



WAGENINGENUR

For quality of life

Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld

Inschatting van de gevolgen van tijdelijke inundaties op bodemstructuur,
bodemleven en grasland

G. Bakker
G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis
I.E. Hoving



Alterra-rapport 1890, ISSN 1566-7197



Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld

Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld

Inschatting van de gevolgen van tijdelijke inundaties op bodemstructuur,
bodemleven en grasland

G. Bakker ¹⁾

G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis ¹⁾

I.E. Hoving ²⁾

¹⁾ Wageningen UR - Alterra

²⁾ Wageningen UR – Livestock Research

Alterra-rapport 1890

Alterra, Wageningen, 2009

REFERAAT

Bakker, G., G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis & I.E. Hoving, 2009. *Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld - Inschatting van de gevolgen van piekwaterberging op bodemstructuur, bodemleven en grasland*. Wageningen, Alterra, rapport 1890. 47 blz. 6 fig. 3 tab. 36 ref.

In het kader van de PKB “Ruimte voor de Rivier” is in de gemeente Heerde de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld gepland die in 2015 gereed moet zijn. De geul zal naar verwachting eens in een mensenleven gedurende 3 weken ‘meestromen’ met de IJssel.

Het overgrote deel van de geul is momenteel in gebruik als grasland. De projectorganisatie en de lokale boeren willen de effecten kennen van het meestromen bij extreem hoogwater op bodemstructuur, bodemleven en grasopbrengst.

Op basis van het uitgevoerde literatuuronderzoek verwachten we weinig effecten ten aanzien van sedimentatie, verslemping en bodemverdichting. Erosie is een reëel gevaar, zeker voor de percelen die een matig tot niet gesloten bodembedekking hebben. Pas na nader onderzoek kan hier definitief uitsluitsel over worden gegeven. Maart is de meest ongunstige periode van inundatie. De kans is groot dat de percelen na inundatie nog enkele maanden nat blijven. Het bodemleven wordt nadelig beïnvloed, maar herstelt snel. Afgezien van mogelijke erosie heeft de grasmat tijdens de inundatie zelf weinig te leiden omdat het gras dan fysiologisch inactief is. Tijdens plas-dras-situaties direct na inundatie hervat het gras de groei waardoor, mede door de slechte waterdoorlatendheid van de bodem, het risico op schade aan de grasmat dan het grootst is. Volledig herstel van afgestorven grasland kan enkele jaren in beslag nemen.

Trefwoorden: inundatie, klimaatverandering, overstroming, ruimtelijke ordening, waterbeheer, waterberging, bodemstructuur, bodemleven, grasland

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar ‘Alterra-rapporten’). Alterra verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.boomblad.nl/rapportenservice.

© 2009 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
1.1 Achtergrond en probleemstelling	13
1.2 Projectdoelstelling	14
1.3 Opbouw van het rapport	15
2 Uitgangspunten	17
2.1 Situering hoogwatergeul	17
2.2 Bodem en grondgebruik	19
2.3 Gebruik van de geul	20
3 Bodemstructuur	21
3.1 Algemeen	21
3.2 Verslemping, draagkracht en infiltratiecapaciteit	24
3.3 Bodemverdichting	25
3.4 Sedimentatie	26
3.5 Erosie	27
3.6 Conclusies	30
4 Bodemleven	33
4.1 Introductie	33
4.2 Terreinomstandigheden	33
4.3 Zuurstofbeschikbaarheid	34
4.4 Bovengronds levende soorten	34
4.5 Bodemgebonden fauna	35
4.6 Conclusies	37
5 Grasland	39
5.1 Veldbezoek	39
5.2 Bodem en gewas	39
5.3 Graslandgebruik	40
5.4 Grasbestand	41
5.5 Gevolgen inundatie	41
5.6 Conclusies	44
Literatuur	45

Woord vooraf

Het project 'Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld' wordt uitgevoerd door de provincie Gelderland in samenwerking met Rijkswaterstaat - projectdirectie Ruimte voor de Rivier, het Waterschap Veluwe, de gemeente Heerde en de ministeries van VROM en LNV.

Voorliggend onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de provincie Gelderland via de projectorganisatie Veessen-Wapenveld.

Eind 2006 is begonnen met het verkennende onderzoek 'Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld' als uitvoering van de Planologische Kernbeslissing "Ruimte voor de Rivier". Tot mei 2009 zijn verschillende varianten uitgewerkt en is er inspraak geweest op de Startnotitie en zijn diverse informatie en consultatiebijeenkomsten gehouden. In deze periode is tevens een voorkeursvariant nader uitgewerkt. In de periode na de zomer van 2009 wordt de voorkeursvariant vastgesteld, waarna de voorkeursvariant in detail wordt uitgewerkt.

Het voorliggende onderzoek is tot stand gekomen op het moment dat de contouren van de voorkeursvariant bekend werden. Het onderzoek is binnen een zeer kort tijdsbestek uitgevoerd. Daarom is gekozen voor het uitvoeren een korte literatuurstudie die parallel is uitgezet binnen 3 onderzoeksgroepen van Wageningen UR. Er is momenteel nog erg weinig concrete literatuur beschikbaar op het gebied van tijdelijke inundaties van meestromende hoogwatergeulen. Vanwege het gebruik van zijdelings verwante studies denken wij dat het projectresultaat toch een goede inschatting geeft van de effecten van tijdelijke inundatie in het gebied.

Om sluitende uitspraken te kunnen doen over de genoemde onderwerpen is landelijk nog veel (monitorings)onderzoek nodig.

Wij danken de melkveehouders Evert Luchtenbelt, Martijn Hekkert en LTO-bestuurder Ton Jalink voor hun inbreng en in het bijzonder melkveehouder André Noteboom voor zijn rondleiding en toelichtingen tijdens ons bezoek aan het gebied.

Samenvatting

In het kader van de Planologische Kern Beslissing “Ruimte voor de Rivier” is in de gemeente Heerde de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld gepland. Deze geul zorgt voor een veilige afvoer van het water in de IJssel in perioden van hoogwater. In 2015 moet de hoogwatergeul klaar zijn. Naar schatting stroomt er dan eens in een mensenleven water door de geul bij een instroomhoogte van 5.65 m+NAP en een uitstroomhoogte van 4.20 m+NAP. Gedurende circa 3 weken stroomt het water met een stroomsnelheid van 1 à 1,2 m/s mee met de IJssel.

Het overgrote deel van het gebied wordt gekenmerkt door intensief beheerd grasland. De projectorganisatie en lokale boeren willen graag een inschatting hebben van de gevolgen van inundaties in het gebied. De volgende concrete vragen zijn daarbij bijvoorbeeld gesteld: Is de grasmat dood, of anders gezegd, moeten we opnieuw inzaaien? Is de bodemstructuur (helemaal) kapot door de druk van het water, gebrek aan zuurstof, etc? Hoelang duurt het voor de structuur weer hersteld is (weken/maanden/jaren niet meer bruikbaar)?

Om een goed antwoord op deze en de onderliggende vragen te kunnen geven, zijn de vragen samengevat in drie hoofdgroepen en vervolgens onderverdeeld in subvragen omdat elk ervan bijdraagt aan het beantwoorden ervan. De kans dat inundatie optreedt in de winterperiode is het grootst. Bovendien wordt, waar relevant, op onderdelen aangegeven als een andere inundatieperiode tot grotere schade leidt. Voor het inschatten van de effecten is een gemiddeld scenario beschouwd en indien relevant wordt daarbij een afwijking naar de worst case situatie aangegeven.

- I. Wat is het effect van meestromen op de bodem en bodemstructuur? Als de bodemstructuur verslechterd heeft dat negatieve gevolgen voor de grasproductie. Om inzicht te krijgen in de effecten op bodemstructuur zijn de volgende vragen relevant:
 - a. Verslemt de bodem?
 - b. Wordt de infiltratiecapaciteit beïnvloed?
 - c. Wordt de bodem verdicht door de waterkolom?
 - d. Vindt er sedimentatie plaats?
 - e. Vindt er erosie plaats?
- II. Wat is het effect op het bodemleven? Het bodemleven heeft een grote invloed op de bodemstructuur en omgekeerd en zorgt voor het vrijkomen van nutriënten.
 - a. Wat is de invloed van de variatie in plaatselijke maaiveldhoogte op de overlevingskans van het bodemleven?
 - b. Wat is de invloed op boven- en ondergronds levende organismen?

- III. Wat is het resulterende effect op de grasmat? Afgezien van bodemstructuur en bodemleven wordt het gras ook direct beïnvloed door inundatiewater.
- c. Wat is de relatie tussen de samenstelling en kwaliteit van het gras en de bodem?
 - d. Waarvoor wordt het grasland nu gebruikt?
 - e. Wat zijn de gevolgen van een inundatie op het gras?

Het project geeft geen antwoord op vragen die betrekking hebben op het financiële aspect van de schade. Dit zou bijvoorbeeld interessant kunnen zijn bij het beoordelen van eventuele schadeclaims, het effect van bedrijfsvoering van een lokale boer op de schade of het financieel beoordelen van inundatieduur, -frequentie en –periode. Het onderzoek geeft ook geen antwoord op vragen ten aanzien van de belasting van het oppervlakte- en grondwater door nutriënten en zware metalen.

Er is een literatuuronderzoek uitgevoerd dat is uitgezet binnen 3 onderzoeksgroepen van Wageningen UR. De effecten op de bodemstructuur zijn onderzocht binnen het team Bodemfysica en Landgebruik van Centrum Bodem van Alterra. De effecten op het bodemleven zijn onderzocht door het team Molecular Ecology, Ecotoxicology and Wildlife Management van Centrum Ecosystemen binnen Alterra. Het onderdeel gewasschade is uitgevoerd door de Livestock Research.

I. Effecten op bodemstructuur

Ia. Verslemping en infiltratie

De bodem verslempst niet door inundatie tenzij daarna wordt geweid of een bodembewerking wordt uitgevoerd terwijl de bodem nog nat is. Als de bodem verslempst heeft dit negatieve gevolgen voor de infiltratiecapaciteit en zuurstofconditie in de bodem. Verminderd zuurstofgehalte verlaagt de activiteit van het bodemleven en remt daarmee bodemstructuurvorming. Door verslemping ontstaat een plas-dras-situatie met ernstige gevolgen voor de graszode, tenzij deze situatie minder dan een week aanhoudt. De hoge verzadigingsgraad en slechte waterdoorlatendheid van de bodem na een inundatie veroorzaakt plas-dras-situaties die in het winterhalfjaar meerdere weken kunnen duren. Bij verslempte bodems kan dit maanden zijn. Volledig herstel van deze structure schade kan meer dan 5 jaar duren.

Ib. Bodemverdichting

Door de korte duur van de inundatie en door de alzijdige druk van het infiltrerende water op de bodemdeeltjes treedt er nauwelijks bodemverdichting op als gevolg van de waterkolom. De zuurstoftoevoer na herstel van de vochttoestand wordt daarmee niet beïnvloed en ook de bewerkbaarheid blijft gehandhaafd.

Ic. Sedimentatie

Vanwege de hoge stroomsnelheid van het water in de geul wordt er geen sedimentatie van belangrijke omvang van kleine deeltjes (leem) verwacht. Omdat er in geval van hoogwater veel materiaal van de IJsselbodem wordt losgemaakt, sedimenteert er wel zand op plaatsen waar de watersnelheid kleiner wordt dan 0.15

m/s. Of en waar dit plaats vindt, is op basis van de huidige informatie niet met zekerheid te zeggen. De grootste kans op sedimentatie is in de hoeken links en rechts van de inlaatklep en in plaatselijke laagtes, zoals in de aanwezige greppels. Door het activeren van de stroomgeul neemt de stroomsnelheid ter plaatse van (voor) de inlaat in de IJssel zelf af, waardoor ook daar mogelijk zand wordt afgezet. Het nadelige effect van sedimentatie in de geul heeft vooral betrekking op het grasbestand en niet zozeer op de bodemstructuur.

Id. Erosie

Zowel een goede bodemstructuur als een intensief beheerd grasland, waardoor de beworteling ondiep is, bevorderen de kans op erosie. Door de stroming van het water kunnen de graslanden, maar vooral ook de onbegroeide percelen worden aangetast. De kans op erosie is het grootst in de beginperiode van inundatie ter plaatse van de inlaatklep vanwege de hoge stroomsnelheid en over de gehele inlaat vanwege de golfslag die er optreedt. De kans op erosie neemt vervolgens af met toenemende waterhoogte om daarna in het hele gebied weer toe te nemen met de duur van de inundatie vanwege de toenemende verzadigingsgraad van de toplaag van de bodem. Eenmaal aanwezige kleine schade leidt snel tot grotere schade waarbij gras zelfs plaatselijk kan verdwijnen. Volledig herstel van eventueel geërodeerd grasland neemt meerdere jaren in beslag. Een literatuurstudie alleen biedt echter onvoldoende houvast om met zekerheid te kunnen zeggen of erosie ook daadwerkelijk optreedt. Om de kansen en de mate waarin erosie op zal treden te kunnen kwantificeren is uitgebreid plekspecifiek onderzoek vereist.

