3. GLG is van belang voor habitattype, maar ondergeschikt aan 1 en 2. Voor vochtig alluviaal bos op veen is GLG zeer belangrijk om veenverdroging en mineralisatie te voorkomen maar omdat goed ontwikkelde vochtige alluviale bossen voorkomen bij een lage GLG in het Volther- en Agelerbroek (80cm -mv) wordt dit niet als een primair criterium beschouwd.

4. Droogtestress: voor optimale condities <15 dagen droogtestress (Waternood). Droogtestress begint bij een GLG van 100-125cm -m.v. op leemrijke bodem. Op veen moet worden gestuurd op GLG van 50cm om uitdroging van veen te voorkomen.
- Komen voor op klei en veenrijke bodems in AVAV

Toetsing

Voor de toetsing van de verschillende maatregelen in de scenario's worden onderstaande criteria (tabel 3) met volgorde van prioritering gebruikt. De toetsing maakt onderscheidt in drie klassen: optimaal, suboptimaal en onvoldoende. Voor kwel is gekeken naar de toe- of afname van kwel tussen verschillende scenarioberekeningen.
Duurlijnen zijn alleen gebruikt op puntlocaties waar peilbuisdata voor beschikbaar is. Op deze locaties zijn de vormen van duurlijnen met de betreffende habitat referentieduurlijnen vergeleken. Het voldoen van een duurlijn betekend in dit geval dan het delen van een overeenkomstige vorm. Uit de vorm blijkt of het (grond)water gedurende lange periode van het jaar in de wortelzone aanwezig is of dat de waterstanden snel uitzakken en er slechts gedurende een korte periode van het jaar water in de wortelzone is. Bolle duurlijnvormen (sigmoïde vorm) worden geprefereerd boven holle (convexe) duurlijnvormen vanwege de langdurige aanrijking van water in de wortelzone en het minder snel uitzakken. Voor blauwgraslanden is naast vorm ook gekeken of de duurlijnen aangeven dat de duur van water in de wortelzone tussen 30 % van het jaar binnen de 0 en 30 cm -mv staat (optimaal).

Tabel 3 criteria voor beoordeling van habitattypen AVAV

Prioritering		Optimaal	suboptimaal	Onvoldoende
	H6410 (Bauwgrasland)			
3	GVG (cm -mv)	0-25	25-40	>40
4	GLG (cm -mv)	<71	71-90	>90
1	Kwel	aanwezig	-	afwezig
4	Droogtestress (dagen)**	<5	5-15	>15
2	Duurlijnen*	Volgens referentielijnen: meer dan 30% vh jaar <30cm-mv	Minder dan 30% vh jaar <30cm -mv	Minder dan 30% vh jaar <30cm -mv
	H91E0_C (Vochtige alluviale bossen -beek begeleidende bossen) - klei/leem			
2	GVG (cm -mv)	-15 tot 15	15-25	>25
3	GLG (cm -mv)	<100	100-125	>125
1	Kwel	aanwezig	-	afwezig
4	Duurlijnen	Geen referentie	Geen referentie	Geen referentie
4	Droogtestress (dagen)**	<15	15-25	>25
	H91E0_C (Vochtige alluviale bossen -beek begeleidende bossen) - veen			
2	GVG (cm -mv)	-15 tot 15	15-25	>25

3	GLG (cm -mv)	<50	50-80	>80
1	Kwel	aanwezig	-	afwezig
4	Duurlijnen	Geen referentie	Geen referentie	Geen referentie
4	Droogtestress (dagen)**	<15	15-25	>25

*Duurlijnen van blauwgraslanden zijn getoetst met het criteria dat langer dan 30% van het jaar de grondwaterstand binnen 30cm onder maaiveld staat waardoor een duurlijn wordt verkregen die lijkt op de referentieduurlijnen.

**Droogtestress is in de GIS analyse niet getoetst omdat deze parameter volgend is op de GVG en GLG.

Het resultaat van de toetsing wordt in kaarten weergegeven voor de kwalificerende habitattypen (met het oog op behoud en verbetering van bestaand habitat) én habitat waar potentiele uitbreiding volgens de systeemanalyse bereikbaar is (met het oog op uitbreiding van het habitattype). De kaarten geven in zogenaamde stoplichtcodering weer hoe de verschillende scenario's scoren op de ecologische criteria (tabel 4).

Tabel 4 Toetsing ecologische waarden

optimaal	suboptimaal	onvoldoende

Referenties (bij bijlage 5)

Beije, H.M., P.W.F.M. Hommel, R.W. de Waal & N.A.C. Smits, 2012. Herstelstrategie h91e0c: Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen). Wageningen. 871-888

Beije, H.M., A.J.M. Jansen, Q.L. Slings & N.A.C. Smits, 2012. Herstelstrategie h6410: Blauwgraslanden. Wageningen. 561-582

Boleij, J., 2017. Natura2000 dinkelland. Oppervlaktewatersysteem achter de voort, agelerbroek en voltherbroek. Arcadis. 's Hertogenbosch. 44

Boleij, J., 2018. Ontwerp oppervlaktewatersysteem rond n2000 avav. Arcadis. 19

Buijs, E., 2011. Onderzoek bodemopbouw achter de voort. Buijs Hydro-Ecologisch Onderzoek en Advies. Heeten.

de Haan, M.W.A., 1992. De karakteristieken van duurlijnen van enige grondwaterafhankelijke vegetatietypen : Het junco-molinion, violion caninae, calluno-genistion pilosae, caricion curto-nigrae en caricion lasiocarpae. Nieuwegein, KIWA, Onderzoek en Advies.

de Mars, H., 1996. Herstel van een afgeschreven blauwgrasland in de vechtstreek?

Hommel, P. & R. de Waal, 2013. Provinciaal meetnet verdroging overijssel; beschrijving en beoordeling van 56 meetpunten. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre). Wageningen. 186

Jansen, P.C., 1981. Verwerking, interpretatie en toepassingsmogelijkheden van grondwaterstandsgegevens met behulp van overschrijdingsduurlijnen. ICW Wageningen.

Jansen, P.C. & J. Runhaar, 2001. Droogtestress als functie van grondwaterstand en bodemtype. Alterra. Wageningen.

Loeb, R. & S. A.J.P, 2011. Quick-scan bodemchemie voltherbroek, agelerbroek en achter de voort Onderzoekcentrum B-WARE. Nijmegen. 81

Lucassen, E.C.H.E., R. Bobbink, A.J.P. Smolders, P.J.M. van der Ven, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs, 2003. Interactive effects of low ph and high ammonium levels responsible for the decline of cirsium dissectum (l.) hill. Plant-EcologyMar 165: 45-52.

Lucassen, E.C.H.E.T. & J.G.M. Roelofs, 2016. Uitwerking onderzoeksvragen gerelateerd aan bodemonderzoek, grondwaterkwaliteit en inschatting interne eutrofiëring. Onderzoekcentrum B-WARE. Nijmegen. 164

Oling, A.J., A.P. van den Berg, R.N.P. Neefjes, C.J.S. Aggenbach, R. van Dongen, M. Spek, H. Smeenge & A. Moning, 2015. Gebiedsanalyse achter de voort, agelerbroek & voltherbroek. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). 105

PASbureau, 2017. Gebiedsanalyse achter de voort, agelerbroek & voltherbroek programmatische aanpak stikstof (pas) BIJ12 PAS bureau. Utrecht. 100

Roelofs, J., 2019. De rol van sulfaat bij vermesting van alluviale bossen, blauwgraslanden, stagnante oppervlakte-wateren en zeer zwak-gebufferde vennen. Onderzoekcentrum B-WARE. Nijmegen. 8

Runhaar, H., M.H. Jalink, H. Hunneman, J.P.M. Witte & S.M. Hennekens, 2009. Ecologische vereisten habitattypen. 45

Staatsbosbeheer & Dienst Landelijk Gebied, 2013. Gebiedsanalyse achter de voort, agelerbroek & voltherbroek. Zwolle. 98

Stroet, R., 2017. Huidige situatie natura 2000-gebied achter de voort, agelerbroek en voltherbroek, model huidige situatie. Royal Haskoning DHV. Amersfoort. 64

Stroet, R. & A. Van Wachtendonk, 2017. Notitie. Iteratief proces avav, opzet scenario's 1 en 2. Royal Haskoning DHV. Amersfoort. 7

Stroet, R., A. van Wachtendonk & L. van den Berg, 2018. Notitie. Iteratief proces avav: Voorstel geoptimaliseerd maatregelenpakket (scenario 5). Royal Haskoning DHV & Unie van Bosgroepen. Amersfoort. 8

van den Berg, L., A. Krikken & A. van Wachtendonk, 2018. Notitie maatregelenpakket scenario 5. Unive van Bosgroepen en RHDHV. Ede. 22

van den Berg, L., H. Smeenge, A. Kieskamp & B. van Duijn, 2018. Grondwaterkwantiteit en -kwaliteit voor vochtig alluviale bossen en blauwgraslanden. Unie van Bosgroepen. Ede. 22

