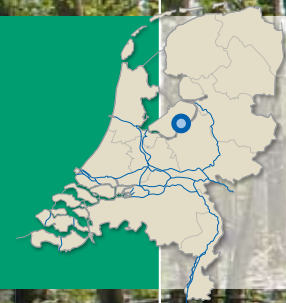


# Onderzoek naar effecten van waterberging in een jong kleibos



Achtergrondrapport  
**Harderbos**



# Onderzoek naar effecten van waterberging in een jong kleibos

## Achtergrondrapport Harderbos

PILOTPROGRAMMA  
**WATERBERGING-NATUUR**

Januari 2008

RWS Waterdienst rapport nr. 2007.015  
Alterra rapport nr. 1630  
ISBN nr. 978-90-369-1420-8



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

**Deltares**

Enabling Delta Life



IAC

WAGENINGENUR



ALTERRA

WAGENINGENUR



## **Colofon**

*Redactie:* Suzanne Stuijtzand (RWS Waterdienst), Remco van Ek (TNO/Deltares)

*Auteurs:* Harry van Manen (RWS Waterdienst), Patrick Hommel (Alterra WUR), Rein de Waal (Alterra WUR), Joost van der Pol (Alterra WUR), Jaap Daling (RWS Waterdienst), Tim Pelsma (RWS Waterdienst), Evelyn Belien (Wageningen Universiteit WUR), Ad Olsthoorn (Alterra WUR), Ute Sass-Klaassen (Wageningen Universiteit WUR), Jan den Ouden (Wageningen Universiteit WUR), Marijn Kuijper (TNO/Deltares), Sabine van Rooij (Alterra WUR), Suzanne Stuijtzand (RWS Waterdienst)

*Foto's:* Harry van Manen

*Met medewerking van:* Age Boonstra (Ver. Natuurmonumenten), Hans van Dijk (Waterschap Zuiderzeeland), Marijke Jaarsma (Waterschap Zuiderzeeland), Aad Beemster (RWS Waterdienst), Menno Zijlstra (RWS RIZA), Albert van der Scheer (RWS RIZA), Annemariet van der Hout (Alterra WUR), Linda Groot (Provincie Flevoland), Nynke Bosma (Ver. Natuurmonumenten)

*Dit rapport is tot stand gekomen in het kader van het Pilotprogramma Waterberging-Natuur. Het pilotprogramma is een samenwerkingsverband tussen Ministerie V&W (DG Water/RWS Waterdienst, voorheen RIZA), Ministerie LNV (DN/DK), Unie van Waterschappen, Ver. Natuurmonumenten en Staatsbosbeheer.*

*Dit rapport is tevens onderdeel van het Alterra-project 'Bos in Water, Water in Bos', onderdeel van het BO-programma Vitaal landelijk gebied, thema Water.*

# Inhoud

---

	<b>pagina</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1 Achtergrond	5
1.2 Pilotprogramma Waterberging-Natuur	5
1.3 Pilot Harderbos	5
1.4 Organisatie	6
<b>2 Pilot Harderbos</b>	<b>7</b>
2.1 Gebiedsbeschrijving en representativiteit	7
2.2 De pilot	9
<b>3 Werkwijze</b>	<b>11</b>
3.1 Vooronderzoek	11
3.2 Onderzoek algemeen	12
3.3 Opzet en verloop inundaties	12
3.4 Hydrologie	16
3.5 Bodem en humus	18
3.6 Vegetatie	19
3.7 Fauna	22
<b>4 Resultaten en discussie</b>	<b>25</b>
4.1 Hydrologie	25
4.2 Bodem en humus	40
4.3 Vegetatie	51
4.4 Fauna	63
<b>5 Samenvatting en conclusies</b>	<b>75</b>
<b>6 Referenties</b>	<b>81</b>
<b>7 Bijlagen</b>	<b>85</b>

---





# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

In het integrale waterbeleid van de 21<sup>e</sup> eeuw (WB21) is aangegeven dat het kabinet met het waterbeheer wil anticiperen op toekomstige klimaatveranderingen en bodemdaling. Dit is nodig om ernstige wateroverlast en watertekort zo veel mogelijk te voorkomen. Een uitgangspunt bij de inrichting van watersystemen is het principe dat water eerst wordt vastgehouden, vervolgens geborgen en zo nodig wordt afgevoerd. Voor het vasthouden en bergen van water is veel ruimte nodig. Het kabinet heeft aangegeven dat de mogelijkheden om het waterbeheer te combineren met andere functies zoals landbouw en natuur moeten worden benut. Hiertoe zijn in het kader van WB21 (startovereenkomst) landelijk afspraken gemaakt tussen rijk, provincies, gemeenten en waterbeheerders.