II. Effecten op het bodemleven

IIa. Bodemleven en terreinhoogte

Herstel van bodemleven na een inundatie gaat sneller als volwassen organismen vanuit plaatselijke hoogten in het terrein die niet overstroomd het terrein kunnen herbevolken. Deze vorm van herbevolking in het gebied Veessen-Wapenveld is alleen mogelijk vanuit de dijklichamen waardoor dit vanwege de grote af te leggen afstanden lange tijd in beslag zal nemen. Andere vormen van herbevolking worden hierna besproken.

IIb. Boven- en ondergrondse organismen

Bodemorganismen leven in symbiose met zowel ondergronds als bovengronds levende organismen. Daarom is het van belang ook aandacht te besteden aan het effect van inundatie op bovengronds levende soorten. Het aantal soorten dat een overstromingsgebied bevolkt neemt af naarmate er vaker en langer wordt geïnundeerd. Inundaties hebben in dit gebied een negatief effect op organismen omdat zij vanwege het incidentele karakter van de inundaties hierop niet zijn aangepast. De negatieve effecten zijn groter naarmate de inundatie langer duurt. Inundatie in de winter heeft minder negatieve gevolgen voor het bodemleven dan in de zomer omdat de organismen in de zomer actiever zijn. Vertaald naar het gebied Veessen-Wapenveld zijn de te verwachten effecten gering vanwege het kortdurende karakter en omdat de inundaties meestal in het winterhalfjaar plaats vinden. De schade aan wormen zal zich waarschijnlijk veelal binnen een jaar herstellen, omdat de

cocons met eieren van de meeste soorten lange tijd in zuurstofarme omstandigheden kunnen overleven en wormen zo snel groeien dat ze zich binnen een zomer opnieuw voortplanten. Behalve negatieve effecten van inundaties zijn er ook positieve effecten, zoals het doden van schadelijke bodemorganismen.

III. Effecten op de grasmat

IIIa. Relatie samenstelling/kwaliteit van het gras en bodem

Om wateroverlast te voorkomen zijn in het verleden alle percelen in het lage midden van de geul begreppeld en is het maaiveld tussen de greppels rondgelegd (akkerstructuur). De aëratie van het kleipakket is hier gering en beperkt de worteldiepte van gras. Op het gangbare productiegrasland komt hierdoor overwegend het ondiep wortelende ruwbeemd voor, dat landbouwkundig matig wordt gewaardeerd. Op de graspercelen met een beheersovereenkomst voor natuurdoeleinden wordt het grasbestand gedomineerd door Vossestaart. Op de hogere percelen met een betere ontwatering, meer naar de randen van de geul (vooral de oostrand), is het grasbestand aanmerkelijk beter met een hoog percentage Engels raigras.

IIIb. Graslandgebruik

Het overgrote deel van het grasland kent een intensief landbouwkundig gebruik. Op slechts een relatief klein deel zijn beheersovereenkomsten afgesloten voor natuurdoeleinden. Het meeste grasland wordt gemaaid voor ruwvoerwinning, omdat zeker in het midden van de geul de afstand tot de bedrijfsgebouwen te groot is om het grasland te weiden met melkvee. Daarbij zijn veel percelen fysiek lastig te bereiken door relatief brede watergangen. Wel wordt in de nazomer jongvee ingeschaard. De graslanden die zowel geweid als gemaaid worden liggen uitsluitend op de hoger gelegen oostrand van de geul en dicht bij de bedrijfsgebouwen.

IIIc. Gevolgen van inundatie op de graszode

In het lage midden van de geul is het grasland uiterst kwetsbaar voor waterschade. De graszode sterft hier snel af vanwege de slechte waterdoorlatendheid van de bodem. Zolang tijdens een inundatie grasland geheel onder water staat, blijft de schade beperkt omdat het gras dan fysiologisch inactief is en nauwelijks zuurstof verbruikt. Een periode van enkele weken inundatie kan gras meestal wel doorstaan. De grootste schade treedt echter op in de plas-dras-situatie daarna waarbij het gras de groei heeft hervat en zuurstofgebrek in de wortelzone optreedt. Sterk negatieve effecten zijn te verwachten als dit langer dan 1 week aanhoudt. Vooral vanwege de sterke akkerstructuur kan bij stagnatie van de waterafvoer van de hoofdwatertangen het water rond de greppels blijven staan waardoor aanzienlijke schade kan optreden. Herstel van de graszode is tijdrovend omdat zowel grondbewerking, inzaaien en vestigen van de nieuwe zode ideale weersomstandigheden vereist. Het tijdsbestek voor herstel van deze situatie wordt geschat op minimaal enkele maanden tot een jaar. Op de minder zware gronden aan de randen van de geul sterft het gras minder snel af, maar het percentage Engels raigras zal hier wel fors teruglopen. Mocht herinzaai aan de orde zijn dan is dit aan de randen makkelijker uitvoerbaar dan in het lage deel van de geul en brengt het minder risico's met zich mee voor wat betreft de slagingskans. Wel zijn de kosten van herinzaai hoog, namelijk circa € 820 per ha.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en probleemstelling

In het kader van de Planologische Kern Beslissing “Ruimte voor de Rivier” is in de gemeente Heerde de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld gepland. Deze geul zorgt voor een veilige afvoer van het water in de IJssel in perioden van hoogwater. Door de IJssel ter hoogte van Veessen meer ruimte te geven, kan een grotere hoeveelheid water sneller worden afgevoerd.

In 2015 moet de hoogwatergeul klaar zijn. Staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat, Tineke Huizinga, is opdrachtgever voor de maatregel en neemt uiteindelijk het besluit over de te realiseren voorkeursvariant.

Na de aanleg van de hoogwatergeul wordt het huidige grondgebruik (veehouderij en weidevogels) voortgezet. Via een in- en uitlaatwerk zal het gebied tussen de nieuwe dijken naar verwachting eens in een mensleven meestromen met de IJssel. De instroomhoogte bedraagt 5.65 m+NAP en de uitstroomhoogte 4.20 m+NAP. Als de geul wordt ingezet stroomt er gedurende circa 3 weken water doorheen met een snelheid van 1 à 1,2 m/s. De inschatting is dat het dan nog 1 tot 3 weken duurt voordat het water van het maaiveld verdwenen is. Grofweg komt er maximaal 3,5 à 4 meter water op het maaiveld te staan.

Vanuit de projectorganisatie en de lokale boeren (voornamelijk melkveehouderijen) zijn er vragen gekomen over de korte- en langetermijneffecten van de tijdelijke inundaties op hun grond. De vragen zijn samengevat in drie hoofdgroepen en vervolgens onderverdeeld in subvragen omdat elk ervan bijdraagt aan het beantwoorden ervan. Voor het inschatten van de effecten is een gemiddeld scenario beschouwd en indien relevant wordt daarbij een afwijking naar de worst case situatie aangegeven.

- I. Wat is het effect van meestromen op de bodem en bodemstructuur? Als de bodemstructuur verslechterd heeft dat negatieve gevolgen voor de grasproductie. Om inzicht te krijgen in de effecten op bodemstructuur zijn de volgende vragen relevant:
 - a. Verslemt de bodem?
 - b. Wordt de infiltratiecapaciteit beïnvloed?
 - c. Wordt de bodem verdicht door de waterkolom?
 - d. Vindt er sedimentatie plaats?
 - e. Vindt er erosie plaats?
- II. Wat is het effect op het bodemleven? Het bodemleven heeft een grote invloed op de bodemstructuur en omgekeerd en zorgt voor het vrijkomen van nutriënten.
 - a. Wat is de invloed van de variatie in plaatselijke maaiveldhoogte op de overlevingskansen van het bodemleven?
 - b. Wat is de invloed op boven- en ondergronds levende organismen?

- III. Wat is het resulterende effect op de grasmat? Afgezien van bodemstructuur en bodemleven wordt het gras ook direct beïnvloed door inundatiewater.
- Wat is de relatie tussen samenstelling en kwaliteit van het gras en de bodem?
 - Waarvoor wordt het grasland nu gebruikt?
 - Wat zijn de gevolgen van een inundatie op het gras?

Dit rapport geeft, voor zover dat op basis van een literatuuronderzoek mogelijk is, antwoord op deze vragen. Het rapport geeft geen antwoord op vragen die betrekking hebben op financiële aspecten van de schade.

1.2 Projectdoelstelling

Het voornaamste doel van dit project was in overleg te komen met de lokale boeren, waarbij zij hun vragen ten aanzien van het gebruik van de hoogwatergeul konden ventileren en waarbij de voorziene problemen in dit project konden worden beoordeeld op grond van een literatuurstudie en expert judgement.

De vragen van de projectorganisatie en de boeren hebben feitelijk betrekking op drie verschillende onderzoeksdisciplines: bodemstructuur, bodemleven en gewasschade die elk effect kunnen hebben op de vitaliteit van de verbouwde gewassen en beweide- of bewerkbaarheid van de gronden.

Deze onderdelen zijn onderzocht binnen drie onderzoeksgroepen van Wageningen UR. De effecten op de bodemstructuur zijn onderzocht binnen het team Bodemfysica en Landgebruik van Centrum Bodem van Alterra. De effecten op het bodemleven zijn onderzocht door het team Molecular Ecology, Ecotoxicology and Wildlife Management van Centrum Ecosystemen binnen Alterra. Het onderdeel gewasschade is uitgevoerd door de Livestock Research.

De uitgangspunten bij het onderzoek waren:

- Een inundatiefrequentie van eens per mensenleven.
- Een vastgestelde dijkligging.
- De invloeden van een inundatie zijn afhankelijk van verschillende parameters zoals het jaargetijde, bodemtype, temperatuur en bedrijfsvoering. In het onderzoek wordt bij deze parameters uitgegaan van een gemiddeld scenario.

Het project geeft geen antwoord op:

- Vragen die betrekking hebben op financiële aspecten van de schade. Dit kan van het belang zijn bij eventuele schadeclaims of om te bepalen welke inundatieduur, -frequentie en -periode economisch gezien de minste schade zal opleveren. Ook kan de bedrijfsvoering van de lokale boeren van belang zijn, omdat deze van invloed is op de ontstane schade. De invloed van de verdeling veldkavel - huiskavel bijvoorbeeld wordt al uitvoerig bediscussieerd en wordt daarom niet in het onderzoek betrokken.
- Belasting van het oppervlakte- en grondwater door nutriënten en zware metalen.

1.3 Opbouw van het rapport

Hoofdstuk 2 beschrijft de uitgangssituatie, waaronder de bodemopbouw, het grondgebruik en hoe de geul in de toekomst zal worden ingezet. De hoofdstukken 3, 4 en 5 beschrijven achtereenvolgens de effecten van tijdelijke inundaties op de bodemstructuur, bodemleven en grasland.