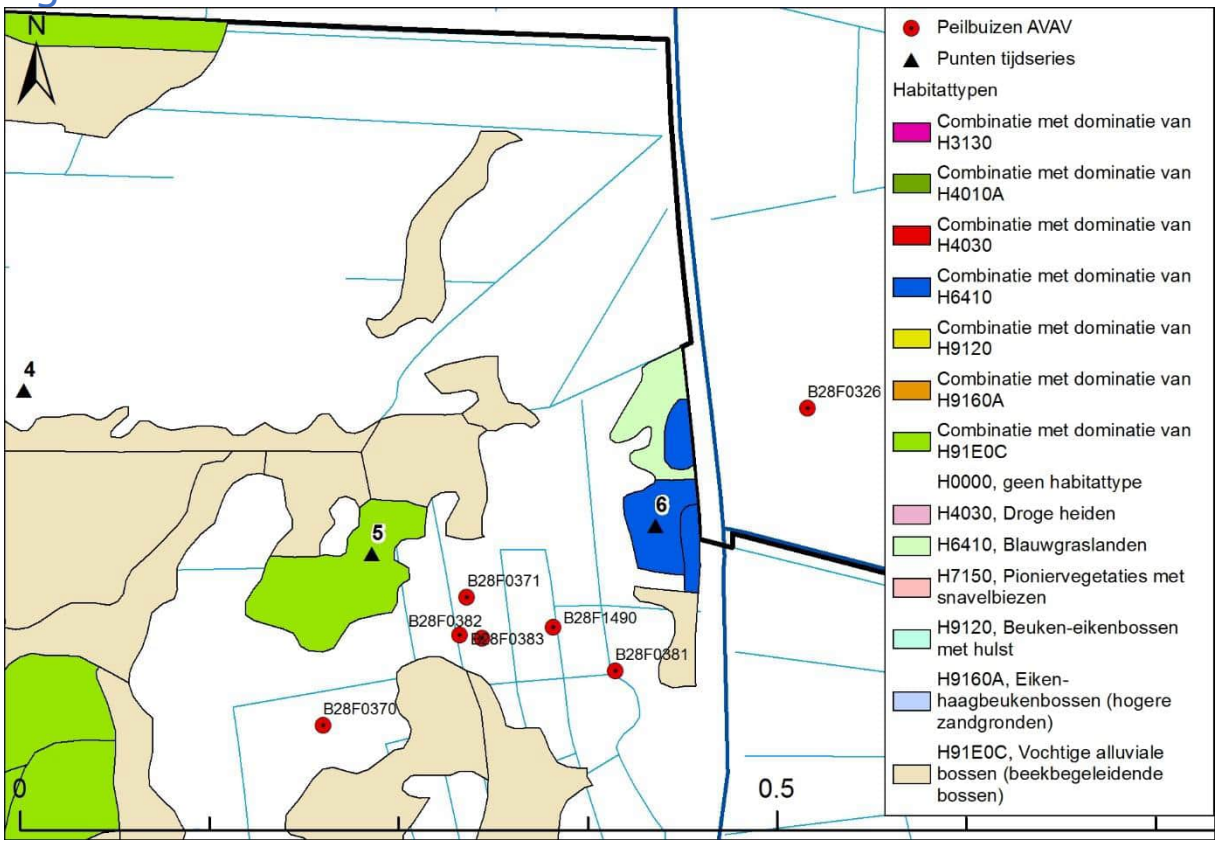
Van Den Berg, L.J., E. Dorland, P. Vergeer, M.A. Hart, R. Bobbink & J.G. Roelofs, 2005. Decline of acid-sensitive plant species in heathland can be attributed to ammonium toxicity in combination with low ph. New Phytologist 166(2): 551-564.

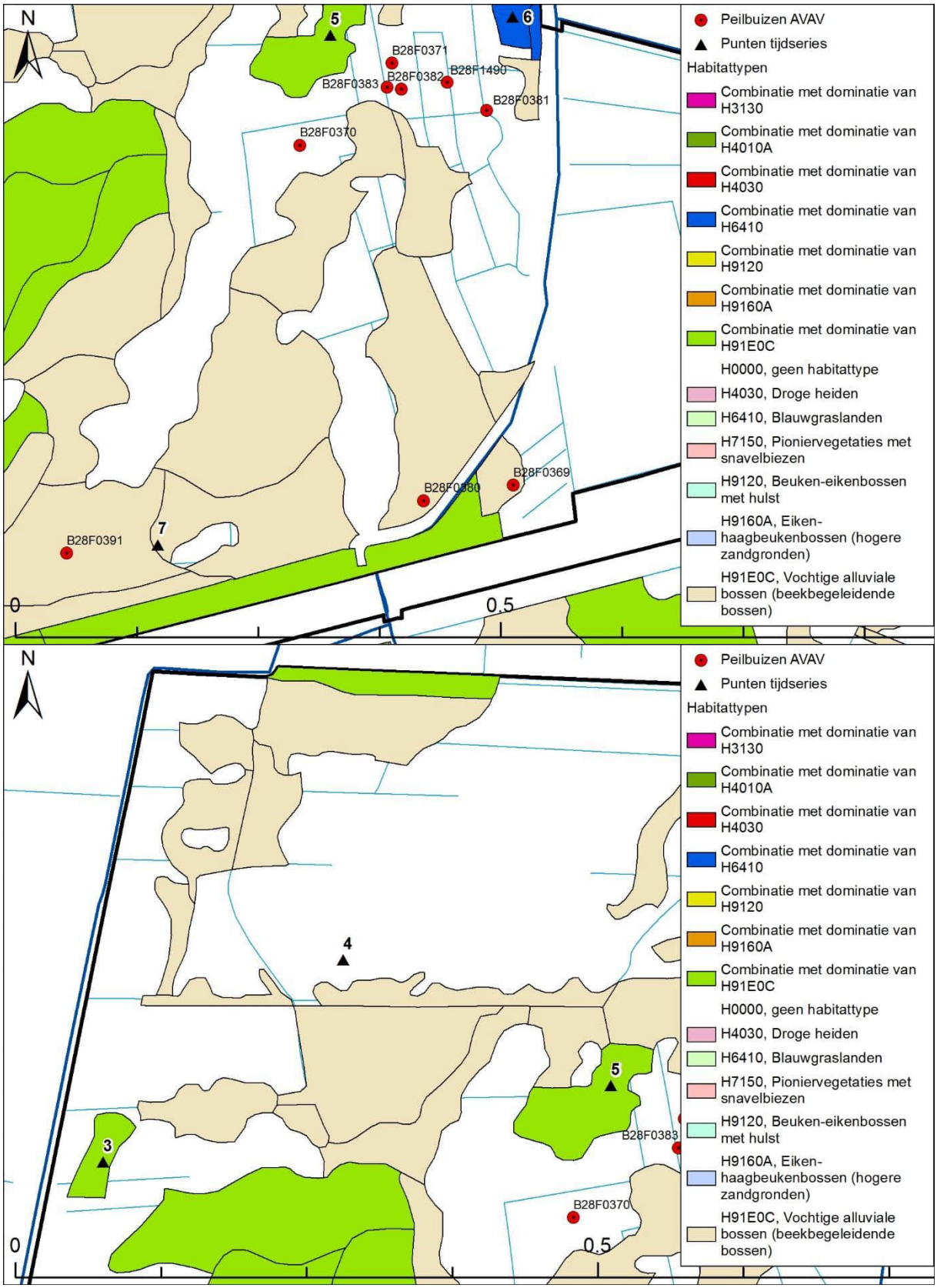
van den Berg, L.J.L. & H. Smeenge, 2017. Achter de voort, agelerbroek en voltherbroek - uitwerking maatregelenpakket. Unie van Bosgroepen. Ede. 32
van den Berg, L.J.L. & H. Smeenge, 2017. Verfijning maatregelen achter de voort. unie van Bosgroepen. Ede. 21
Van den Berg, L.J.L., H. Smeenge, A.A.M. Kieskamp, B. Van Duijn & A. Van Wachtendonk, 2018. Grondwaterkwantiteit en -kwaliteit voor vochtige alluviale bossen en blauwgraslanden. Unie van Bosgroepen. Ede.
van den Berg, L.J.L., H. Smeenge & B. van Duijn, 2017. Achter de voort, agelerbroek en voltherbroek - systeemanalyse. Unie van Bosgroepen. Ede. 108
van Wachtendonk, A., L. van den Berg & A. Krikken, 2018. Notitie. Iteratief proces avav: Geohydrologische effecten en ecologische toetsing scenario 5. Royal Haskoning DHV en Unie van Bosgroepen. Amersfoort. 15