De ideeën over de mate waarin waterberging met natuur is te combineren lopen uiteen. Volgens WB21 is het goed mogelijk om waterberging en natuur te koppelen. De Raad voor het Landelijk gebied concludeert echter dat de mogelijkheden relatief beperkt zijn met de huidige natuurdoelstellingen. Meer inzicht in de daadwerkelijke mogelijkheden voor waterberging is gewenst.

## 1.2 Pilotprogramma Waterberging-Natuur

Om beter zicht te krijgen op wat de mogelijkheden zijn om waterberging en natuur te combineren, is in 2002 het Pilotprogramma Waterberging en Natuur van start gegaan.

Hoofddoel van het pilotprogramma is waterbeheerders, terreinbeherende instanties en provincies te ondersteunen in hun activiteiten een koppeling tot stand te brengen tussen enerzijds waterberging en -buffering en anderzijds natuurbehoud en -ontwikkeling. Daartoe is het pilotprogramma primair gericht geweest op het opdoen en verspreiden van ervaringskennis. Aan de hand van praktijksituaties (vijf pilots verspreid over Nederland) zijn ervaringen opgedaan om effecten van de combinatie natuur met waterberging in beeld te brengen. Van elke pilot zijn de resultaten in een apart (achtergrond)rapport beschreven. Tevens is een hoofdrapport beschikbaar waarin de resultaten van alle pilots (meer op hoofdlijnen) zijn gebundeld.

## 1.3 Pilot Harderbos

Eén van de geselecteerde pilots ligt in het Harderbos (Provincie Flevoland). Het betreft een experimentele pilot in een jong kleibos. Dit houdt in dat er in het onderzoeksgebied een hoogwaterpiek (inundatie) gesimuleerd is. Daarbij is het gebied opgedeeld in verschillende compartimenten, die elk een verschillende behandeling hebben gekregen. Zo zijn onder semi-gecontroleerde omstandigheden de effecten van inundatietijdstip en -duur onderzocht op bodem, vegetatie en bodemfauna.

Het onderzoek was erop gericht meer inzicht te bieden in de volgende vragen:

- Wat zijn effecten van inundatie op natuur (jong kleibos), en in hoeverre spelen periode en duur een rol?
- Kan dit type bossen worden ingezet voor de opvang (bergen of vasthouden) van water? En biedt dit ook kansen voor de natuur?
- Wat zijn de mogelijkheden voor de ontwikkeling van nieuw bos in gebieden die worden gereserveerd voor waterberging of -vasthouden?
- Wat zijn gevolgen van een waterberging-natuurgebied op de omgeving?

Dit rapport beschrijft de resultaten van de gehele onderzoeksperiode: medio 2004 tot medio 2007.

## 1.4 Organisatie

In 2003 zijn partners gezocht en is de opzet van de pilot uitgewerkt. De volgende partijen werkten mee aan de pilot: Vereniging Natuurmonumenten, Waterschap Zuiderzeeland, Provincie Flevoland, RWS-RIZA (nu Waterdienst) en Alterra WUR.

RWS-RIZA was trekker van de pilot, in opdracht van DG Water. Alterra werkte als partner mee aan deze proef in het kader van het project 'Bos in Water, Water in Bos' (projectleider: Sabine van Rooij). Dit project is onderdeel van het Beleidsondersteunend programma Vitaal Platteland, thema water, dat wordt uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van LNV.

De taakverdeling van de diverse instanties en personen bij de uitvoering van de pilot was als volgt:

Coördinatie pilot	Suzanne Stuijtzand (RWS Waterdienst (voorheen RIZA))
Hydrologie (kwantiteit en kwaliteit)	<i>metingen:</i> Hans van Dijk (Waterschap Zuiderzeeland) <i>data-analyse:</i> Harry van Manen, Jaap Daling (RWS Waterdienst) en Marijn Kuijper (TNO/Deltares)
Bodem en humus	Rein de Waal (Alterra WUR)
Vegetatie	Patrick Hommel (Alterra WUR) Tim Pelsma (RWS Waterdienst)
Vitaliteit bomen	Evelyn Belien (Wageningen Universiteit WUR) Ad Olsthoorn (Alterra WUR) Ute Sass-Klaassen (Wageningen Universiteit WUR) Jan den Ouden (Wageningen Universiteit WUR)
Bodemfauna	Joost van der Pol (Alterra WUR)