2 Uitgangspunten

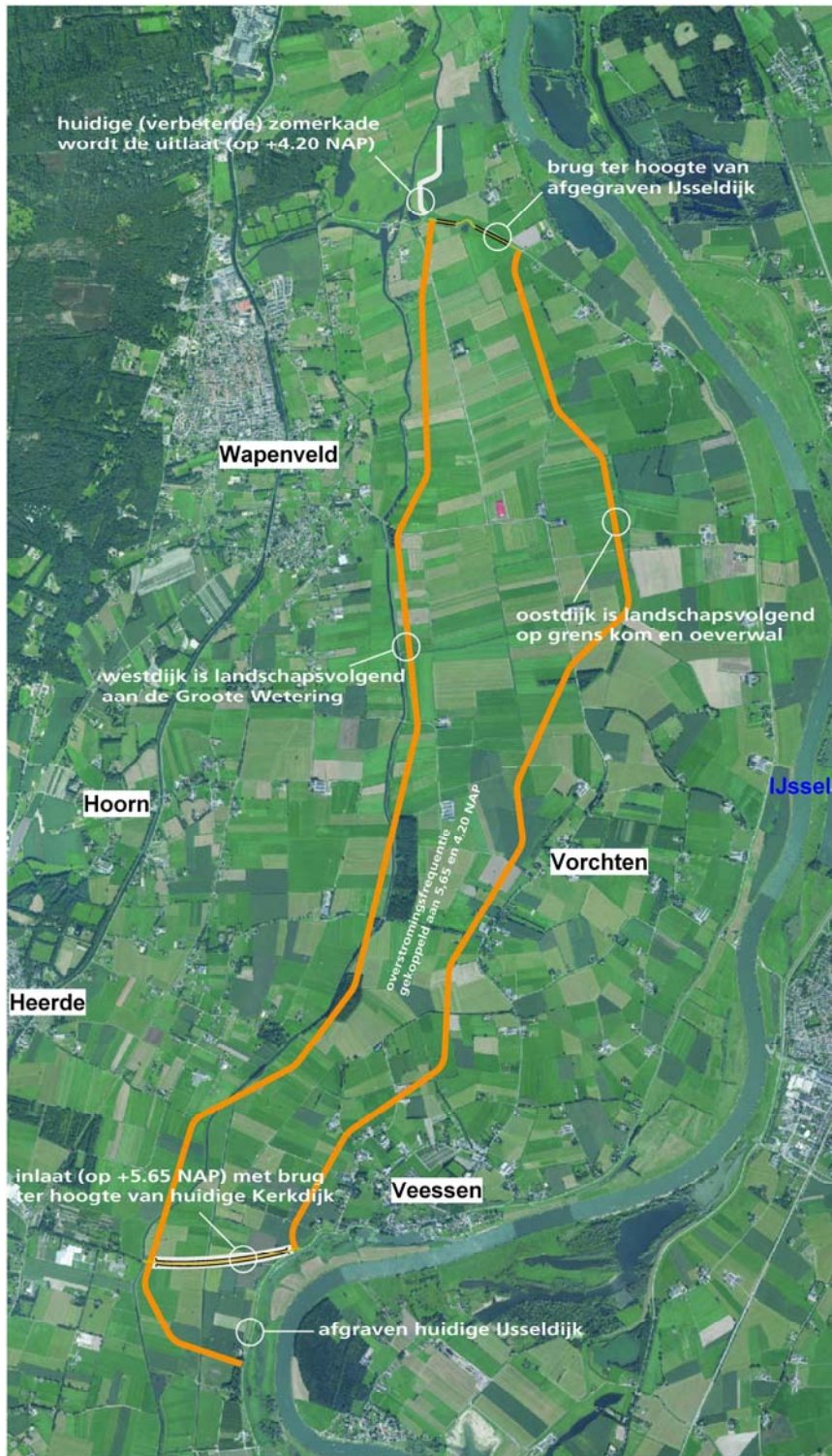
2.1 Situering hoogwatergeul

De hoogwatergeul Veessen-Wapenveld bevindt zich aan de noordzijde van de IJssel zoals in figuur 1 is weergegeven. De aanleg van deze geul is één van de vele maatregelen die er in het kader van de PKB “Ruimte voor de Rivier” op het IJsseltraject worden genomen.



Figuur 1 De hoogwatergeul Veessen-Wapenveld in het noordelijke gedeelte van de IJssel. De geul wordt aan de westzijde gerealiseerd. Bron: De langetermijnvisie PKB-Ruimte voor de Rivier, Deel 1

Figuur 2 geeft de ligging van de geul. De inlaat wordt geplaatst in het zuiden ter hoogte van Veessen en de uitlaat in het noorden bij Wapenveld. Naar verwachting stroomt er eens per mensenleven water in de geul met de IJssel mee onder vrij verval bij een instroomhoogte van 5,65 m+NAP en een uitstroomhoogte van 4,20 m+NAP. Het hoogteverschil tussen de in- en uitlaat bedraagt daarmee circa 1,45 m. De verwachte stroomsnelheid bij een dergelijk incident bedraagt 1 tot 1,2 meter per seconde.



Figuur 2 Ligging van de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld.

2.2 Bodem en grondgebruik

Uit de bodemkaart ([figuur 3](#)) is informatie afgeleid over de bodemopbouw en de grondwaterstanden.

Tabel 1 Gegevens behorende bij de bodemkaart van [figuur 3](#)

Lokatie van Noord naar Zuid	Positie binnen de geul		
	West	Midden	Oost
Ter hoogte van Wapenveld	Rv01C, II	-	Rn95A, V
Tussen Wapenveld en Vorchten	Rv01C, II	-	Rn44C, II
	Rv01Cp, II		
	Rv01Cg, II		
Ter hoogte van Vorchten	Rv01Cp, II	Rn44C, II	Zb23, VII
Tussen Vorchten en Veessen	Rn47Cp, II	Rn47C, III	Rn95A, VI
			Rd90A, VI
Ten zuiden van Veessen	Rn47Cg, III	-	Rn95A, VI

Westen hoogwatergeul:

In het westen van de hoogwatergeul is de bodem kalkloos. De bovengrond bestaat uit zware zavel of klei op een

- tenminste 40cm dikke veenlaag op zand/grind tussen Wapenveld en Vorchten (Rv01Cp, Rv01Cg) die meer naar het oosten van de geul overgaat in een dikkere veenlaag (Rv01C)
- zand/grind ondergrond tussen Vorchten en Veessen (Rn47Cp, Rn47Cg)

De gemiddeld hoogste grondwaterstand is minder dan 40cm. De gemiddeld laagste grondwaterstand is 50 tot 80 cm.

Midden en oosten hoogwatergeul:

In het oosten van de hoogwatergeul is de bodem voornamelijk kalkhoudend (Rn95A), met uitzondering van een deel tussen Vorchten en Wapenveld (Rn44C) en het zuiden (Rd90A). De grond bestaat in het oostelijk deel voornamelijk uit zware zavel tot lichte klei, en tussen Wapenveld en Vorchten uit zware klei (Rn44C). Ook in het midden tussen Vorchten en Veessen bevindt zich zware klei (Rn44C). Een uitzondering vormt een kleine plek ter hoogte van Vorchten. Daar bestaat de grond uit lemig fijn zand (Zb23). De GHG neemt van noord naar zuid af van minder dan 40cm naar circa 80 cm. De GLG is meer dan 120cm.

In tegenstelling tot de bodems in de geul zijn de bodems in de uiterwaarden in het algemeen kalkhoudender en lichter. Omdat de uiterwaarden veel vaker overstromen, een betere waterdoorlatendheid bezitten, minder slempgevoelig zijn, een andere grassamenstelling hebben en door de combinatie van deze factoren een andere (her)bevolking van bodemorganismen veroorzaken, is dit gebied slecht vergelijkbaar met het gebied van de geul.

Het huidige grondgebruik bestaat voornamelijk uit veehouderij waarbij het voorkomen van weidevogels als belangrijk aanvullend kenmerk wordt gezien.

2.3 Gebruik van de geul

Naar verwachting stroomt de geul eens in een mensenleven mee met de IJssel. In dat geval stroomt er gedurende circa 3 weken water door met een snelheid van 1 tot 1,2 m/s. De waterhoogte is in die periode 3,5 tot 4 meter boven plaatselijk maaiveld.

De geul gaat zonder menselijk ingrijpen meestromen op het moment dat het IJsselpeil bij de inlaat de waarde 5,65 m+NAP overschrijdt (figuur 4). Zodra dit gebeurt, worden de lager gelegen kleppen bij de inlaat actief opengezet zodat de doorstromingsnelheid in de geul groter kan worden. Het water stroomt onder vrij verval gelijk aan het IJsselpeil over en door de uitlaat bij een hoogte van 4,2 m+NAP weer terug in de IJssel. Zodra de inlaat weer wordt gesloten, stroomt het water passief door een duiker in de uitlaat terug in de IJssel (figuur 4). Daarbij valt het zuidoostelijke deel van de geul het eerste droog. Het noordelijke deel dient gedeeltelijk via bemaling drooggepompt te worden vanwege plaatselijk diepere plekken (figuur 4).

3 Bodemstructuur

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de gevolgen van inundatie op de bodemstructuur. Wij kijken dan naar:

- Verslemping en infiltratiecapaciteit
- Bodemverdichting
- Sedimentatie
- Erosie

De bodemstructuur is een belangrijke parameter die van invloed is op de kwaliteit van het grasland. Charman & Murphy (1998) beschouwen de structuur van een grond voor agrarisch gebruik als goed wanneer het geaggregeerd is en het een lage dichtheid gecombineerd met een hoge porositeit bezit. De definitie van goed is natuurlijk subjectief, maar het is wel verdedigbaar om een grond met goede structuur te bestempelen als een grond die een robuuste biologische activiteit toestaat, snel water opneemt, opslaat en transporteert en evenredig daarmee ook de gassen en nutriënten.

Over de effecten van inundaties met zoet water op de structuur van de bodem is zeer weinig literatuur bekend. Het thema Ruimte voor de Rivier is in dat opzicht een nieuw onderzoeksgebied waarbij de literatuur alleen zijdelings vragen kan beantwoorden die daarom alleen als richtinggevend mogen worden beschouwd. Er is nog veel (monitorings)onderzoek nodig om de effecten van zoetwaterinundaties te kunnen vangen in algemene wetmatigheden. Plekspecifiek onderzoek blijft altijd nodig vanwege bodemheterogeniteiten en wisselende inundatiesituaties.

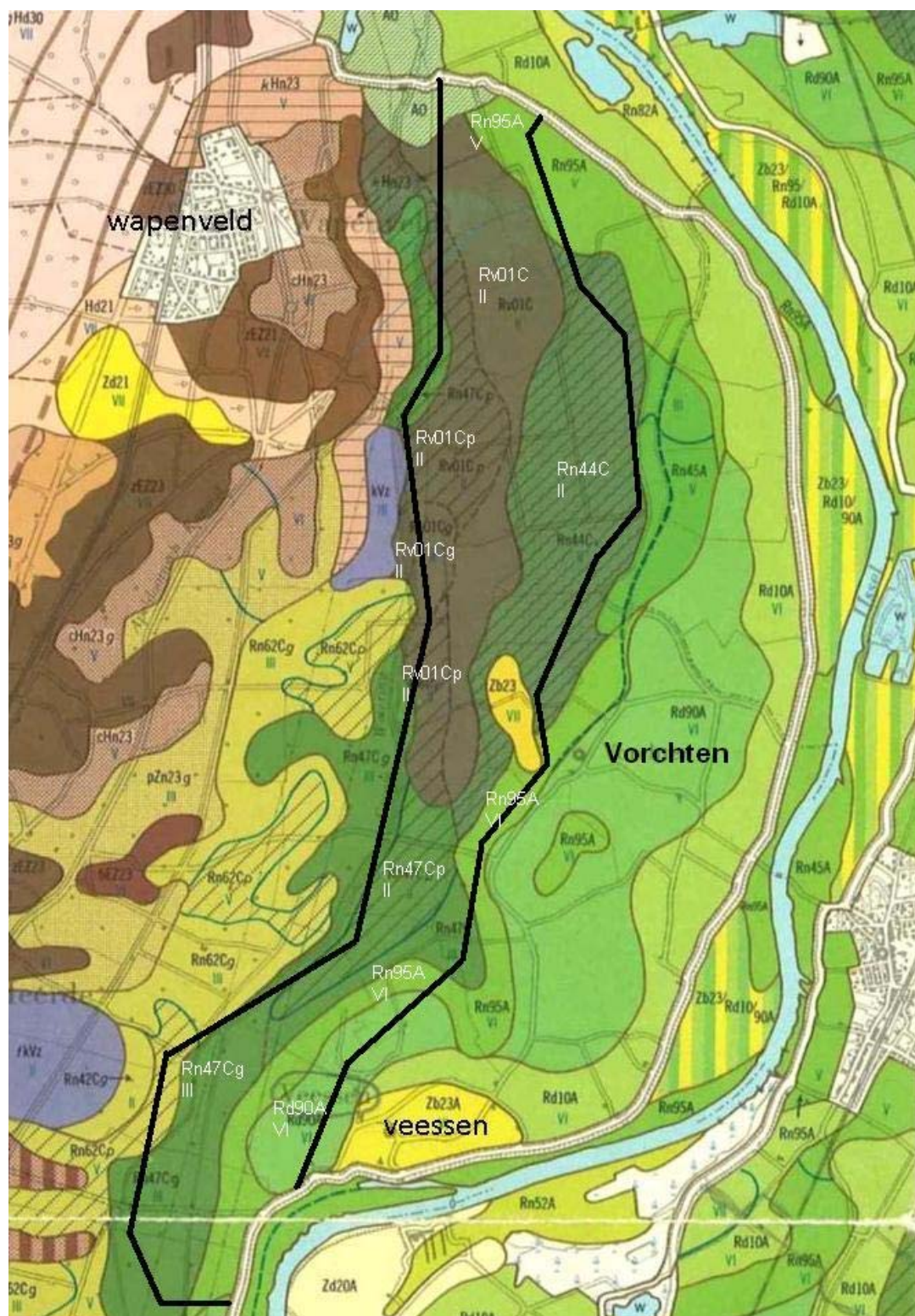
3.1 Algemeen

Volgens een literatuurstudie (de Boer, 2003) kunnen er bij inundaties met zoetwater korte- en lange termijneffecten worden onderscheiden. Het korte termijneffect betreft vooral het herstel van de bodemvochttoestand na een inundatie. Het lange termijneffect heeft betrekking op het herstel van agrarische bedrijfsvoering, waaronder het herstel van de graszode. Korte termijneffecten vinden plaats binnen weken tot maanden; de lange termijneffecten kunnen 2 tot 5 jaar in beslag nemen.