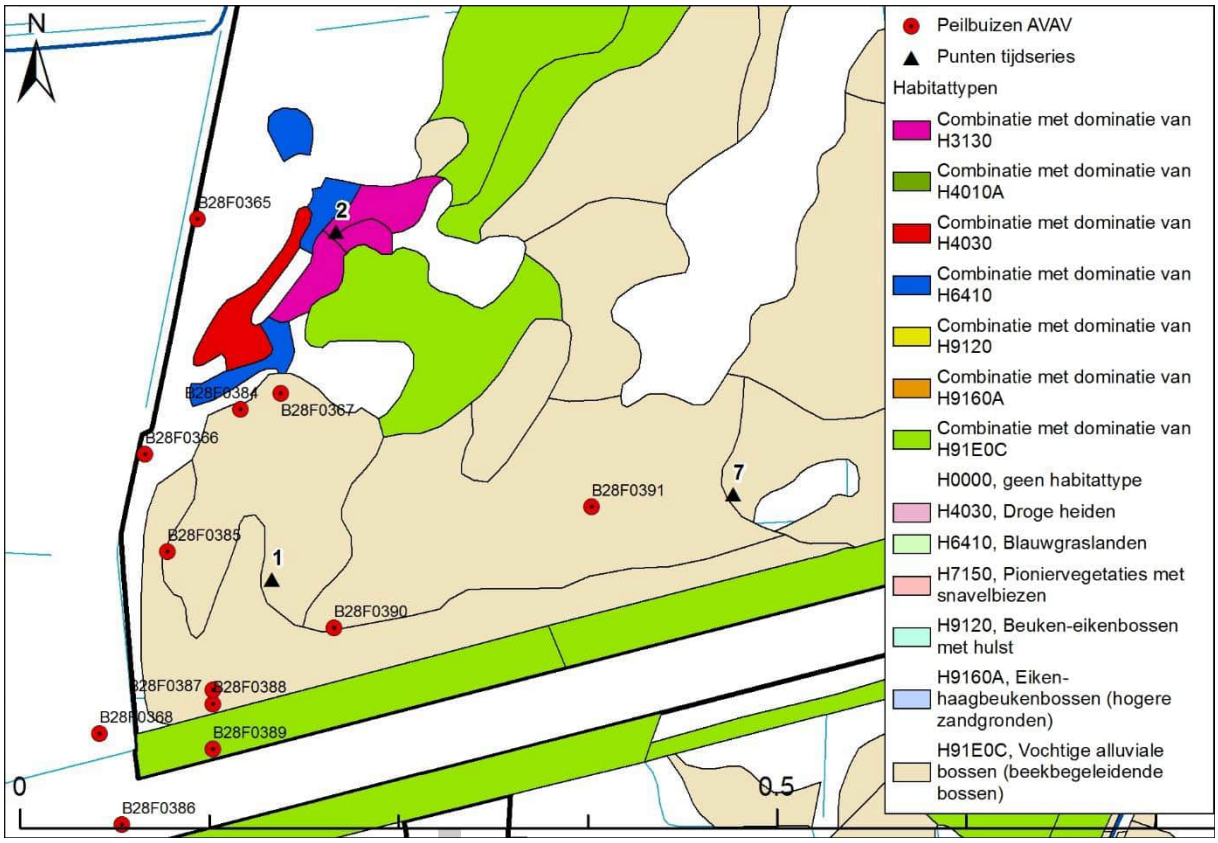
Bijlage 1 Selectie peilbuizen en locaties GXG (B5)

(kaartmateriaal door RHDHV (A. van Wachtendonk)