## 2 Pilot Harderbos

### 2.1 Gebiedsbeschrijving en representativiteit

Het Harderbos, gelegen nabij Biddinghuizen in Flevoland, beslaat 564 ha (figuur 1). Het is een voedselrijk loofbos en naaldbos, met een gevarieerde ondergroei. Natuurmonumenten wil het bos omvormen naar nat tot vochtig voedselrijk bos (elzenrijk essen-iepenbos) gevoed door kwel en beekwater, en een open structuur van de kruidlaag (afname Brandnetel en Kleefkruid) bevorderen.



Figuur 1 Ligging van de geselecteerde proefpercelen in het Harderbos nabij Biddinghuizen, Flevoland. De aanvoerroute van het inundatiewater is aangegeven met een blauwe lijn ('leiding') en de ligging van de Harderbosbeek met een donkerblauwe dubbele lijn ('beek').

Het Harderbos staat model voor de aanpak die door de Deelstroomgebiedsvisie Flevoland wordt gehanteerd. Hierin wordt gekozen voor de inzet van vele natuurgebieden, waarin water wordt vastgehouden ten tijde van een neerslagoverschot. Er wordt dus geen gebiedsvreemd water geborgen. Het Harderbos wordt gevoed door water van goede kwaliteit; het water is afkomstig van kwel en neerslag. Hoewel er in het gebied zelf geen sprake is van een waterkwantiteitsprobleem, is het door de mogelijkheid van het simuleren van een hoogwaterpiek geschikt om model te staan voor gebieden waar hier wel sprake van is.



In hoeverre is het Harderbos representatief voor andere bossen in Nederland? De potentieel natuurlijke vegetatie, dat wil zeggen het bostype dat zich na een lange periode (ca. 150 à 200 jaar) zonder beheersingrepen op zeeklei ontwikkelt, is het essen-iepenbos (*Fraxino-Ulmetum*). Daar kan Zomereik in voorkomen, maar de toonaangevende houtige soorten zijn es, esdoorn, hazelaar, els, gladde iep en meidoorn (Van der Werf, 1991; Stortelder *et al.*, 1999). Het essen-iepenbos komt in hoofdzaak voor langs rivieren in het laagland van noordelijk (West- en Midden-Europa, van Midden-Frankrijk tot in Polen (bron: Synbiosys). Ook in ons land heeft dit bostype zijn optimum op de holocene rivierkleien van het fluviatiele district; daarnaast komt het voor op enkele plaatsen op de overgang van het Renodunale naar het Laagveendistrict, in het Zuid-Limburgse heuvelland en op de zeeklei. Landelijk gezien is de associatie vrij zeldzaam (oppervlakte vrij gering). Op de meeste plaatsen is het *Fraxino-Ulmetum* fragmentair ontwikkeld. Goede voorbeelden komen voor op landgoederen langs de Utrechtse Vecht en de Kromme Rijn, en verder langs de Waal en de IJssel; ook behoren enkele stinzenbossen in Friesland en sommige bossen op oeverwallen langs de Dinkel en de Slinge tot de beter ontwikkelde vormen van dit bostype. Vergroting van het areaal is onder andere te verwachten in de aangeplante bossen van de IJsselmeerpolders; op enkele plaatsen in de boscomplexen van Flevoland kan al van deze associatie gesproken worden (Bremer 1997). In het algemeen geldt echter dat de ontwikkeling van een goed ontwikkeld essen-iepenbos zeer lang duurt, vooral wanneer de uitgangssituatie erg voedselrijk is.

Het essenvak in deze pilot is een goed voorbeeld van een nog erg jong en ruig essen-iepenbos, waarin soorten als Grote brandnetel en Kleefkruid de ondergroei volledig domineren. Het is daarmee representatief voor veel recent aangelegde bossen op jonge zeeklei (o.a. in de Flevopolders, de Noordoostpolder, Zeeland en delen van Noord- en Zuid-Holland). Het beeld dat onder de es is te zien (veel brandnetels) komt vooral heel algemeen voor in populierenaanplant op (zeer) voedselrijke bodem. Overigens niet alleen op klei. Ook in beekdalén (op voormalige landbouwgrond, of bij periodieke overstroming met vervuild beekwater) kunnen we een vergelijkbare (zij het niet identieke) begroeiing aantreffen.