In het algemeen zijn bij waterbergingen in maart en oktober de grootste opbrengstdervingen te verwachten. Dit komt omdat in het voorjaar het groeiseizoen door een inundatie wordt verkort en de bodem opnieuw bewerkt moet worden en in het najaar de akkerbouwgewassen verloren gaan (Geenen, 2002).

Inundaties in januari zijn volgens de Boer relatief gunstig omdat er dan weinig gewassen op het land staan en het groeiseizoen nog niet is gestart. Bij inundaties in maart is er gevaar voor het ontstaan van structuurschade door bewerking onder te

natte omstandigheden. Herstel van eventuele structuurschade kan worden versneld door na de inundaties goed wortelende groenbemers te zaaien.



Figuur 3 De positie van de hoogwatergeul geprojecteerd op de bodemkaart

meestromende geul



leeglopende geul



bemaling geul



Figuur 4 Linksboven: Bij overschrijding van het peil 5,65 m+NAP stroomt water over de inlaat. Dan wordt ook de schuif opengezet. Rechtsboven: Na het sluiten van de uitlaat loopt water door de duiker verder terug in de IJssel. Onder: De plekken midden en noord worden bemalen.

3.2 Verslemping, draagkracht en infiltratiecapaciteit

Kleiaggregaten kunnen op verschillende manieren uiteenvallen. Eén manier is het uiteenspatten zodra zij van alle zijden tegelijkertijd worden vernat. Zij zwellen dan door vernatting, maar kunnen door de met water gevulde poriën de ingesloten lucht niet kwijt waardoor de druk intern oploopt, hetgeen uiteindelijk resulteert in het uiteenspatten van het aggregaat. Dit heeft tijdelijke structuurdegradatie van de bodem tot gevolg. Dit fenomeen treedt echter lang niet op elke plek van de inundatie op. Het kan ook optreden bij normale regenval. Het effect is bovendien voor een groot deel reversibel: zodra de bodem droogt kunnen aggregaten opnieuw worden gevormd. De Boer (2003) zegt dat uiteenspatten van structuurelementen eerder optreedt als er lucht in het profiel is ingesloten. In tegenstelling tot wat hierboven is bedoeld, bedoelt hij niet zozeer de ingesloten lucht binnen een structuurelement, maar op ingesloten lucht in het hele profiel. Ook op dat niveau kunnen structuurelementen openbarsten door te hoge drukken. Dit treedt ons inziens echter alleen daar op waar aggregaten de ruimte hebben. Dit is met name aan de oppervlakte het geval. Bij trage inundatie is er door de langzame vernatting meer kans dat de lucht kan ontsnappen, waardoor de schade beperkt zal zijn. Dit is echter vooral het geval als het water van onderaf het profiel inkomt, waardoor lucht naar boven toe kan verdwijnen. In het geval Veessen-Wapenveld is dat nauwelijks het geval. Ook bij trage inundatie wordt lucht van bovenaf ingesloten. Door de druk van de waterkolom en alzijdige druk van de bodem zal van structuurbederf door het uiteenspatten van aggregaten maar beperkt sprake zijn. Onze inschatting is dat de snelheid van inundatie daarom een veel kleinere rol speelt bij het optreden van mogelijk structuurbederf dan de Boer aangeeft. Voor effecten op deze schaal is echter geen literatuur bekend waarin dit wordt aangetoond.

Snelle vernatting geeft een grotere afbraak van aggregaten dan langzame vernatting. Snelle vernatting treedt op bij gronden met een laag organisch stofgehalte of lage bulkdichtheid. Organisch stof vertraagt de vernatting van de bodem en vergroot daarmee de stabiliteit van de aggregaten (Monnier, 1965 geciteerd door Coughlan, 1991). Het organisch stofgehalte in de bovengrond van het gebied bedraagt 2 tot 5%, hetgeen voor redelijk stabiele aggregaten zorgt, waardoor deze ondanks een snelle vernatting slechts op beperkte schaal uiteen zullen vallen.

Doordat de lichtere deeltjes in de aggregaten na uiteenvallen naar de oppervlakte komen, veroorzaken zij in normale vernattingsituaties een slecht waterdoorlatende slemplaag. In het geval van Veessen-Wapenveld worden de lichte bodemdeeltjes door de relatief grote watersnelheid in de geul afgevoerd met het IJsselwater. Het vormen van een slemplaag wordt hiermee voor een deel voorkomen. Het gevaar van de vorming van een slemplaag is wel aanwezig op momenten dat de snelheid van water nul wordt, zoals aan het einde van een inundatie. In dat geval kunnen de lichte deeltjes die in het IJsselwater aanwezig zijn neerslaan op de graslanden van de geul. De verwachting is dat de gevolgen ten aanzien van verslemping en sedimentatie ook dan niet groot zijn omdat ook bij het leeglopen van de geul het water in beweging blijft. Monitoringsonderzoek in Salland (Bakker et al., 2009) laat geen aantoonbare extra verslemping zien na inundaties. Groot structuurbederf is in Salland wel

opgetreden ten gevolge van het aanleggen van de waterberging. Uit het oogpunt van voorkoming van langdurig structuurbederf is het van essentieel belang dat de vergravingen tot een minimum worden beperkt. Op plaatsen waar grondbewerking onvermijdelijk is, dient zoveel mogelijk gebruik gemaakt te worden van lichte machines met lage bandspanningen die het grondwerk in droge perioden uitvoeren en de te berijden oppervlakte minimaliseren.

Volgens Taboada (2003) hebben structuurproblemen bij inundatie met zoet water alleen betrekking op de draagkracht. Dat dit een belangrijk aspect is blijkt ook uit het monitoringonderzoek dat is uitgevoerd in Salland waarbij grasland van een melkveehouder gedurende 4 jaar regelmatig onder water is gezet (Bakker et al., 2009). Zolang de bodem nat is na een inundatie, is het gevoelig voor structuurschade door betreding of door bewerking met machines met een te hoge bandenspanning. Betreding en bewerking verkleint vooral het aandeel grotere poriën (> 60 µm). Porositeitproblemen als gevolg van vertrapping en bewerking herstellen in kleigronden voor een deel door vorst. De natte grond zet dan uit door de vorming van ijskristallen. In daarop volgende drogere perioden heeft de grond door krimp een nieuwe verbeterde structuur aangenomen. Volledig herstel kan echter meer dan 5 jaar duren.

Het versmeren of verdichten van een grond zorgt vooral bij nat weer voor zuurstoftekorten waardoor de wortelgroei van gewassen vertraagt. Door versmering en verdichting ontstaat een verlaagde infiltratiecapaciteit waardoor de grond langer nat blijft. In het winterhalfjaar kunnen dan plas-dras-situaties ontstaan die weken tot maanden kunnen aanhouden. Bij versmering is de grond na het opdrogen harder waardoor meer trekkracht nodig is voor bewerking.

Geconcludeerd wordt dat de bodem niet verslemt door de inundatie zelf. Verslemping treedt vooral op bij bewerking en betreding in de natte periode na inundatie. De heeft grote nadelige invloed op de zuurstofvoorziening van plantenwortels en op de infiltratiecapaciteit

3.3 Bodemverdichting

Volgens de Boer (2003) kan bij kleigronden met een gelaagde opbouw compactie optreden als er lucht in het profiel is ingesloten. Zodra er geen lucht aanwezig is, is de druk door de waterkolom alzijdig en heeft de inundatie geen compactie tot gevolg.

Om een idee te krijgen van de orde van grootte bij een 4 meter hoge waterkolom hebben we een simpele rekenexercitie uitgevoerd waarbij de druk van de waterkolom is vergeleken met die van een gemiddelde koe. Dit laat zien dat de druk die een koe per eenheid van bodemoppervlak uitoefent ongeveer 4 keer groter is dan de druk die optreedt door een waterkolom van 4 meter hoogte. Met de formule van Terzaghi (Locher en de Bakker, 1990) is een schatting gemaakt van de zakking die bij een waterkolom van 4 meter in dit gebied op kan treden. In de 'worst case' kleisituatie, met een goed ontwikkelde poriestructuur zoals in dit gebied is te verwachten, is de

weerstand tegen samendrukbaarheid minimaal ($C=5$). In die situatie blijkt de zakking in 30 jaar maximaal 8 mm te bedragen. In de 3 weken dat het water door de geul stroomt is de zakking hier echter maar een fractie van. De drukhoogte neemt door inundatie in het profiel toe waardoor de waterspanning sterk toeneemt. Het gevolg daarvan is dat de zakking vele malen kleiner zal zijn dan met de formule van Terzaghi is berekend.

Geconcludeerd wordt dat de waterkolom een verwaarloosbare invloed op de zakking heeft en daarmee op de bodemverdichting.

3.4 Sedimentatie

In tabel 2 is een grove indicatieve indeling gegeven van de stroomsnelheden waarbij sedimentatie en erosie plaats vindt.

Tabel 2 Eisen voor sedimentatie en erosie (Meesters en Leeuwestein, 1995)

Proces	Kritieke stroomsnelheid (m/s)		
	Klei $D < 2 \text{ } \mu\text{m}$	Silt $2 < D < 50 \text{ } \mu\text{m}$	Zand $0.05 < D < 2 \text{ mm}$
Sedimentatie in stroming	<0.01	< 0.01	0.04 à 0.15
Erosie in Stroming	1.0	1.0 à 0.3	0.30 à 0.50

(D = Diameter bodemdeeltje)

De grootste zanddeeltjes slaan neer bij een stroomsnelheid van het water van 15 cm/s. De grootste siltdeeltjes slaan neer bij een snelheid van minder dan 10 mm/s. De grootste lutumdeeltjes slaan neer bij vrijwel stilstaand water.

Bij normale waterstanden voert de IJssel nauwelijks sediment: dit is door de lage stroomsnelheden in de bovenlopen van de Rijn al afgezet. Anders wordt dit bij hoogwater. In dat geval wordt er door de hoge stroomsnelheden sediment van het bodemprofiel van de IJssel losgemaakt en voornamelijk op trajecten met een hoge interactieparameter afgezet (Sorber, 1997). Dit is onder andere daar waar het profiel breed en diep is.

De doorstroomsnelheid in de geul Veessen-Wapenveld zal 1 tot 1,2 m/s bedragen. Globaal gezien is het sedimenteren van zandfracties of kleiner daarom onwaarschijnlijk. De verwachting is dat in lokaal aanwezige gaten en greppels en op randen waar het water kleinere stroomsnelheden bereikt wel sedimentatie plaats kan vinden van met name zandig restmateriaal dat nog niet bij de inlaat in de IJssel zelf is afgezet. Sedimentatie van silt- of kleideeltjes (tezamen leem) kan alleen daar plaats vinden waar het water nagenoeg tot stilstand komt. Vanwege het dynamische karakter van het water in de stroomgeul, zowel bij het inlaten als het uitlaten van het water, zijn leemafzettingen van betekenis onwaarschijnlijk. Het is wel mogelijk dat er sedimentatie van zand plaats vindt in de binnenbocht van de IJssel zelf ter hoogte van Veessen, omdat daar de stroomsnelheid door het actief worden van de geul sterk terugloopt. Meestal vindt ook direct achter een inlaat van een winterbed sedimentatie plaats, omdat de stroomsnelheid daar afneemt ten opzichte van de stroomsnelheid in

de hoofdstroom van vóór de inlaat. Bij het openzetten van de inlaatklep neemt de snelheid direct achter de inlaatklep toe, maar dit heeft gelijktijd tot gevolg dat de snelheid aan de randen afneemt, waardoor direct links en rechts achter de inlaatklep sedimentatie van zandig materiaal plaats kan vinden.

Geconcludeerd wordt dat leemsedimentatie van betekenis vanwege het dynamische karakter van het water in de stroomgeul onwaarschijnlijk is. Direct aan de linker- en rechterzijde van de inlaatklep en in lokaal aanwezige gaten, greppels en op randen en kan sedimentatie plaats vinden van met name zandig materiaal. Alleen zeer lokaal waar water tot stilstand komt kan ook in lichte mate leem worden afgezet.

3.5 Erosie

Het is de vraag in hoeverre de bodem en de grasmat bestand is tegen de hoge stroomsnelheid in de geul. Zoals tabel 2 aangeeft, is er bij een kleidek erosie te verwachten bij een stroomsnelheid van meer dan 1 m/s in onbegroeide toestand. Het grootste areaal van de geul is begroeid, maar er zijn ook enkele plekken die voor de teelt van andere gewassen worden gebruikt.