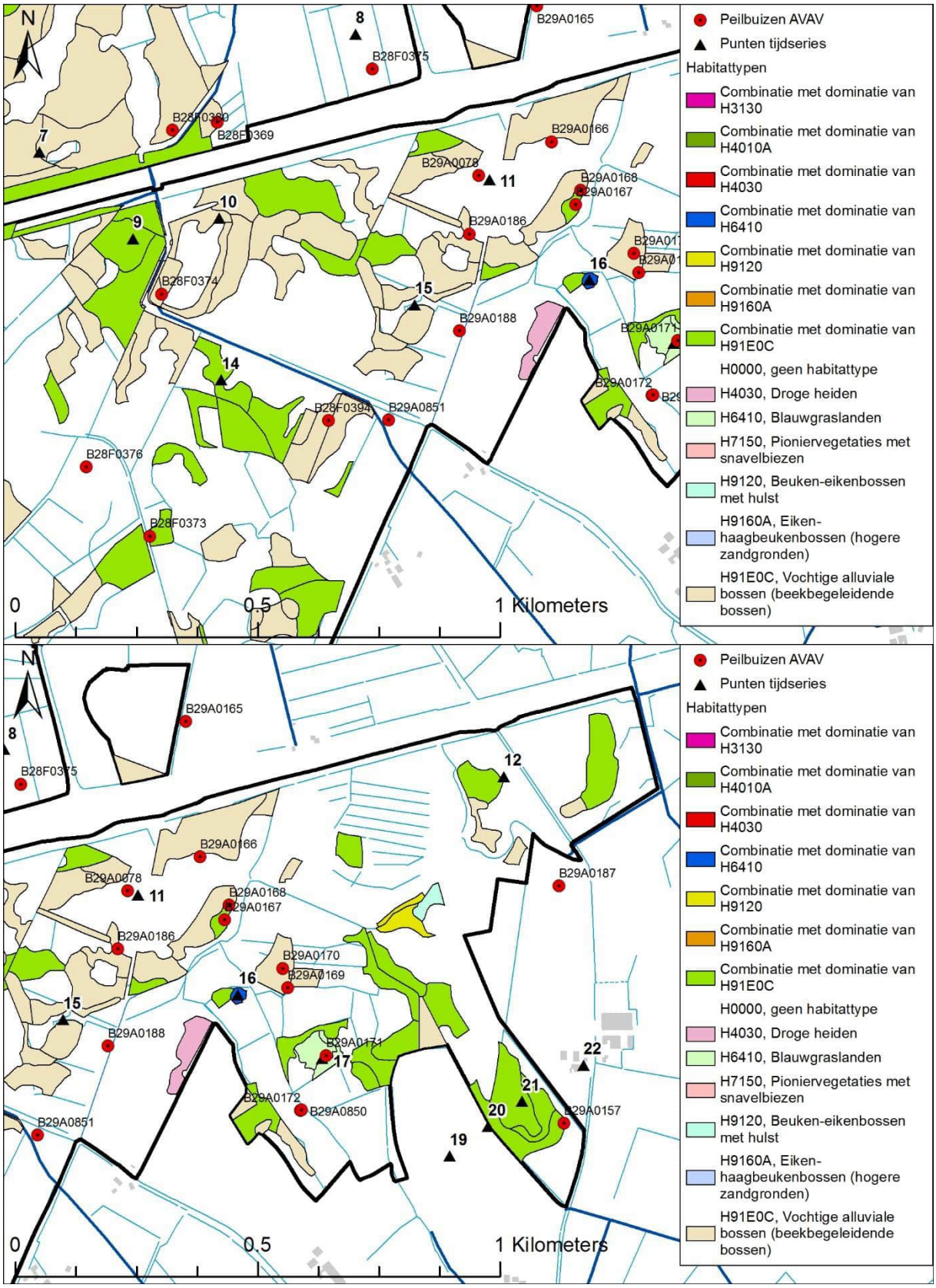
Agelerbroek



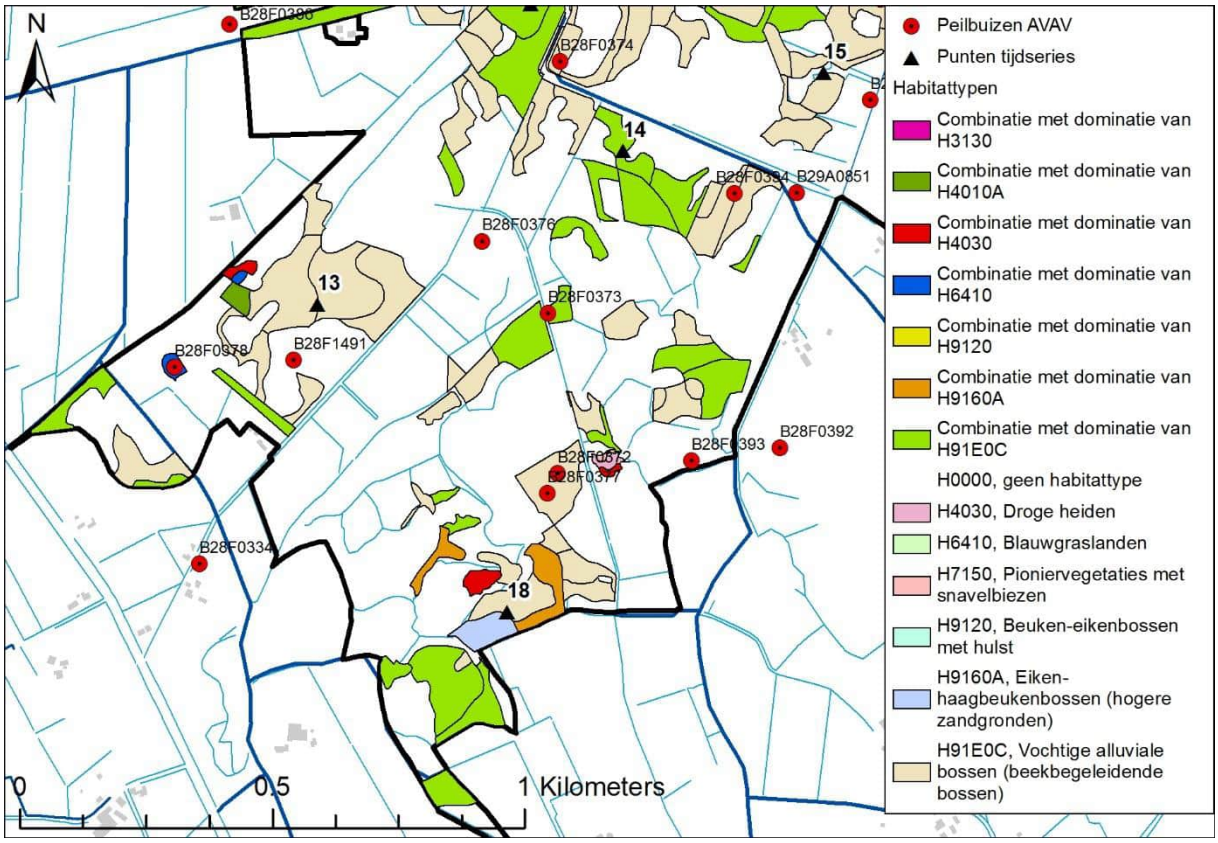

N
5
6
B28F0371
B28F0383
B28F0382
B28F1490
B28F0381
B28F0370
B28F0369
B28F0380
B28F0391
7
0
0.5
Peilbuizen AVAV
Punten tijdseries
Habitattypen
Combinatie met dominatie van H3130
Combinatie met dominatie van H4010A
Combinatie met dominatie van H4030
Combinatie met dominatie van H6410
Combinatie met dominatie van H9120
Combinatie met dominatie van H9160A
Combinatie met dominatie van H91E0C
H0000, geen habitattype
H4030, Droge heiden
H6410, Blauwgraslanden
H7150, Pioniervegetaties met snavelbiezen
H9120, Beuken-eikenbossen met hulst
H9160A, Eiken-haagbeukenbossen (hogere zandgronden)
H91E0C, Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)
N
4
5
3
B28F0383
B28F0370
0
0.5
Peilbuizen AVAV
Punten tijdseries
Habitattypen
Combinatie met dominatie van H3130
Combinatie met dominatie van H4010A
Combinatie met dominatie van H4030
Combinatie met dominatie van H6410
Combinatie met dominatie van H9120
Combinatie met dominatie van H9160A
Combinatie met dominatie van H91E0C
H0000, geen habitattype
H4030, Droge heiden
H6410, Blauwgraslanden
H7150, Pioniervegetaties met snavelbiezen
H9120, Beuken-eikenbossen met hulst
H9160A, Eiken-haagbeukenbossen (hogere zandgronden)
H91E0C, Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)


N
B28F0365
2
B28F0384
B28F0367
B28F0366
B28F0391
7
B28F0385
1
B28F0390
B28F0387
B28F0388
B28F0368
B28F0389
B28F0386
0
0,5
Peilbuizen AVAV
Punten tijdseries
Habitattypen
Combinatie met dominatie van H3130
Combinatie met dominatie van H4010A
Combinatie met dominatie van H4030
Combinatie met dominatie van H6410
Combinatie met dominatie van H9120
Combinatie met dominatie van H9160A
Combinatie met dominatie van H91E0C
H0000, geen habitattype
H4030, Droge heiden
H6410, Blauwgraslanden
H7150, Pioniervegetaties met snavelbiezen
H9120, Beuken-eikenbossen met hulst
H9160A, Eiken-haagbeukenbossen (hogere zandgronden)
H91E0C, Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)

Voltherbroek



\



Voor een analyse op GLG en GVG in goed ontwikkelde habitattypen worden onderstaande peilbuizen /locaties gebruikt.

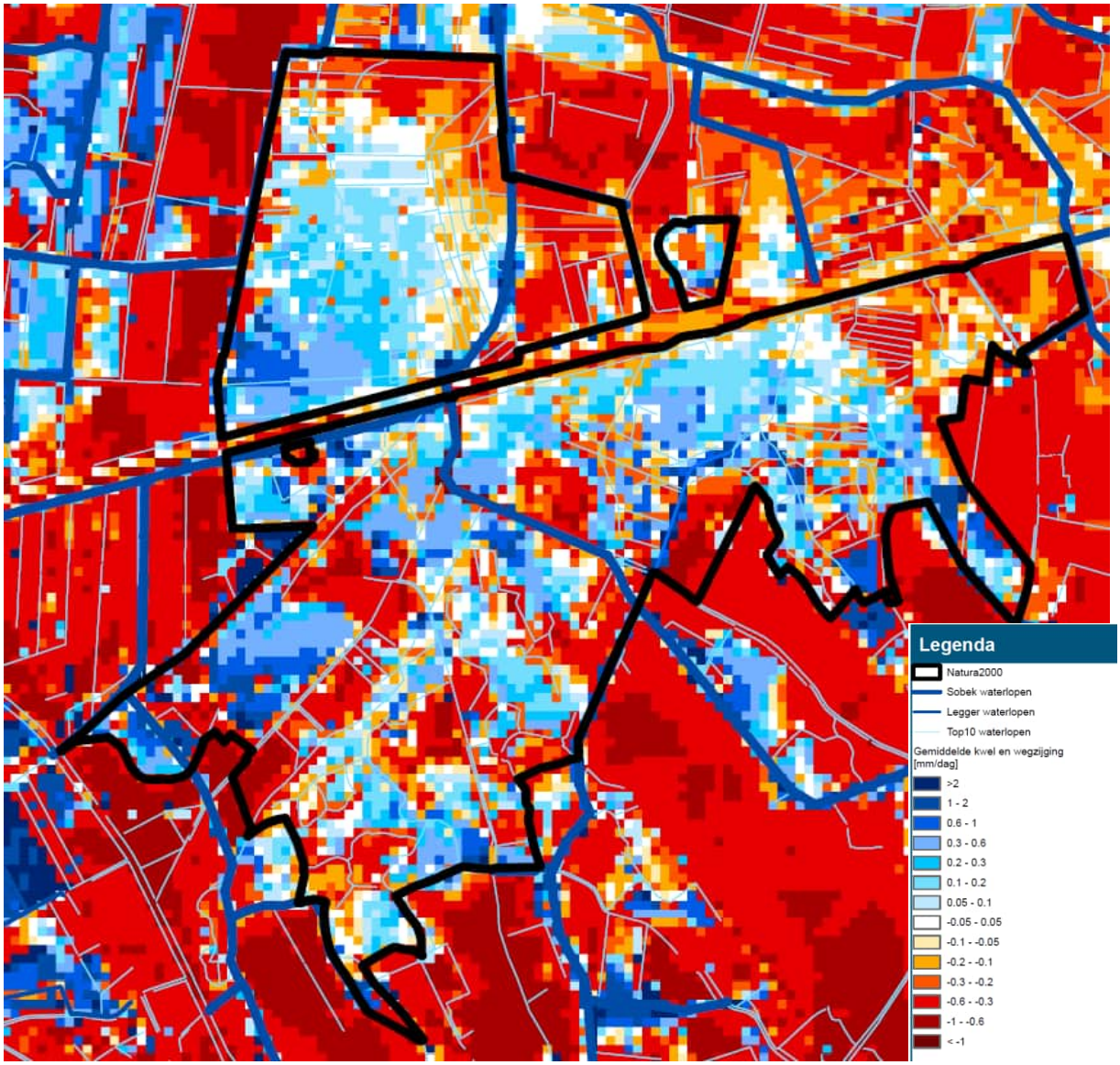
Peilbuizen blauwgrasland (matig tot goed ontwikkeld):

B28F0384 (west Agelerbroek)
B28F0367 (west Agelerbroek)
locatie 16 (oost Voltherbroek)