Het eikenvak in de pilot laat een ander, maar zeker niet ongebruikelijk beeld van het essen-iepenbos zien. Doordat het eikenstrooisel relatief slecht verteert, ontwikkelt de bovengrond zich hier anders dan onder es. Er is meer accumulatie van bladstrooisel en de uitspoeling van kalk en voedingsstoffen uit de bovengrond verloopt iets sneller. Omdat het hier om heel jonge bosbodems gaat zijn de verschillen in bovengrond tussen het eiken- en het essenvak nog niet erg groot. Toch zijn de effecten op de ondergroei al duidelijk: onder eik zijn de ruigtekruiden veel minder dominant en oogt het bos opvallend 'leeg'. Ook dit is een heel normaal beeld in jonge kleibossen. Dat de brede wespenorchis in zulke grote aantallen optreedt, is vaker beschreven voor Flevoland, maar komt daar buiten ook wel eens voor.

Grof geschat heeft het huidige bosareaal, waarvoor het proefgebied in het Harderbos representatief is, een oppervlakte van enkele duizenden hectaren. Landelijk gaat het hierbij om een paar honderd merendeels kleine bosjes, van meestal een half tot twee hectaren; in de jonge zeekleipolders komen beduidend grotere lappen voor waarvan de grootste een oppervlakte van meerdere honderden hectaren hebben. Het potentiële bosareaal van het essen-iepenbos is in ons land echter een veelvoud van het huidige areaal. De verwachting is dat in de nabije toekomst aanzienlijke oppervlakten landbouwgrond in kleigebieden een andere bestemming zullen krijgen, waaronder (natuur)bos, al dan niet in combinatie met waterberging. Ook voor de ontwikkelingen in deze nieuwe bossen kan het onderzoek in het Harderbos een referentie zijn.

## 2.2 De pilot

De pilot omvat een klein deel van het Harderbos en heeft een experimenteel karakter. Circa 1,3 ha van het Harderbos is ingericht voor de proef (figuur 2).



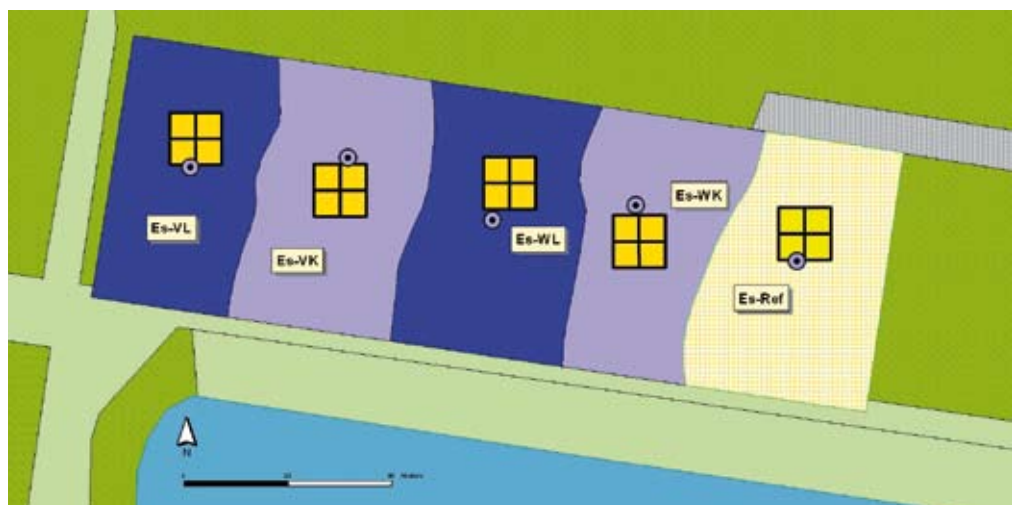
Figuur 2 Inrichting van de compartimenten door de aanleg van kleikades.

Gekozen is voor de volgende gebiedsdelen (volgens code Natuurmonumenten): vak 123e2 (zomereik), en vak 123j2 (es). In hoofdstuk 3 wordt uitgebreid ingegaan op de keuze van de onderzoekslocaties en de aanleg hiervan.