Bij erosie van klei treden er verschillende mechanismen op. Erosie treedt op ten gevolge van:

- het “in oplossing gaan” (dispergeren) van fijne deeltjes in stilstaand water;
- het meevoeren van deeltjes onder invloed van waterstroming;
- de krachten door brekende golven.

De werking van deze mechanismen hangt af van de belasting en van de structuur in de klei (Ooijen et al, 1996).

Dispergeren van fijne deeltjes in stilstaand of stromend water

Fijne deeltjes in klei kunnen onder bepaalde omstandigheden zonder enige stroming in water worden opgenomen. De klei lost als het ware op (dispergeert), omdat de deeltjes zoveel water aantrekken dat de onderlinge samenhang verloren gaat. Deze vorm van erosie werkt bij de meeste klei in Nederland slechts zeer langzaam. Op langere termijn kan mede door dit mechanisme ook in erosiebestendige klei ontgronding van formaat ontstaan (Ooijen et al, 1996). In de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld is dit mechanisme echter slechts voor een beperkt gedeelte van belang omdat over de gronden niet langer dan 3 weken water stroomt. Op de grootste delen van het gebied staat gras, waardoor dit effect op die plaatsen verwaarloosbaar is.

Geconcludeerd wordt dat erosie door dispergatie in dit gebied verwaarloosbaar klein is.

Meevoeren van deeltjes door stromend water

Door stroming van water langs grond kunnen individuele gronddeeltjes of kleine aggregaten uit de grond worden losgewerkt, hetgeen als een min of meer regelmatige slijtage van het oppervlak wordt waargenomen. Dit mechanisme leidt bij stroming langs zand snel tot grote schade. Ook bij zandige klei leidt dit mechanisme tot snelle aantasting (Ooijen et al, 1996). Met name het zuidoostelijk gelegen gebied is hiervoor gevoelig omdat de bovengrond daar vrij licht is (zware zavel, lichte klei of lemig fijn zand).

In het laboratorium is de mate van erosie van verschillende nauwelijks doorwortelde gronden vergeleken (Ooijen et al, 1996). Het bleek dat grond met meer dan 40% zand zeer snel erodeert bij relatief geringe stroomsnelheden. Uit tabel 2 volgt dat erosie van zand al optreedt bij een stroomsnelheid van 0.3 m/s. De gronden met een sterkere binding zoals kleigronden eroderen bij een hogere snelheden. Tabel 2 geeft aan dat kleigronden eroderen bij watersnelheden boven de 1 m/s. Bij zware klei leidt erosie door langsstromend water daarom niet tot grote slijtage. Water kan gedurende tenminste enige uren met een snelheid van 8 m/s langs een dergelijke klei stromen, zonder een grotere slijtage te veroorzaken dan 1 tot 3 mm. Dit geldt als de grond goed verdicht is of lang in de onverzadigde zone is geweest. Kleisoorten die slechts een klein vochtbereik hebben waarin zij zich plastisch ofwel vervormbaar gedragen en dus een lage plasticiteitsindex bezitten, hebben wel een hoge erosiegevoeligheid. De bevindingen met het laboratoriumerosietoestel zijn in overeenstemming met resultaten van grootschalige proeven en met veldwaarnemingen van erosieschade (Ooijen et al, 1996). Ook komen de bevindingen overeen met hetgeen in grootschalige proeven in 1992 is geconstateerd. Of de gronden in de hoogwatergeul een lage plasticiteitsindex bezitten, is alleen op basis van praktisch onderzoek aan te tonen.

Indien grond een sterk ontwikkelde fijne bodemstructuur heeft, dus een structuur met veel kleine aggregaten, kan ook bij zware klei sterke erosie optreden door het verdwijnen van deze kleinere aggregaten, net als bij de erosie van zand. In tegenstelling tot zandkorrels kunnen kleine aggregaten echter door wortels zeer hecht aan elkaar verankerd worden, waardoor de graszode toch relatief erosiebestendig is.

Het zuidoostelijke deel van het gebied bevat lichtere grondsoorten dan het westelijke deel waardoor in het zuidoosten de kans op erosie groter is. In de beginperiode bij het vollopen van de geul is het water turbulent en heeft nabij de bodem nog grote stroomsnelheden. Bij het hoger worden van het waterniveau is het snelheidsprofiel over de waterhoogte dusdanig dat de stroomsnelheid nabij de bodem afneemt en daarmee de kans op erosie. Bij het verder verstrijken van de tijd neemt de verzadigingsgraad van de bodem toe waardoor de kans op het vervloeien van de grond toeneemt en daarmee de kans op erosie. Het meest erosiegevoelig zijn dus de begin en eindmomenten van de inundaties.

Geconcludeerd wordt dat er is een reële kans op erosie is door langsstromend water. Er is echter uitgebreid plekspecifiek onderzoek nodig om de kansen op en de mate van erosie te kunnen kwantificeren. De kans op erosie in het zuidoostelijk deel van

het gebied is het grootst vanwege de relatief lichtere gronden, maar ook direct achter de inlaatklep vanwege de relatief hoge stroomsnelheden. Het grootste deel van het gebied bezit een gesloten grasmat, waardoor de kans op erosie afneemt ten opzichte van die bij kale grond.

Erosie door de kracht van golven

Een belangrijk erosiemechanisme wordt gevormd door brekende golven. In de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld kan dit een probleem vormen bij het volstromen van de geul. Voor klei met een goed ontwikkelde bodemstructuur zonder graszode is het losslaan en verdwijnen van grondaggregaten een belangrijke vorm van erosie. In 1992 zijn grootschalige proeven uitgevoerd op klei met een goede bodemstructuur. Het bleek dat golven van tenminste 1 m de belangrijkste oorzaak zijn van erosieschade in erosiebestendige klei. De uitkomsten van benaderende berekeningen wijzen er echter op dat deze vorm van erosie bij golven lager dan 0.5 m waarschijnlijk nauwelijks meer optreedt (Ooijen et al, 1996). Er zijn in deze periode ook proeven uitgevoerd met een kleidek dat voorzien was van een graszode. Deze proeven geven de beschermende werking van een goede graszode goed aan. Er ontstond pas grote schade aan de klei met goede bodemstructuur nadat de graszode zeer sterk was aangetast. In de bedoelde proef kon de zode na meer dan 16 uur golfbelasting van 1,5 meter hoge golven als plaatselijk bezweken worden aangemerkt.

Bij eenmaal ontstane schade ontwikkelt de schade zich door de wisselwerking van de verschillende betrokken erosieprocessen steeds sneller. Er kunnen in betrekkelijk korte tijd gaten van meer dan 0.8 m diepte ontstaan in klei zonder graszode met een goede bodemstructuur (Ooijen et al, 1996).

Geconcludeerd wordt dat in het geval van de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld, waarbij de gehele geul is voorzien van een grasmat, de erosieschade door golven beperkt blijft als de golfhoogte kleiner is dan 0.5 meter. De grootste potentiële schade door golfslag ontstaat bij de inlaat omdat daar de grootste krachten ontstaan bij het vol laten lopen van de geul.

Erosievermindering door graslandbeheer

De opbouw van de grasmat is van invloed op de erosiebestendigheid ervan. In een studie van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (Verheij et al., 1998) is onderzoek gedaan naar de effecten van de opbouw van de grasmat op erosie door water.

Die studie geeft aan dat nauwelijks schade optreedt bij een gelijkmatige, gesloten grasmat met een hoge worteldichtheid. Het beheer is hierbij de sturende factor: onbemest hooien en licht bemest weiden leiden tot een sterke zode. Na inzaai is de grasmat in drie tot vijf jaar op sterkte.

De sterkte zit grotendeels in de wortellaag. In een diep wortelprofiel van 15 cm is de erosie minimaal. In een wortelprofiel van 5 cm is de kans op erosie aanzienlijk groter. Volgens Verheij is een goed erosiebestendige grasmat erosiebestendiger dan de meest

erosiebestendige klei. Ook kleine beschadigingen en aanwezige gaten, waaronder mollengangen, leiden in die situatie niet tot schade. Opgemerkt moet worden dat erosiebestendige klei (categorie 1) in de loop der jaren de erosiebestendigheid in de bovenste decimeters verliest vanwege voortschrijdende structuurvorming door chemische, fysische en biologische processen.

De criteria die Verheij aangeeft om een sterk en diep wortelprofiel te krijgen hebben hoofdzakelijk te maken met het beperken van de bemesting en dus ook met de afvoer van mogelijke nutriënteninput zoals hooi. Bij hooien zonder bemesting ontstaat de hoogste worteldichtheid in een laag tot 15 cm met veel dikke en dunne wortels. Essentieel voor de zodevorming noemt hij het afvoeren van het geproduceerde gewas door hooien of beweiden. Licht bemest beweiden (tot maximaal 75 kg N/ha/j) leidt in principe al tot een sterke zode. Intensief bemesten met weiden of hooien leidt tot een geringe doorworteling. Een maairequentie van 7 tot 8 keer per seizoen, waarbij het maaisel blijft liggen, vormt een dicht maar ondiep wortelpakket dat geconcentreerd blijft in de bovenste 5 cm.

Geconcludeerd wordt dat de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld gering erosiebestendig ondiep wortelend grasland bezit omdat het intensief wordt beheerd. Het toepassen van ander beheer ten behoeve van betere erosiebestendigheid is niet realistisch.

3.6 Conclusies

De verwachting is dat de gevolgen ten aanzien van verslemping en sedimentatie niet groot zijn omdat ook bij het leeglopen van de geul het water in beweging blijft. Aan de linker- en rechter achterzijde van de inlaatklep kan wel sedimentatie van zandig materiaal ontstaan na het openzetten van de inlaatklep, maar ook in mindere mate in de greppels waar de stroomsnelheid zal afnemen. Ook in de IJssel zelf kan bij het actief worden van de geul ter hoogte van de inlaat sedimentatie plaats vinden.

Uit het oogpunt van voorkoming van langdurig structuurbederf is het van essentieel belang dat de vergravingen in het gebied Veessen-Wapenveld tot een minimum worden beperkt. Op plaatsen waar grondbewerking onvermijdelijk is, dient zoveel mogelijk gebruik te worden gemaakt van lichte machines met lage bandspanningen die het grondwerk in droge perioden uitvoeren en de te berijden oppervlakte minimaliseren. Sedimentatie van kleinere deeltjes dan zand is vanwege het dynamische karakter van het water in de stroomgeul onwaarschijnlijk. In geval er toch versmering ontstaat, resulteert dat in een verlaagde infiltratiecapaciteit. Dit heeft tot gevolg dat in het winterhalfjaar plas-dras-situaties ontstaan die weken tot maanden kunnen aanhouden.

Zowel een goede bodemstructuur als een intensief beheerd grasland, waardoor de beworteling ondiep is, bevorderen de kans op erosie. Door de stroming van het water kunnen de graslanden, maar vooral ook de onbebouwde percelen worden aangetast. De kans op erosie is het grootst in de beginperiode van inundatie ter

plaatse van de inlaatklep vanwege de hoge stroomsnelheid en over de gehele inlaat vanwege de golfslag die er optreedt. De kans op erosie neemt vervolgens af met toenemende waterhoogte om daarna in het hele gebied weer toe te nemen met de duur van de inundatie vanwege de toenemende verzadigingsgraad van de toplaag van de bodem. Eenmaal aanwezige kleine schade leidt snel tot grotere schade waarbij gras zelfs plaatselijk kan verdwijnen. Volledig herstel van eventueel geërodeerd gras neemt meerde jaren in beslag. Een literatuurstudie alleen biedt echter onvoldoende houvast om met zekerheid te kunnen zeggen of erosie ook daadwerkelijk optreedt. Om de kansen en de mate waarin erosie op zal treden te kunnen kwantificeren is uitgebreid plekspecifiek onderzoek vereist.

Een inundatiefrequentie van eens per mensenleven biedt voldoende ruimte voor herstel.

4 Bodemleven

4.1 Introductie

Bij een goede grasopbrengst speelt een gezonde bodem en dus ook een gezond bodemleven een belangrijke rol. In dit hoofdstuk gaan we daarom in op de mogelijke effecten van inundatie op het bodemleven in grasland en kijken we specifiek naar bodemleven in relatie tot de:

- zuurstofbeschikbaarheid
- terreinhoogte
- bovengronds levende soorten
- duur en frequentie van de overstromingen

4.2 Terreinomstandigheden

Het rivierengebied dankt zijn vruchtbare kleigrond aan het overstromen van de rivier. Tijdens overstromingen worden zand en klei afgezet. Daarbij wordt zand altijd dicht bij de rivier afgezet en op relatief hoge delen, die ook meestal een lage frequentie van inundatie vertonen (bijvoorbeeld Emmerling 1995, Faber et al. 2002). De klei en organische stof sedimenteren vooral in de delen van het terrein met een lage stroomsnelheid, zoals in het meest westelijke deel van de hoogwatergeul is gebeurd. Omdat zware metalen en organische verontreinigingen makkelijker binden aan klei en organische stof dan aan zand, is in een terrein met veel organische stof en klei het gehalte aan deze stoffen relatief hoog. Daardoor is de beschikbaarheid van deze stoffen kleiner voor organismen in dergelijke bodems. Of dergelijke verontreinigingen in het gebied voorkomen is ons niet bekend. Verder gaan we ervan uit dat het doorstromende water niet verontreinigd is.