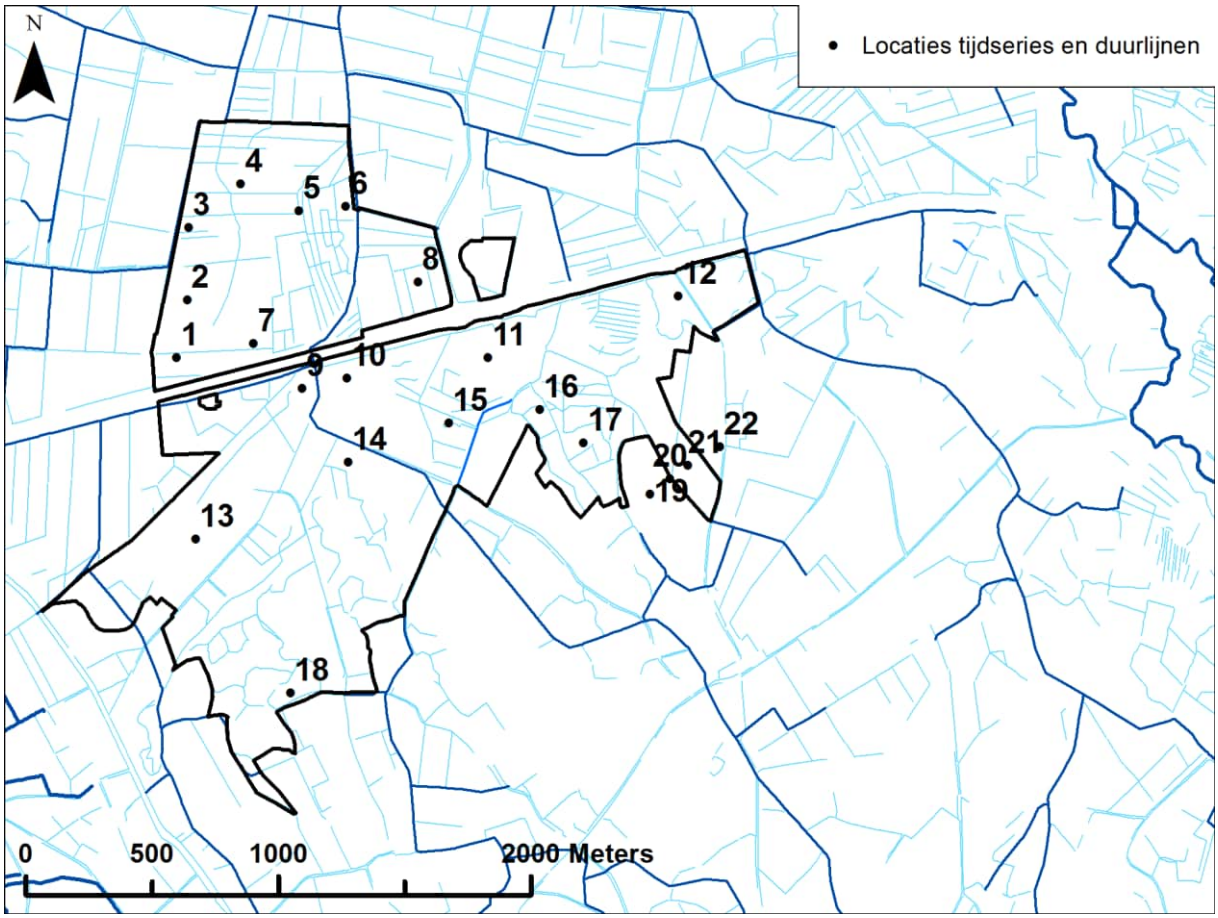
Peilbuizen vochtig alluviaal bos (goed ontwikkeld):

B28F0390 (zuid Agelerbroek)
B28F0391 (zuid Agelerbroek)
B29A0186 (centraal Voltherbroek)
B28F0372 (zuidelijk Voltherbroek)
B28F0374 (centraal Voltherbroek)

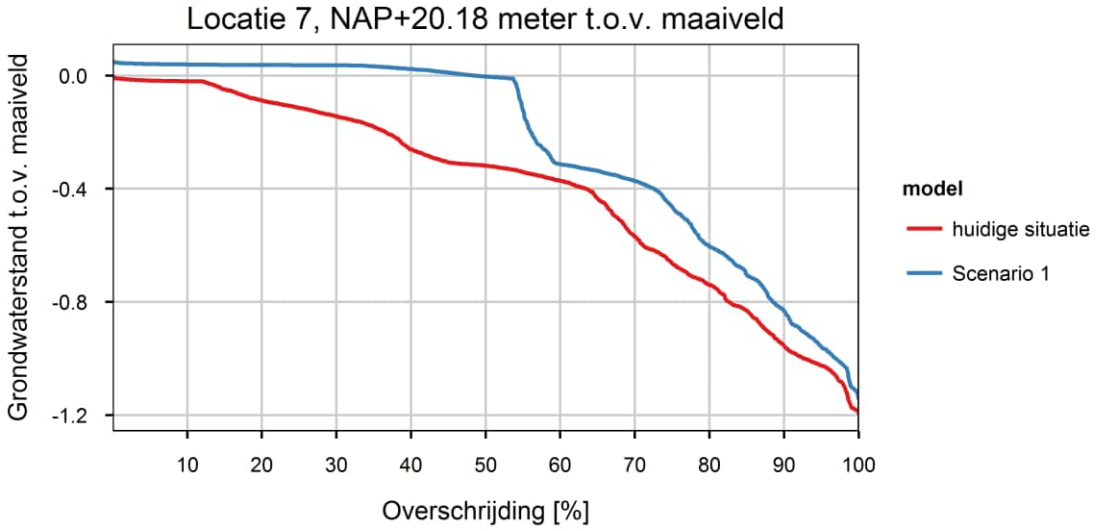
Onderstaande kaart geeft de gemiddelde kwel in de huidige situatie in het Agelerbroek en Voltherbroek weer. Kaart is een uitdraai van bijlage 7.4 gemiddelde kwel huidige situatie (uit rapportage Huidige situatie Natura 2000-gebied Achter de Voort, Agelerbroek en Voltherbroek, RHDHV 2017)

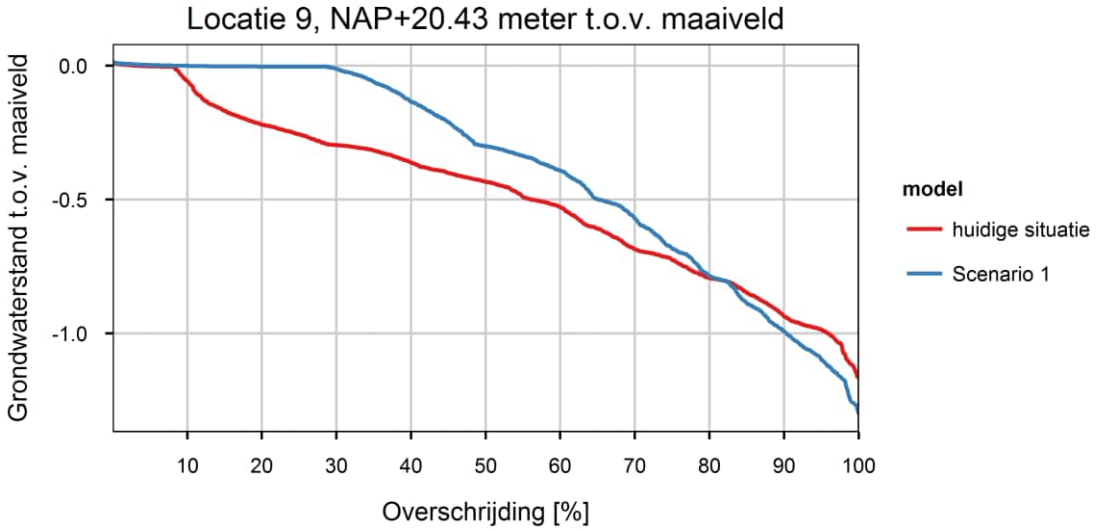


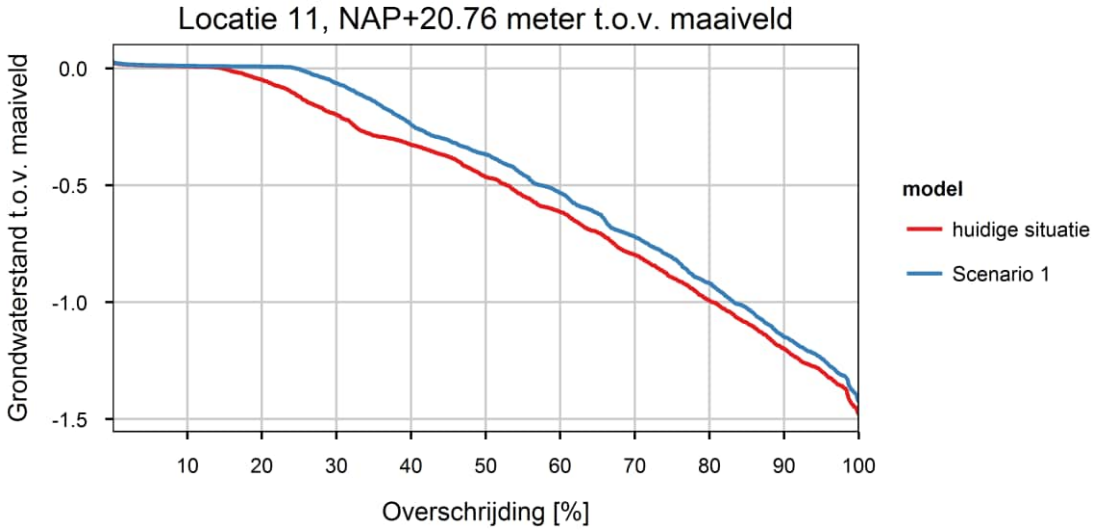
Bijlage 2 Duurlijnen vochtige alluviale bossen (B5)