Behalve de hoogte van het terrein is ook de variatie in hoogte belangrijk voor het bodemleven. Wanneer in een laag terrein op enkele plaatsen hoge gedeelten aanwezig zijn die niet vaak overstromen, dan kunnen soorten die gevoelig zijn voor overstroming hier overleven. Vervolgens kunnen overgebleven populaties vanuit deze hoge gedeelten het omringende landschap herbevolken. De hogere delen in dit gebied die niet onder water komen zijn de dijken.

Geconcludeerd wordt dat het bodemleven niet noemenswaardig verstoord wordt door verontreinigingen. Herbevolking van bodemleven door volwassen organismen is alleen mogelijk vanuit de dijken en neemt vanwege de grote af te leggen afstanden lange tijd in beslag.

4.3 Zuurstofbeschikbaarheid

Het leven in de bodem is sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van zuurstof. Als door een overstroming de grond onder water komt te staan, wordt de toevoer van zuurstof beperkt en zullen vooral die stadia en soorten overleven die tegen lagere zuurstofconcentraties kunnen. Daarbij geldt voor de meeste soorten dat de overlevingskansen afnemen naarmate de zuurstofloze omstandigheden langer duren.

Omdat de meeste bodemdieren koudbloedig zijn, hebben ze bij warm weer een grotere behoefte aan zuurstof. Daarom gaan veel koudbloedige organismen eerder dood tijdens een overstroming in de zomer, als hun zuurstofbehoefte groot is, dan in de winter, als hun fysiologie niet actief is. De overlevingskansen bij hoge temperaturen zijn extra klein omdat er minder zuurstof oplost in warm water en omdat bij hoge temperaturen zuurstof aan het water wordt onttrokken door snelle afbraak van organische stof in de grond.

Volgens de Vries (interview door Keijts, 2001) kunnen arme gronden het bodemleven bij een overstroming langer in stand houden dan rijke gronden. Rijke gronden verbruiken namelijk veel meer zuurstof vanwege de hogere bodembioologische activiteit. Door een gebied onder water te zetten zal afhankelijk van het organisch stofgehalte binnen 1 week tot een maand alle zuurstof en daarmee het bodemleven zijn verdwenen. Het gebied Veessen-Wapenveld is een gemiddelde grond. Daarom verwachten wij dat het bodemleven daar binnen de 3 weken inundatie voor het grootste deel zal zijn verdwenen. Het noordoostelijke deel van het gebied heeft een hoger organisch stofgehalte in de ondergrond, waardoor het bodemleven daar eerder zal zijn gestorven.

De meeste bodemorganismen in het rivierengebied beschikken echter over speciale aanpassingen in hun levenscyclus, bijvoorbeeld als ei of als pop, of hebben aanpassingen in hun gedrag die het sterfterisico bij overstroming verminderen. Wormen maken bijvoorbeeld cocons met eieren die tijdens een overstroming lang in de grond kunnen overleven. Ook vertonen veel soorten een snelle groei en voortplanting waardoor hun populaties zich spoedig herstellen na een overstroming.

Geconcludeerd wordt dat veel in de bodem levende organismen en soorten dood gaan door de inundaties. De populatie van veel bodemlevende soorten herstelt zich binnen enkele maanden na een inundatie

4.4 Bovengronds levende soorten

Biodiversiteit zit niet alleen in de bodem. Ook bovengronds leven veel soorten planten en dieren. Tijdens een overstroming komen de planten onder water te staan. Dat betekent dat ook organismen die niet of slecht kunnen vliegen, zoals eieren, larven en vleugellose insecten worden overspoeld en bij gebrek aan lucht zullen stikken. Bodemorganismen leven in symbiose met zowel ondergronds als

bovengronds levende organismen. Daarom is het van belang ook aandacht te besteden aan het effect van inundatie op bovengronds levende soorten.

Tijdens een uitgebreide studie in de Afferdensche en Deestsche Waarden bij Druten en in de Stiftsche Uiterwaarden bij Ophemert werden door Faber et al. (2002) een aantal duidelijke effecten van overstroming op bovengrondse insecten en spinnen aangetoond. Hierbij bleek dat de soortensamenstelling zeer sterk toenam met een hoge ligging van het terrein en de daaraan gekoppelde lage frequentie en korte duur van overstroming. Verder waren duidelijke wijzigingen waar te nemen in de loop van de periode na overstroming. Direct na overstroming is het land nog ruig en relatief kaal. Later raakt het meer en meer begroeid. In samenhang hiermee werden direct na overstroming vooral snelle kolonisators gevonden, die afkwamen op natte omstandigheden (poelen, modder, etc.) of juist werden aangetrokken door droge omstandigheden (droge zandplaten, aangespoeld hout, etc.). Overstroming had sterk negatieve effecten op bodembroedende bijen en wespen, zoals spinnendoders en graafwespen. Naarmate de overstroming langer geleden was, werden meer soorten aangetroffen die afhankelijk zijn van de zich ontwikkelende vegetatie en bloemen.

Het literatuuroverzicht van Plum (2005) laat zien dat slakken zowel qua aantal soorten als qua aantal individuen een optimum vertonen in de cyclus van lage waarden in gebieden met zeldzame overstromingen, hoge waarden in gebieden met tweejaarlijkse overstroming en vervolgens een afname in de richting van frequentere en langere overstromingen en overstroming in de zomer. De resultaten van Plum (2005) geven daarnaast aan dat ook de aantallen pissebedden (*Isopoda*), duizendpoten en (*Chilopoda*) en miljoenpoten (*Diplopoda*) afnemen met toenemende frequentie en duur van overstromingen.

Geconcludeerd wordt dat inundaties in dit gebied slechts een kortdurend negatief effect hebben op bovengronds levende organismen. Herkolonisatie vindt over het algemeen binnen enkele maanden plaats, omdat zij niet afhankelijk zijn van zich ontwikkelde plantensoorten.

4.5 Bodemgebonden fauna

Op basis van een uitgebreid literatuuroverzicht van effecten van overstroming op graslandsoorten, concludeert Plum (2005) dat er geen bodembewonende ongewervelde dieren zijn die selectief voorkomen in overstroomd grasland. In plaats daarvan zorgen meer en langduriger overstromingen ervoor, dat de soortensamenstelling verandert in de richting van goed aangepaste generalisten en een enkele opportunist.

Tabel 3 Tolerantie van wormen in grasland voor inundatie. Tolerantie neemt van boven naar beneden af. **Niet**=nooit bevoeide graslanden of graslanden, gemeten voordat inundatie werd toegelaten. **Zeldzaam**=overstroming duurt minder dan een maand en heeft een lage frequentie in de tijd. **Elk 2e jaar**=natuurlijke overstromingen in de winter en/of lente, ongeveer om het jaar. **1-4 mnd**=vrijwel ieder jaar een overstroming van 1 tot 4 maanden. **>4 mnd**=vrijwel ieder jaar een lange overstroming. **Zomer**=een overstroming gedurende de zomer van het jaar waarin het onderzoek is uitgevoerd. (Basisgegevens uit tabel 4 van Plum 2005).

Inundatie frequentie	Niet	Zeldzaam	Elk 2e jaar	1-4 mnd	>4 mnd	Zomer
Aantal studies (totaal 79)	5	21	20	18	13	2
Waargenomen soorten:						
Aporrectodea caliginosa	100	76	100	61	69	100
Lumbricus rubellus	100	90	90	78	77	50
Octolasion lacteum	60	14	20	39	23	100
Eiseniella tetraedra	40	38	20	56	31	50
Aporrectodea rosea	40	14	25	39		100
Lumbricus terrestris	20	24	50	22		100
Dendrobaena octaedra	20	24	15	28	23	100
Allolobophora chlorotica	40	33	60	28	15	
Lumbricus castaneus	20	57	20	39	23	
Octolasion cyaneum	20	38		6	15	
Octolasion tyrtaeum	20	5	20	17	8	
Satchellius mammalis	20	14			8	
Aporrectodea longa	20			6		
Dendrodrilus rubidus			5		15	
Lumbricus festivus	20					
Aporrectodea limicola			5	11		
Fitzgeringia platyura depressa		10	5			
Helodrilus oculatus				11		
Helodrilus antipae			10			
Allolobophora cupulifera		10				

Het effect van een incidentele, kortdurende overstroming, dat wil zeggen een overstroming die minder dan drie weken duurt, hangt sterk af van de diergroep. Voor wormen leidt een kortdurende overstroming en een frequentie van eens per 2 jaar of minder hooguit tot een lichte achteruitgang van het aantal soorten (Plum 2005). Daarbij worden ook de soortensamenstelling (tabel 3), aantallen en biomassa's maar in geringe mate beïnvloedt (Plum 2005). Ook Klok et al (2006) en Thonon en Klok (2007) concluderen dat wormen in de uiterwaarden weinig effect zullen ondervinden van extra overstromingen als gevolg van klimaatverandering. De redenen hiervoor zijn dat de overstromingen vooral in de winter en het vroege voorjaar plaatsvinden, waardoor voldoende tijd over is voor herstel van populaties gedurende de rest van het jaar.

Kortdurende overstromingen kunnen negatieve effecten hebben op in de grond nestelende bijen. Fellendorf et al. (2004) toonde aan dat overstroming van de Rijn nabij Rastatt leidde tot een totale ineenstorting van een grote populatie van de bij *Andrena vaga*.

In de bodem leven veel verschillende nuttige en schadelijke diersoorten. Een heel bekende groep nuttige soorten is die van de wormen. Wormen graven gangen en trekken gewasresten de grond in. Ze dragen hierdoor bij aan de bodemstructuur en vergroten het gehalte aan organische stof. Bekende schadelijke bodemdieren zijn de engerlingen en emelten. Deze eten de wortels van gras en andere planten. Veel minder bekend zijn de springstaarten en mijten, de aaltjes, de potwormen en protozoën. Deze dieren uit deze laatste groepen zijn erg klein, en zijn voor de bodem vooral van belang omdat ze bijdragen aan de afbraak van organische stof, het vrijkomen van nutriënten voor planten en de productie van stabiele bodemaggregaten. De respons van springstaarten (Collembola) is sterk afhankelijk van hun ecologie (Russell and Griegel 2006). Vochtminnende en/of snel koloniserende springstaarten bleken zich ook na 6 maanden overstroming binnen enige weken te herstellen, terwijl andere soorten sterk in aantal achteruit gingen. Ook is bekend dat sommige soorten springstaarten onder water een luchtlaag om zich heen vormen als een soort 'long'.

Geconcludeerd wordt dat frequentie en duur van de overstromingen bepalend zijn voor de schade aan bodemorganismen. De effecten van kortdurende overstromingen die incidenteel optreden zoals in de hoogwatergeul herstellen zich binnen enkele weken tot maanden.

4.6 Conclusies

Door het optreden van overstromingen zijn de uiterwaarden van nature een ecosysteem met een grote dynamiek. De meeste soorten die in die bodem in de uiterwaarden voorkomen kunnen hier tegen. Maar het blijven wel soorten die aangepast zijn aan een landhabitat en daarom is langdurige overstroming voor bijna alle soorten nadelig. De effecten zijn afhankelijk van frequentie en duur van de overstromingen. De effecten van kortdurende overstromingen die incidenteel optreden, zoals in de hoogwatergeul het geval is, houden niet lang aan. Als overstromingen vaker optreden en langer duren, ondervinden meer soorten schade en is de schade ernstiger waardoor het herstel langer duurt.

Voor de veehouderij op rivierklei, zoals in het gebied Veessen-Wapenveld, zijn wormen een belangrijke diergroep, die met hun graafactiviteit bijdragen aan een goede structuur van de bodem. Uit de huidige studie blijkt dat de meest voorkomende wormen in uiterwaarden een grote tolerantie hebben voor overstroming. Omdat het bodemleven zomers actiever is, heeft een overstroming in de zomer een relatief sterk negatief effect. Bovengrondse insecten zijn over het algemeen gevoeliger voor overstroming dan bodemfauna.

Er worden relatief meer soorten nadelig beïnvloed als een overstroming plaats vindt in een gebied dat zelden overstroomt, zoals het gebied Veessen-Wapenveld, dan als dat gebeurt in een gebied dat regelmatig overstroomt. Dit komt omdat een gebied dat zelden overstroomt bewoond wordt door relatief veel soorten die niet tegen overstroming kunnen. Het is lastig aan te geven welke soorten dat precies zijn. De te

verwachten effecten zijn toch gering vanwege het kortdurende karakter van de overstromingen en omdat de inundaties meestal in het winterhalfjaar plaats vinden. De schade aan wormen zal zich dan veelal binnen een jaar kunnen herstellen, omdat de cocons met eieren van de meeste soorten lange tijd in zuurstofarme omstandigheden kunnen overleven en wormen zo snel groeien dat ze zich binnen een zomer opnieuw voortplanten.

Een leverbotinfectie wordt veroorzaakt door de parasiet *Fasciola hepatica*. Deze kan zich alleen handhaven in gebieden waar ook de tussengastheer, de leverbotslak, voorkomt. Aantrekkelijke verblijfplaatsen voor de leverbotslak zijn drassige gebieden. Uit de slak komen vervolgens infectieuze larven vrij die zich vastzetten op het grasland. Overdracht naar de grazer vindt plaats door de opname van besmet gras. Volgens een STOWA rapport (Cornelissen, 2003) leidt waterberging alleen naar verwachting niet tot een relevante verhoging van de infectiedruk voor leverbot. Door de geringe overstromingsfrequentie en beperkte tijdsduur van een overstroming en een slechts kortdurende verhoging van de grondwaterstand lijkt een verhoogde infectiedruk nauwelijks op te gaan treden omdat dit onvoldoende basis biedt voor herbevolking van de leverbotslak na inundatie.

In het voorgaande is alleen aandacht besteed aan mogelijk negatieve effecten van overstroming op het bodemleven. Er zijn ook situaties waarin inundatie bewust wordt gebruikt om de bodem te ontsmetten. Een voorbeeld hiervan is de bollenteelt waar met folders reclame wordt gemaakt voor het onder water zetten van land om verschillende ziekten, plagen, onkruid en opslag van bollen te bestrijden (<http://www.telenmettoekomst.nl/files/pdf/Brochure%20Inundatie.pdf>). Hoewel een graslandecosysteem niet direct is te vergelijken met een bollenveld kan inundatie wellicht ook in grasland positieve hebben. Schadelijke soorten die naar alle waarschijnlijkheid niet tegen overstroming kunnen zijn bijvoorbeeld emelten, engerlingen en sommige schimmels.

5 Grasland

5.1 Veldbezoek

Om een indruk te krijgen van het gebied en de situering van het grasland hebben we op 18 mei 2009 het gebied bezocht. Het bezoek bestond uit een voorbespreking en een oriëntatie in het veld. De voorbespreking vond plaats met Jan Bouman van de projectorganisatie Veessen-Wapenveld en met vier vertegenwoordigers uit het gebied, waarvan drie melkveehouders: Evert Luchtenbelt, Martijn Hekkert en Andre Nooteboom en LTO-bestuurder Ton Jalink. In de bespreking is het project en ons bezoek toegelicht. Vervolgens heeft Andre Nooteboom ons het betreffende gebied laten zien en heeft hij het grondgebruik en de kenmerken van het grasland nader toegelicht. Het bezoek gaf ons een goede indruk van de problematiek betreffende de bodem en het graslandgebruik.

5.2 Bodem en gewas

Het midden van de hoogwatergeul wordt grotendeels gekenmerkt door een matig ontwaterde zware zavel of kleigrond die uitsluitend geschikt is voor grasland. Snijmaïs wordt hier niet of nauwelijks geteeld. Voor een verbetering van de detailontwatering zijn alle percelen van greppels voorzien en in meer of mindere mate op akkers gelegd, wat inhoudt dat de het maaiveld tussen de greppels bol gelegd is (figuur 5). In het kader van de ruilverkaveling die 20 à 30 jaar geleden heeft plaatsgevonden is hier destijds veel aandacht aanbesteed. Het meeste grasland is sinds die tijd niet vernieuwd. Voor de bij graslandvernieuwing vereiste grondbewerking en het vestigen van een nieuwe graszode in de periode daarna worden ideale weersomstandigheden vereist: niet te nat en niet te droog. Hierdoor is de kans op het mislukken van herinzaai groot, met als risico dat de grond langdurig (maanden) braak komt te liggen. Wanneer dit gebeurt is er een sterke reductie in productie en daarom wordt de oude graszode zo lang mogelijk ongemoeid gelaten. Grondbewerking en het vernieuwen van grasland vindt alleen plaats op moment dat een verbetering van de detailontwatering gewenst is (akkerstructuur). Veelal gebeurt dit op het moment dat de grond van eigenaar wisselt.



Figuur 5 Kenmerkend voor het grasland in de hoogwatergeul zijn de aangelegde greppels en de bol gelegde akkers voor het verbeteren van de detailontwatering

Meer naar de randen van de geul is de grond minder zwaar en is de ontwatering aanmerkelijk beter. Enerzijds komt dit door de diepere ontwatering en anderzijds door toepassing van drainage. De percelen hebben hier geen of nauwelijks greppels en zijn veel vlakker. Op deze gronden is het grasbestand aanmerkelijk beter. De landbouwkundige waarde van deze percelen is aanzienlijk hoger dan de percelen in het midden van de geul. Toch is de teelt van snijmaïs ook hier meestal nog te risicovol. Alleen grondeigenaren die geen vee (meer) hebben, nemen hier soms het risico om een gewas te telen met een hoger rendement dan gras, maar echt succesvol is dit meestal niet.

Geconcludeerd wordt dat op basis van de aanwezige bodemtypen het risico op grasschade aan de randen (vooral de oostrand) kleiner is dan in het midden van de geul.

5.3 Graslandgebruik

Het overgrote deel van het grasland kent een intensief landbouwkundig gebruik. Op slechts een relatief klein deel zijn beheersovereenkomsten afgesloten voor natuurdoeleinden. De melkveebedrijven die grond in de geul in gebruik hebben liggen of aan de rand van de geul of ver daarbuiten. In het lage midden van de geul komen geen melkveebedrijven voor. Zeker in het midden van de geul is de afstand tot de bedrijfsgebouwen te groot om het grasland te weiden met melkvee. Daarbij zijn veel percelen fysiek lastig te bereiken door relatief brede watergangen. Zodoende wordt het meeste grasland gemaaid voor ruwvoerwinning. Wel wordt in de nazomer jongvee ingeschaard. De graslanden die zowel geweid als gemaaid worden liggen

uitsluitend op de hoger gelegen randen van de geul en dichterbij de bedrijfsgebouwen.

Geconcludeerd wordt daarom dat het effect van de bedrijfsvoering op de graszodekwaliteit gering is in verhouding tot de invloed van bodem en hydrologie, omdat het grasland in de geul hoofdzakelijk gemaaid wordt voor ruwvoerwinning.

5.4 Grasbestand

Het intensief gebruikte grasland in het lage midden van de geul wordt gekenmerkt door een door ruwbeemd gedomineerde graszode. Ruwbeemd wordt landbouwkundig matig gewaardeerd. Het aandeel van het gewenste Engels raaigras is relatief laag. Afgezien van het feit dat graslandvernieuwing erg risicovol is, brengt herinzaai slechts gedurende een relatief korte periode een verbetering van het grasbestand. Het aandeel Engels raaigras is hier namelijk binnen een aantal jaren weer tot een minimum beperkt. De aëratie van het kleipakket is van grote invloed op de worteldiepte. Het ondiep wortelende ruwbeemd kan zich hier handhaven, dit in tegenstelling tot het iets dieper wortelende Engels raaigras. Dit geeft aan dat vooral in het lage midden van de geul de aëratie van de bodem sterk beperkt is.

Door de relatief oppervlakkige beworteling kan Ruwbeemd redelijk goed tegen natte omstandigheden, maar is daarentegen erg gevoelig voor verdroging. Hierdoor wordt de productiviteit beperkt. Veelal is bij een hoog percentage ruwbeemd de eerste snede nog redelijk productief, maar wanneer daarna verdroging optreedt valt de productie (tijdelijk) weg. Op de hogere percelen met een betere ontwatering meer naar de rand van de geul is het grasbestand aanmerkelijk beter met een hoog percentage Engels raaigras. Op de graspercelen met een beheersovereenkomst wordt het grasbestand gekenmerkt door een Vossestaart gedomineerde graszode, wat kenmerkend is voor vochtige kleigronden. Het grasbestand is sterk afhankelijk van het beheer, waardoor het intensief en extensief beheerde grasland gemakkelijk te onderscheiden zijn. Binnen deze tweedeling is het grasland opvallend uniform. Door de relatief grote afstand tot bedrijfsgebouwen is het aandeel maaien hoog, waardoor de verschillen in graslandgebruik relatief klein zijn.

Geconcludeerd wordt dat de aëratie van het kleipakket van grote invloed is op de worteldiepte en daarmee grassamenstelling. Het matig gewaardeerde ondiep wortelende ruwbeemd kan zich in natte omstandigheden handhaven in tegenstelling tot het iets dieper wortelende Engels raaigras. Ruwbeemd bevindt zich daarom vooral in het midden van de geul.

5.5 Gevolgen inundatie

De schade die optreedt door inundatie kan tweeledig zijn namelijk 1) indirecte schade door een teruggang van de botanische samenstelling en 2) directe schade door afsterving van de zode. Bij indirecte schade neemt vooral de netto grasproductie af

door een daling van de grasproductie, een verminderde voederwaarde en een lagere grasopname. Bij directe schade aan de graszode neemt vooral de bruto grasproductie af. In beide gevallen daalt op een melkveebedrijf het zelfvoorzieningsniveau voor ruwvoer. Hierdoor worden de kosten voor voeraankoop verhoogd. Bij een sterke teruggang van de botanische samenstelling of voor het herstel van de graszode is herinzaai van gras gewenst. Dit brengt relatief hoge kosten met zich mee. De kosten voor 1 ha herinzaai bedragen in totaal circa € 820,- op kleigrond (KWIN, 2008).

Grasland kan best enkele weken onder water staan zonder dat er directe schade optreedt. Juist in de periode na inundatie, wanneer het grasland droogvalt is gras gevoelig voor afsterving. Vooral wanneer een graszode te lang in een plas-dras-situatie verkeert door stagnatie van de waterafvoer treedt schade op. Belangrijke factoren voor het optreden van directe schade zijn:

1. De mate waarin een zode aangepast is aan natte omstandigheden (botanische samenstelling);
2. dichtheid graszode;
3. waterdoorlatendheid bovengrond;
4. aanwezigheid van ganzen;
5. actuele grasmassa;
6. tijdstip in het jaar (fysiologische activiteit gras).

Het zijn vooral de landbouwkundig gewaardeerde grasrassen die gevoelig zijn voor vernatting. De mate waarin schade optreedt door inundatie hangt sterk af van de uitgangssituatie. Graszoden die reeds aangepast zijn aan relatief natte situaties, zoals in beekdalen en in uiterwaarden, kunnen gedurende een lange tijd wateroverlast weerstaan zonder dat er schade optreedt. Zelfs herhaaldelijke inundatie in het groeiseizoen hoeft niet tot direct afsterven van de graszode te leiden, zoals het onderzoek naar de gevolgen van waterberging op kunstmatig aangelegde berging in het Monitoringsonderzoek Salland liet zien (Bakker et al., 2009). Het betrof hier het deel van de berging waar de oude zode gehandhaafd was; op het deel dat opnieuw ingezaaid was (voornamelijk met Engels raaigras) trad wel schade op. Vooral daar waar het gras lange tijd plas-dras stond stierf het nieuwe gras af. Doordat er op het nieuw ingezaaide gras nog niet echt sprake was van een zode sloeg de grond dicht en stagneerde de waterafvoer.

Op het moment dat een plant fysiologisch actief is, consumeert het zuurstof voor onderhoud van de biomassa (wortels en bovengrondse delen) en is het kwetsbaar voor zuurstofgebrek. Een absoluut zuurstofgebrek in de wortelzone leidt tot afsterving, zoals ook kamerplanten doodgaan als ze te veel water krijgen. Zoals aangegeven kan grasland wel enige tijd inunderen zonder dat er op grote schaal afsterving optreedt. Echter een plas-dras-situatie lijkt veel nadeliger te zijn voor het optreden van schade. Blijkbaar is in een plas-dras-situatie de fysiologische activiteit groter en daarmee de gevoeligheid voor zuurstofgebrek groter. Hierover werd verder geen informatie in de literatuur gevonden. Zuurstofgebrek kan optreden doordat het poriënvolume in de bovengrond volledig met water gevuld is of door verstikking onder een dichte bladmassa, waardoor onvoldoende zuurstofuitwisseling tussen lucht en bodem plaatsvindt.