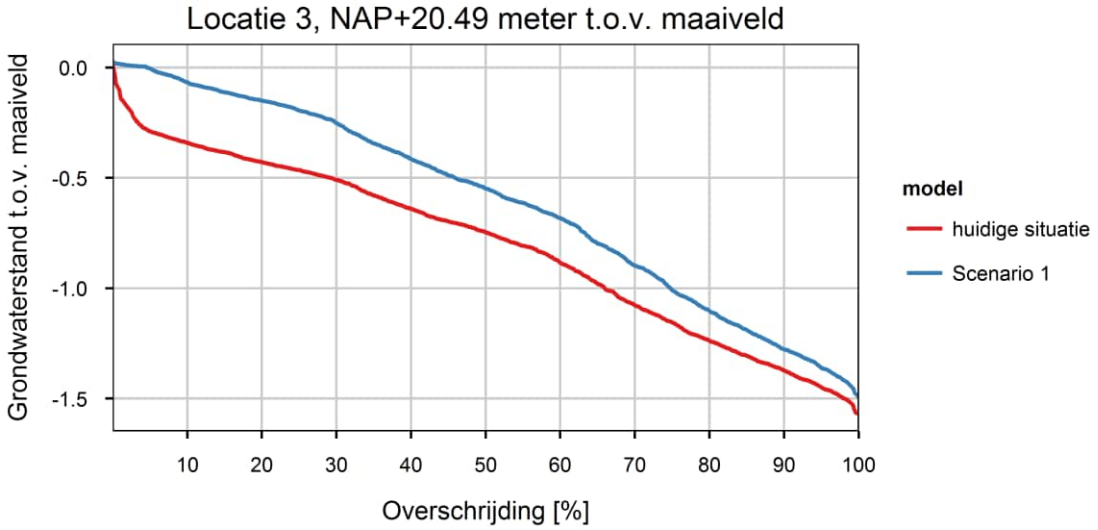
Vochtig alluviaal bos: redelijk tot goed ontwikkeld

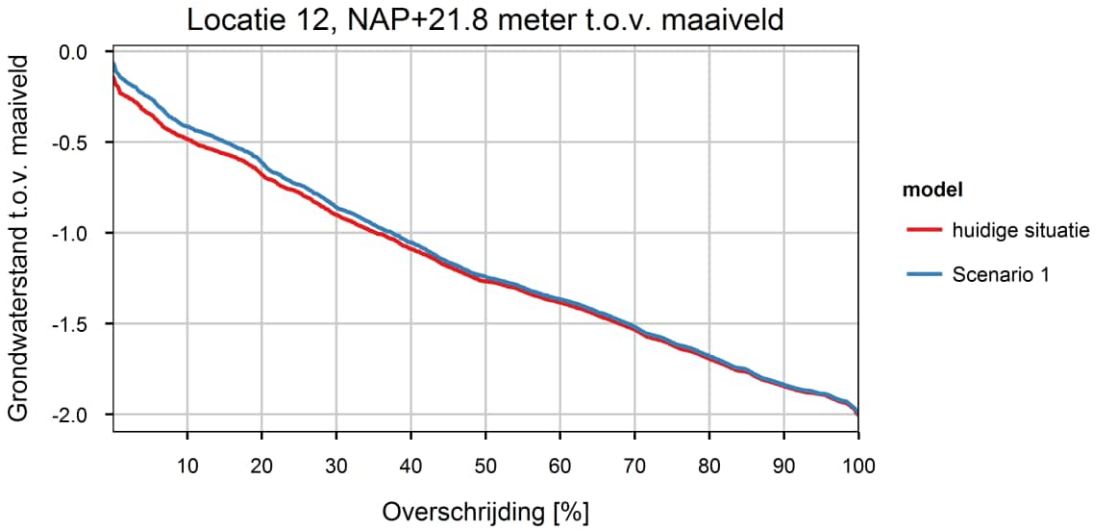

Locatie 7, NAP+20.18 meter t.o.v. maaiveld
Grondwaterstand t.o.v. maaiveld
0.0
-0.4
-0.8
-1.2
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Overschrijding [%]
model
huidige situatie
Scenario 1

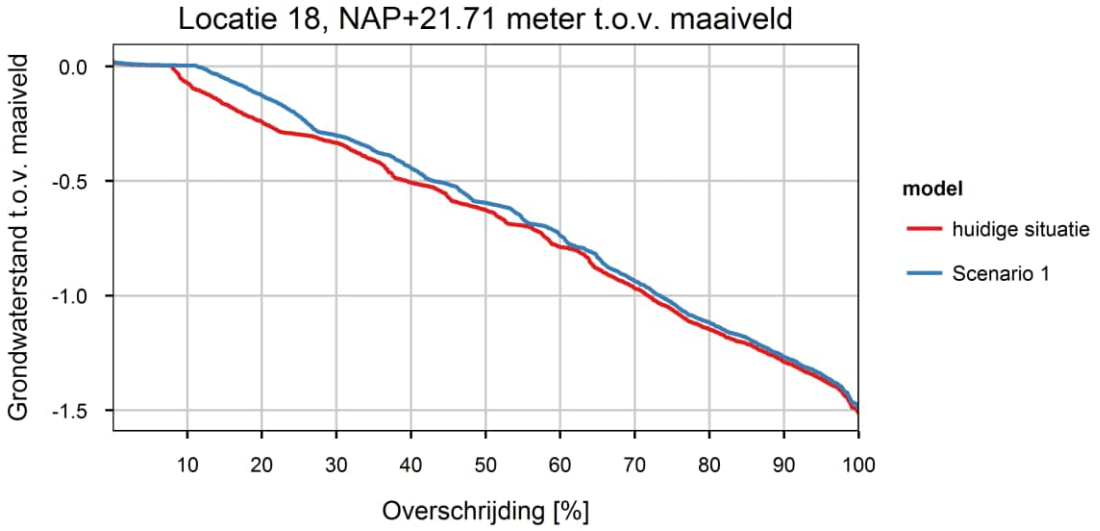

Locatie 9, NAP+20.43 meter t.o.v. maaiveld
Grondwaterstand t.o.v. maaiveld
0.0
-0.5
-1.0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Overschrijding [%]
model
huidige situatie
Scenario 1

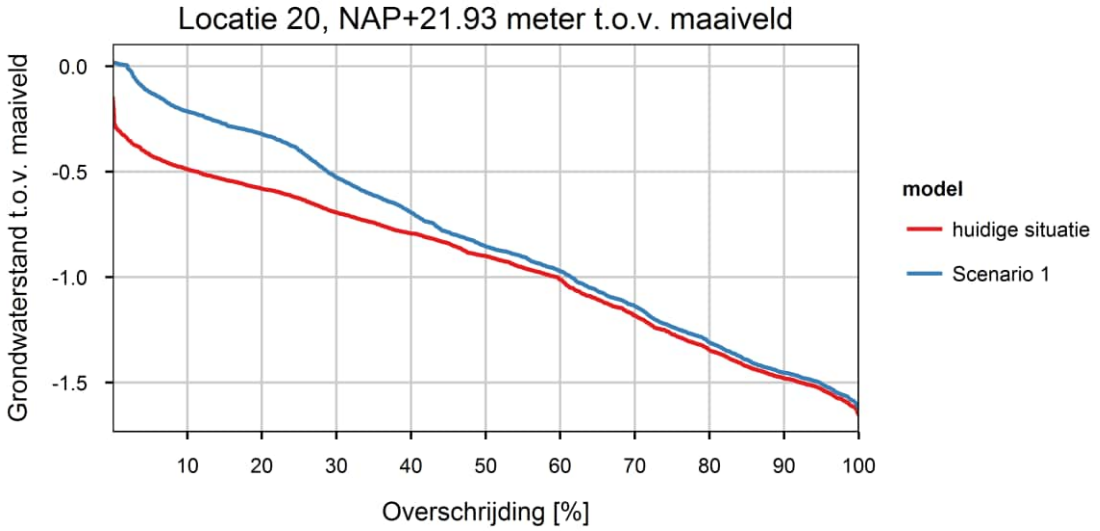

Locatie 11, NAP+20.76 meter t.o.v. maaiveld
Grondwaterstand t.o.v. maaiveld
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Overschrijding [%]
model
huidige situatie
Scenario 1