De aanwezigheid van ganzen op natte plekken in het grasland kan na inundatie aanzienlijke schade veroorzaken doordat ze het gras zeer kort afvreten en tegelijkertijd zorgen voor een versmering van de toplaag.



Figuur 6 Afsterving van de graszode op een perceel in de hoogwatergeul aan weerszijden van een greppel door wateroverlast in het vroege voorjaar van 2009. Recentelijk is de betreffende plek doorgezaaid om de schade te herstellen. De kiemplanten zijn zichtbaar.

In een onderzoek (Kok en Hoving, 2003) naar de gevolgen voor incidentele waterberging (winterhalfjaar) op grasland in Friesland werd geen schade aan de graszode waargenomen. Dit betrof grasland met een groot aandeel goede grassen. In dit onderzoek werd op proefveldniveau grasland gedurende een relatief korte periode van negen dagen in het najaar, in de winter of in het vroege voorjaar onder water gezet. Een gunstige omstandigheid was dat door een goede doorlatendheid van de bodem (proeflocaties op klei- en veengrond) het water binnen enkele uren na opheffen van de inundatie verdwenen was.

Over de schade die gras ondervindt door inundatie werd verder geen informatie in de literatuur gevonden. In het algemeen is er meer bekend over het effect van verdroging dan over het effect van vernatting. In Nederland is vooral door C.J. Schothorst van het toenmalige ICW in de jaren zestig onderzoek gedaan naar het effect van wateroverlast of suboptimale ontwatering voor de landbouw. Deze studies gaven voor voorliggend onderzoek echter geen relevante informatie.

Tijdens ons bezoek hebben we overtuigend waargenomen dat inundatie in het midden van de geul onder de gegeven omstandigheden een destructief effect kan hebben op de graszode ([figuur 6](#)). Op een paar percelen aan de westzijde van de Kobus Mulderweg, in de buurt van de geplande waterinlaat aan de zuidzijde, was het

grasland aan weerszijden van een enkele greppels volledig afgestorven door stagnatie van de waterafvoer. Dit was in het vroege voorjaar gedurende een periode van ongeveer drie weken. De betreffende plekken zijn opnieuw ingezaaid met een doorzaaimachine, dus zonder grondbewerking. De kiemplanten waren inmiddels zichtbaar. De bodemstructuur is vooral in het lage midden van de geul blijkbaar dusdanig dicht, dat bij wateroverlast de zuurstofconcentratie in de bodem in relatief korte tijd onvoldoende is voor het overleven van de graszode, waardoor deze afsterft.

Geconcludeerd wordt dat grasland enkele weken onder water kan staan zonder dat er directe schade optreedt vanwege de lage fysiologische activiteit van het gras. In plasdras-situaties wordt de groei hervat, maar blijft de wortelzone zuurstofarm, waardoor de gevoeligheid voor afsterving dan het grootst is. De landbouwkundig gewaardeerde grasrassen zijn het meest gevoelig zijn voor vernatting. De bodemstructuur is vooral in het lage midden van de geul dusdanig dicht, dat de graszode daar het meest te leiden zal hebben van inundaties.

5.6 Conclusies

Het schadebeeld, zoals we dat in het veld in het lage midden van de geul tegenkwamen, geeft aan dat het grasland uiterst kwetsbaar is voor waterschade. Op de matig ontwaterde zware zavel en kleigrond blijkt de graszode snel af te sterven door stagnatie van de waterafvoer. Wanneer de hoogwatergeul daadwerkelijk onder water komt te staan, zullen naar verwachting de graslanden nog enkele weken tot maanden na het leeglopen van de geul nat blijven (zie paragraaf 3.2). Gezien de sterke akkerstructuur zal het water rond de greppels blijven staan, waardoor wellicht na inundatie een zelfde schadebeeld zal ontstaan zoals we dit in het veld tegenkwamen. De delen van het grasland die binnen een week droogvallen blijven waarschijnlijk redelijk ongeschonden. Op de delen die langer plasdras blijven staan zal het gras afsterven en moet de schade hersteld worden door gras opnieuw in te zaaien.

Het herstellen van de schade is tijdrovend en heeft een beperkte kans van slagen, doordat zowel voor de grondbewerking, het inzaaien en het vestigen van een nieuwe graszode ideale weersomstandigheden vereist zijn. Er vanuit gaande dat inundatie in het winterhalfjaar optreedt, schatten we in dat het minimaal enkele maanden en maximaal een volledig groeiseizoen duurt voordat er sprake is van een grasbestand met een voldoende wortelmassa om van een graszode te kunnen spreken. De vorming van een dichte graszode zal vervolgens nog enkele jaren duren. Bij het treffen van ongunstige weersomstandigheden is de kans groot dat het inzaaien van gras opnieuw moet gebeuren. Ondertussen loopt men risico op sterke onkruidvorming.

Op de minder zware gronden aan de randen van de geul zal de directe schade door inundatie mogelijk minder zijn maar zal naar verwachting het percentage Engels raaigras wel fors teruglopen. Mocht herinzaai aan de orde zijn dan is dit wel gemakkelijker uitvoerbaar dan in het lage deel van de geul en brengt dit wat minder risico's met zich mee voor wat betreft de slagingskans.

Literatuur

Bakker, G., J.A. de Vos, A. Corporaal, I.E. Hoving, J. Barwegen, F. Sietzema, E.J. Kerkmeijer & W.E.M. Kerkmeijer, 2009. *Boeren met Water – Monitoringsresultaten Landbouwkundige en milieukundige gevolgen van piekwaterberging op grasland in Salland in de periode 2005 – 2008*. Wageningen, Concept Alterra-rapport 1793

Bakker, G. de, 1947. *De inundaties in Nederland in 1944 en 1945 en de gevolgen daarvan*. Tijdschrift van het Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap 64, (1)

Boer, C.N. de, 2002. *Landbouwkundige effecten waterberging: provincie Drenthe*. Dronten, DLV Adviesgroep.

Charman, P.E.V. & B.W. Murphy, 1998. *Soils, their properties and management - 5th edition*. Melbourne, Oxford University Press

Cornelissen, A.H.M., J. Harmsen, C. Kempenaar, W.C. Knol & W. van der Zwerde, 2003. *Waterberging op landbouwgronden. Effecten op plant- en dierziekten, onkruiden en contaminanten*. Utrecht, STOWA, rapportnummer 2003-19, ISBN 90.5773.226.2

Coughlan, K.J., D. McGarry, R.J. Loch, B. Bridge & G.D. Smith, 1991. *The measurement of soil structure – Some practical initiatives*. Toowoomba, Land Management Research Branch, Queensland Department of primary Industries.

Daniel, O., 1995. *Reproduction by the earthworm Lumbricus terrestris L. (Oligochaeta, Lumbricidae)*. Acta Zoologica Fennica 196, pp. 215-218.

Demon, A. & F. Alberts, 2005, *De langetermijnvisie PKB - Ruimte voor de Rivier, Deel 1 - Toekomstbeeld en maatregelenpakket voor de lange termijn*. RIZA, RIZA rapport 2005.009

Eekeren, N. van, E. Heeres & F. Smeding, 2003. *Leven onder de graszode - Discussiestuk over het beoordelen en beïnvloeden van bodemleven in de biologische melkveehouderij*. Driebergen, Louis Bolk Instituut

Emmerling, C., 1995. *Long-term effects of inundation dynamics and agricultural land-use on the distribution of soil macrofauna in Fluvisols*. Biology and Fertility of Soils 20, pp. 130–136

Faber, J.H., G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, J. Bloem, J. Lahr, W.H. Diemont & L.C. Braat, 2002. *Maatregelen bodembioologische kwaliteit: voor betere benutting van ecosysteemdiensten*. Wageningen, Concept Alterra-rapport.

Fellendorf, M., C. Mohra, & R.J. Paxton, 2004. *Devastating effects of river flooding to the ground nesting bee, Andrena vaga (Hymenoptera, Andrenidae), and its associated fauna*. Journal of Insect Conservation 8, pp. 311-322

Geenen, B, 2002. *Landbouw ondervindt meeste schade van waterberging in lente en herfst*. Dronten, DLV Groen en Ruimte. 2^e jaargang 2, nr. 4.

- Glanville, S.F. & G.D. Smith, 1988. *Aggregate breakdown in clay soils under simulated rain and effects on infiltration*. Aust. J. Soil Res. 26, 111-20
- Grigoropoulou, N., K.R. Butta & C.N. Lowe, 2007. *Effects of adult Lumbricus terrestris on cocoons and hatchlings in Evans' boxes*. Pedobiologia 51, pp. 343-349.
- Keijts, B., 2001. *Twijfels over bodem na tijdelijke inundatie*. Land + Water, nummer 1/2
- Klok, C., M.I. Zorn, J.E. Koolhaas, H.J.P. Eijsackers & C.A.M. Van Gestel, 2006. *Does reproductive plasticity in Lumbricus rubellus improve the recovery of populations in frequently inundated river floodplains?* Soil Biology & Biochemistry 38, pp. 611-618.
- Kok, I. & I.E. Hoving, 2003. *Invloed incidentele waterberging op de opbrengst en voedervaarde van gras*. Lelystad, Animal Sciences Group van Wageningen UR, Praktijkrapport Rundvee 53.
- KWIN-Veehouderij, 2008. *Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2008-2009*. Lelystad, Animal Sciences Group van Wageningen-UR, Handboek 6.
- Loch, R.J. & Foley, J.L., 1987. *Tests of aggregate and clay stability on samples from the Hermitage trial*. In 'Effects of management practices on soil Properties'. Conference and Workshop Series QC87006
- Locher, W.P. & H. de Bakker, 1990. *Algemene Bodemkunde*. Den Bosch, ISBN 90-208-3545-9 en 90-208-3555-6
- Marshall, T.J. & J.W. Holmes, 1988. *Soil Physics (second edition)*. Cambridge, Cambridge University Press, ISBN 0-521-35270-3.
- McBride, R.A., 2002. *Atterberg Limits*. Ontario, University of Guelph. Methods of Soil Analysis Part 4 – Physical Methods
- Meesters, H.J.N. & W. Leeuwestein, 1995. *Advies voor de aanleg van een strekdam*. Delft, Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde Hoofdafdeling Water. DWW-publikatie W-DWW-95-319
- Monnier, G., 1965. Effect of organic matter on soil structural stability. Sols Afr. 10, 29-42
- Ooijen, D.C. van, J.A. Muijs, J. Dekker, L.M. Fliervoet, G.J. Flórián, G.A.M. Kruse, G.J. Laan, C.I.J.M. Liebrand, K.V. Sykora & M. van Zetten (TAW-B6), 1996. *Klei Voor Dijken*. Delft, Rijkswaterstaat – TAW-B6. Technisch Rapport TR-17
- Plum, N., 2005. *Terrestrial invertebrates in flooded grassland: a literature review*. Wetlands 25, pp: 721-737
- Plum, N. & J. Filser, 2005. *Floods and drought: response of earthworms and potworms (Oligochaeta: Lumbricidae, enchytraeidae) to hydrological extremes in wet grassland*. Pedobiologia 49, pp 443-453

- Rozen, K. van & A. Ester, 2004. *Bodemstructuur en regenwormen 2002 Veldproeven t.b.v. het voorkomen van rooiproblemen van aardappelen m.b.t. de regenwormen in de Flevopolder*. Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V, PPO project rapport 520057
- Russell, D.J. & A. Griegel, 2006. *Influence of variable inundation regimes on soil collembolan*. *Pedobiologia* 50, pp. 165-175.
- Sorber, A.M., 1997. *Oeversedimentatie tijdens hoogwaters van 1993/1994 en 1995*. RIZA, RIZA-rapport 97-015
- Taboada, M.A., 2003. *Soil Structural behaviour of flooded soils*. Buenos Aires, Departamento de Ingeniería Agrícola y Uso de la Tierra.
- Thonon, I. & C. Klok, 2007. *Impact of a changed inundation regime caused by climate change and floodplain rehabilitation on population viability of earthworms in a lower River Rhine floodplain*. *Science of the total environment* 372, pp. 585-594.
- Tisdall, J.M. & J.M. Oades, 1979. *Stabilization of soil aggregates by root systems of ryegrass*. *Australian Journal of soil Research*.
- Verheij, H.J., G.A.M Kruse, J.H. Niemeijer, J.T.C.M. Sprangers, J.T. de Smit & P.J.M. Wondergem, 1998. *Erosiebestendigheid van Grasland als dijkbeekleding*. Delft, Rijkswaterstaat – TAW. Technisch Rapport TR-12.
- Warkentin, B.P., 2008. *Advances in Agronomy, Volume 97 - Soil Structure: A History from Tillth to Habitat*. Oregon, Oregon State University - Department of Crop and Soil Science, ISSN 0065-2113.