Vochtig alluviaal bos: slecht ontwikkeld






Locatie 18, NAP+21.71 meter t.o.v. maaiveld
Grondwaterstand t.o.v. maaiveld
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Overschrijding [%]
model
huidige situatie
Scenario 1


Locatie 20, NAP+21.93 meter t.o.v. maaiveld
Grondwaterstand t.o.v. maaiveld
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Overschrijding [%]
model
huidige situatie
Scenario 1

Bijlage 7

Notitie: Sulfaat en nitraat in het grondwater



Notitie: Sulfaat en nitraat in het grondwater

Unie van Bosgroepen

ONDERZOEKCENTRUM B ware



Colofon

Opdrachtgever:	*Gemeente Dinkelland*
Titel:	*Notitie: Sulfaat en nitraat in het grondwater*
Status:	*definitief*
Datum:	*28 januari 2019*
Auteurs:	*L.J.L. van den Berg, J.G.M. Roelofs, A.T. W. Eijsink*
Kaartmateriaal:	*Copyright © 2019, Dienst voor het kadaster en openbare registers, Apeldoorn*
Projectnummer:	

© Coöperatie Unie van Bosgroepen u.a., januari 2019

Postbus 8187
6710 AD EDE
t (0318) 67 26 28
f (0318) 67 26 29
www.bosgroepen.nl

1 Algemeen

Zwavel (S) en stikstof (N) zijn belangrijke elementen in de nutriëntenkringloop van de bodem. In de jaren 70-90 van vorige eeuw kwamen beide stoffen in overmaat in de natuur als gevolg van depositie uit de atmosfeer (De Ruiter et al., 2006). Tegenwoordig is de zwaveldepositie sterk teruggedrongen en komt zwavel voornamelijk uit de bodem omdat het daar van nature aanwezig is (vaak in de vorm van pyriet). De stikstofdepositie daalt niet zo sterk als de zwaveldepositie waardoor stikstof nog wel in overmaat uit de atmosfeer op de natuur neerslaat. Dit is dan voornamelijk in de vorm van ammoniak (NH_3) en ammonium (NH_4^+). Daarnaast is de bemesting een grote bron van stikstof in de bodem. Ammonium wordt in de bodem makkelijk gebonden aan organische stof en is daardoor redelijk immobiel. Echter, ammonium wordt door bacteriën omgezet tot nitraat (NO_3^-), een proces dat nitrificatie heet. Nitraat is helaas een zeer mobiel ion en kan door uitspoeling naar het (diepere) grondwater makkelijk lager gelegen natuurgebieden bereiken.

Bemesting

Als gevolg van bemesting in de landbouw zullen met name stikstof en fosfor (P) in de bodem toenemen. In ijzerrijke bodems of bodems met ijzerbanken wordt fosfor geïmmobiliseerd in Fe-P complexen. Ammonium en fosfaten worden in droge, ijzer- en organische stof-rijke bodems snel geïmmobiliseerd. Het zeer mobiele nitraat zal echter snel en makkelijk door de bodem bewegen naar diepere delen en het grondwater. Bij vernatting (hogere grondwaterstanden) kan de fosformobilisatie (en uitspoeling naar grondwater) toenemen omdat fosfaten onder zuurstofloze omstandigheden vrijkomen van de Fe-P complexen.

Chemische processen

Nitraat in het grondwater kan onder zuurstofarme omstandigheden optreden als elektron acceptor bij de chemische oxidatie van pyriet (FeS_2) dat in bodems veelvuldig kan voorkomen (Smolders et al., 2010). Hierbij komt sulfaat (SO_4^{2-}) vrij. Sulfaat kan ook vrijkomen als gevolg van verdroging waardoor er zuurstof bij het pyriet kan komen (oxidatie door zuurstof). Als gevolg van verdroging is er ook bodemverzuring. Verzuring resulteert in afname van buffering en een uitspoeling van belangrijke kationen als calcium of kalium.
In bemeste bodems komen fosfaten voor. In ijzerrijke bodems zit ijzer vaak gebonden aan fosfaat (Fe-P). De bindingskracht tussen ijzer en zwavel (S) is echter groter. Hierdoor zal, bij vervuiling met sulfaat (S atomen), het ijzer dat gebonden zit aan de fosfaten worden gebruikt voor de Fe-S binding. De fosfaten die gebonden zaten aan het zwavelatoom komen hierdoor vrij en dit levert vrij fosfaat op. Deze fosfaten resulteren in een toename van de voedselrijkdom (eutrofiering) en toename van soorten van rijke natte milieus zoals Liesgras, Hennegras, Mannagras en Kroos.

Gevolgen voor natuur

Het vrijkomende sulfaat kan, via het grondwater, een sterk negatief effect sorteren op lager gelegen natuurgebieden waar dit grondwater terecht komt. Sulfaat en, zoals gezegd, nitraat (NO_3^-) zijn zogenaamde elektron acceptoren. In de bodem zullen ze, net zoals zuurstof dat doet (ook een elektron acceptor), de afbraak van organisch materiaal bevorderen. Hoge concentraties van dergelijke elektron acceptoren leiden dus tot veenafbraak en afbraak van organisch materiaal nabij het wateroppervlak. Dit is de reden waarom veenafbraak in bijvoorbeeld broekbossen of

blauwgraslanden wordt gerelateerd aan verdroging (zuurstof als elektronacceptor) en de inspoeling van nitraat- of sulfaatrijk water (nitraat of sulfaat als elektronacceptor). De afbraak van het veen leidt tot het vrijkomen van voedingsstoffen die in het organisch materiaal liggen opgeslagen met als gevolg een sterke eutrofiering van de natuur. Bij de afbraak van organische stof wordt daarnaast sulfaat omgezet tot sulfide. Bij hoge concentraties (en weinig ijzer) accumuleert het zwavel atoom (S) als sulfide: S^{2-} en waterstofsulfide: H_2S (bekend als rotte eieren lucht). Sulfide is toxisch voor planten en dieren (Lamers et al., 2013).

2 Samenvattend

- Verhogingen van sulfaat in het grondwater zijn vaak een indicatie van een toestroom van nitraat (en de omzettingen van pyriet);
- Sulfaat toestroom (via grond- of oppervlaktewater) naar organische stof rijke, veenbodems leiden tot afbraak van het veen en het vrijkomen van nutriënten hieruit (zogenaamde interne eutrofiering);
- Hoge concentraties sulfaat in natte milieus leiden tot sulfidetoxiteit;
- Sulfaat toestroom kan in bemeste bodems leiden tot het vrijkomen van fosfaten en daarmee eutrofiering.

Normen

Helaas worden er, ondanks de bekende risico's, voor sulfaat in het grondwater geen grenswaarden gegeven in de bekende profieldocumenten voor habitattypen. Om het risico op eutrofiering als gevolg van sulfaat te bepalen zijn diverse onderzoeken verricht naar de effecten van sulfaat op broekbossen en vochtige habitattypen (E.C.H.E.T.Lucassen et al., 2004, E.C.H.E.T.Lucassen 2004, Lamers et al., 2005, Lamers et al., 2006). Uit dit onderzoek blijkt dat:

- Concentraties van sulfaat tot 300μmol/L in het grondwater zijn toelaatbaar om het risico van eutrofiering te beperken. Hogere concentraties in het grondwater zijn veelal het gevolg van oxidatieprocessen (nitraat uitspoeling van landbouw, zie boven) en moeten vermeden worden voor habitattypen als vochtige alluviale bossen of blauwgrasland;
- Doorstroming en peilfluctuaties van grondwater in deze vochtige milieus essentieel is om de risico's te beperken. Wanneer vernattingsmaatregelen resulteren in stagnatie vindt er geen oxidatie van gereduceerd S plaats en zal de vrije ijzervoorraad die nog in de bodem aanwezig is (en fosfor kan binden) afnemen. (de reden hiervoor worden toegelicht in de betreffende publicaties).

Advies

- Bij sulfaat waarden in grondwater hoger dan 300 μmol/L wordt geadviseerd de bemesting te stoppen in de percelen die volgens isohypsen van het grondwater en stroombanenkaarten invloed hebben op de grondwaterkwaliteit;
- Bij percelen waar volgens de stroombanenberekeningen verblijftijden van grondwater korter zijn dan 10 jaar wordt tevens geadviseerd te stoppen met bemesting vanwege hoge risico voor nitraat uitspoeling

3 Referenties

Beije, H.M., P.W.F.M. Hommel, R.W. de Waal & N.A.C. Smits, 2012. Herstelstrategie h91e0c: Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen). Wageningen. 871-888
Beije, H.M., A.J.M. Jansen, Q.L. Slings & N.A.C. Smits, 2012. Herstelstrategie h6410: Blauwgraslanden. Wageningen. 561-582
Boleij, J., 2017. Natura2000 dinkelland. Oppervlaktewatersysteem achter de voort, agelerbroek en voltherbroek. Arcadis. 's Hertogenbosch. 44
Boleij, J., 2018. Ontwerp oppervlaktewatersysteem rond n2000 avav. Arcadis. 19
Buijs, E., 2011. Onderzoek bodemopbouw achter de voort. Buijs Hydro-Ecologisch Onderzoek en Advies. Heeten.
de Haan, M.W.A., 1992. De karakteristieken van duurlijnen van enige grondwaterafhankelijke vegetatietypen : Het junco-molinion, violion caninae, calluno-genistion pilosae, caricion curto-nigrae en caricion lasiocarpae. Nieuwegein, KIWA, Onderzoek en Advies.
de Mars, H., 1996. Herstel van een afgeschreven blauwgrasland in de vechtstreek?
De Ruiter, J., W. Van Pul, J. Van Jaarsveld, E. Buijsman, M.-e. Natuurplanbureau & E.N. Luchtbeleid, 2006. Zuur-en stikstofdepositie in nederland in de periode 1981-2002. Milieuen Natuurplanbureau Luchtkwaliteit en Europese Duurzaamheid Rapport 500037005: 2006.
Dragosits, U., M.R. Theobald, C.J. Place, H.M. ApSimon & M.A. Sutton, 2006. The potential for spatial planning at the landscape level to mitigate the effects of atmospheric ammonia deposition. Environmental Science & Policy 9(7-8): 626-638.
E.C.H.E.T.Lucassen, A.J.P.Smolders, J.V.D. Crommenacker & J.G.M.Roelofs, 2004. Effects of stagnating sulphate-rich groundwater on the mobility of phosphate in freshwater wetlands: A field experiment. ArchHydrobiol 160(1): 117-131.
E.C.H.E.T.Lucassen, A.J.P.S.A.L.v.d.S.J.G.M.R., 2004. High groundwater nitrate concentrations inhibit eutrophication of sulphate-rich freshwater wetlands. Biogeochemistry 67: 249-267.
Hommel, P. & R. de Waal, 2013. Provinciaal meetnet verdroging overijssel; beschrijving en beoordeling van 56 meetpunten. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre). Wageningen. 186
Jansen, P.C., 1981. Verwerking, interpretatie en toepassingsmogelijkheden van grondwaterstandsgegevens met behulp van overschrijdingsduurlijnen. ICW Wageningen.
Jansen, P.C. & J. Runhaar, 2001. Droogtestress als functie van grondwaterstand en bodemtype. Alterra. Wageningen.
Lamers, L., E. Lucassen, F. Smolders & J. Roelofs, 2005. Fosfaat als adder onder het gras bijnieuwe natte'natuur'. H2O 38(17): 28.
Lamers, L.P.M., L.L. Govers, I. Janssen, J.J.M. Geurts, M.E.W. Van der Welle, M.M. Van Katwijk, T. Van der Heide, J.G.M. Roelofs & A.J.P. Smolders, 2013. Sulfide as a soil phytotoxin-a review. Frontiers in plant science 4.
Lamers, L.P.M., R. Loeb, A.M. Antheunisse, M. Miletto, E.C.H.E.T. Lucassen, A.W. Boxman, A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs, 2006. Biogeochemical constraints on the ecological rehabilitation of wetland vegetation in river floodplains. Hydrobiologia 565: 165-186.
Loeb, R. & S. A.J.P, 2011. Quick-scan bodemchemie voltherbroek, agelerbroek en achter de voort Onderzoekcentrum B-WARE. Nijmegen. 81
Lucassen, E.C.H.E., R. Bobbink, A.J.P. Smolders, P.J.M. van der Ven, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs, 2003. Interactive effects of low ph and high ammonium levels responsible for the decline of cirsium dissectum (l.) hill. Plant-EcologyMar 165: 45-52.
Lucassen, E.C.H.E.T. & J.G.M. Roelofs, 2016. Uitwerking onderzoeksvragen gerelateerd aan bodemonderzoek, grondwaterkwaliteit en inschatting interne eutrofiëring. Onderzoekcentrum B-WARE. Nijmegen. 164
Oling, A.J., A.P. van den Berg, R.N.P. Neefjes, C.J.S. Aggenbach, R. van Dongen, M. Spek, H. Smeenge & A. Moning, 2015. Gebiedsanalyse achter de voort, agelerbroek & voltherbroek. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). 105
PASbureau, 2017. Gebiedsanalyse achter de voort, agelerbroek & voltherbroek programmatische aanpak stikstof (pas) BIJ12 PAS bureau. Utrecht. 100
Roelofs, J., 2019. De rol van sulfaat bij vermesting van alluviale bossen, blauwgraslanden, stagnante oppervlakte-wateren en zeer zwak-gebufferde vennen. Onderzoekcentrum B-WARE. Nijmegen. 8

Runhaar, H., M.H. Jalink, H. Hunneman, J.P.M. Witte & S.M. Hennekens, 2009. Ecologische vereisten habitattypen. 45
Smolders, A.J.P., E.C.H.E.T. Lucassen, R. Bobbink, J.G.M. Roelofs & L.P.M. Lamers, 2010. How nitrate leaching from agricultural lands provokes phosphate eutrophication in groundwater fed wetlands: The sulphur bridge. Biogeochemistry 98(1-3): 1-7.
Staatsbosbeheer & Dienst Landelijk Gebied, 2013. Gebiedsanalyse achter de voort, agelerbroek & voltherbroek. Zwolle. 98
Stroet, R., 2017. Huidige situatie natura 2000-gebied achter de voort, agelerbroek en voltherbroek, model huidige situatie. Royal Haskoning DHV. Amersfoort. 64
Stroet, R. & A. Van Wachtendonk, 2017. Notitie. Iteratief proces avav, opzet scenario's 1 en 2. Royal Haskoning DHV. Amersfoort. 7
Stroet, R., A. van Wachtendonk & L. van den Berg, 2018. Notitie. Iteratief proces avav: Voorstel geoptimaliseerd maatregelenpakket (scenario 5). Royal Haskoning DHV & Unie van Bosgroepen. Amersfoort. 8
van den Berg, L., A. Krikken & A. van Wachtendonk, 2018. Notitie maatregelenpakket scenario 5. Unive van Bosgroepen en RHDHV. Ede. 22
van den Berg, L., H. Smeenge, A. Kieskamp & B. van Duijn, 2018. Grondwaterkwantiteit en -kwaliteit voor vochtig alluviale bossen en blauwgraslanden. Unie van Bosgroepen. Ede. 22
Van Den Berg, L.J., E. Dorland, P. Vergeer, M.A. Hart, R. Bobbink & J.G. Roelofs, 2005. Decline of acid-sensitive plant species in heathland can be attributed to ammonium toxicity in combination with low ph. New Phytologist 166(2): 551-564.
van den Berg, L.J.L. & H. Smeenge, 2017. Achter de voort, agelerbroek en voltherbroek - uitwerking maatregelenpakket. Unie van Bosgroepen. Ede. 32
van den Berg, L.J.L. & H. Smeenge, 2017. Verfijning maatregelen achter de voort. unie van Bosgroepen. Ede. 21
Van den Berg, L.J.L., H. Smeenge, A.A.M. Kieskamp, B. Van Duijn & A. Van Wachtendonk, 2018. Grondwaterkwantiteit en -kwaliteit voor vochtige alluviale bossen en blauwgraslanden. Unie van Bosgroepen. Ede.
van den Berg, L.J.L., H. Smeenge & B. van Duijn, 2017. Achter de voort, agelerbroek en voltherbroek - systeemanalyse. Unie van Bosgroepen. Ede. 108
van Wachtendonk, A., L. van den Berg & A. Krikken, 2018. Notitie. Iteratief proces avav: Geohydrologische effecten en ecologische toetsing scenario 5. Royal Haskoning DHV en Unie van Bosgroepen. Amersfoort. 15
Wuyts, K., A. De Schrijver, J. Staelens, L. Gielis, J. Vandenbruwane & K. Verheyen, 2008. Comparison of forest edge effects on throughfall deposition in different forest types. Environmental Pollution 156(3): 854-861.
Wuyts, K., A. De Schrijver, F. Vermeiren & K. Verheyen, 2009. Gradual forest edges can mitigate edge effects on throughfall deposition if their size and shape are well considered. Forest Ecology and Management 257(2): 679-687.