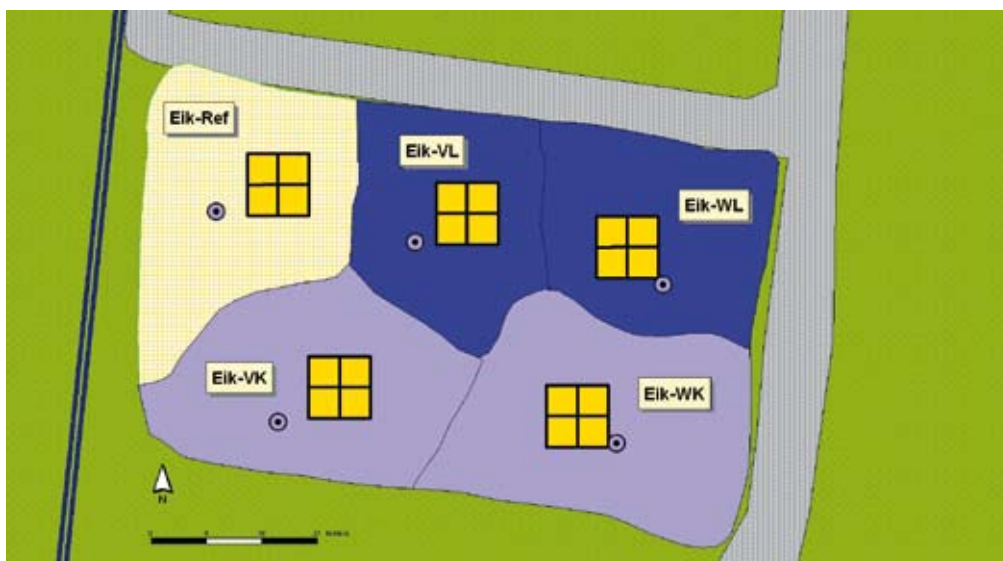
Voor de duidelijkheid volgt hier de omschrijving van de gehanteerde termen voor de verschillende gebiedsdelen:

- *(proef)perceel/essenvak/eikenvak*: omvat vijf compartimenten (van één boomsoort);
- *compartiment*: gebied binnen de kades;
- *proefvlak*: afgezet deel binnen de compartimenten waar de metingen verricht worden (10x10 m);
- *subplot*: deel van het proefvlak waarvan een vegetatieopname wordt gemaakt en waarin de bodem beschreven en bemonsterd wordt (5 x 5 m)

In figuur 3 en 4 zijn de twee proefpercelen weergegeven. De naamgeving van de proefpercelen is gebaseerd op het toe te passen inundatieregime en is verder toegelicht in paragraaf 3.2.



Figuur 3 Schets van de vijf compartimenten in het essenvak. De proefvlakken zijn in geel weergegeven.



Figuur 4 Schets van de vijf compartimenten in het eikenvak. De proefvlakken zijn in geel weergegeven.

# 3 Werkwijze

## 3.1 Vooronderzoek

Een (globale) opname van vegetatie, bodem- en hydrologische eigenschappen heeft geleid tot vaststelling van de ligging van compartimenten.

### **Bodem en hydrologie**

Het Harderbos kenmerkt zich door een relatief dun Holocene pakket op een Pleistocene ondergrond. Het Holocene pakket bestaat voornamelijk uit Almere- en Zuiderzeeafzettingen van klei en veen, en heeft een dikte van over het algemeen minder dan 1 m (zie ook paragraaf 4.2 'Bodem en humus'). In het goed doorlatende Pleistocene zand eronder is de stijghoogte van het grondwater ongeveer 0,60 à 0,70 m beneden maaiveld (NAP -3,70 à -3,80 m). Deze relatief hoge stijghoogte wordt veroorzaakt door het grondwater van het Veluwemassief. Regionale grondwaterstroming vanuit het Veluwemassief draagt bij aan het optreden van kwelstroming naar de Flevopolders. De grootte van de kwel flux in het Harderbos is beperkt en varieert lokaal, afhankelijk van de afstand tot het Veluwemeer. Kwel manifesteert zich voornamelijk in de diepe ontwateringsmiddelen (tochten en sloten) en in mindere mate in het drainagesysteem.

Als het Holocene pakket tot op het Pleistocene gerijpt is, is er interactie tussen het freatische grondwater en het diepere grondwater in de Pleistocene ondergrond. De rijping heeft zich echter niet overal doorgezet tot de onderkant van het Holocene pakket (top van Pleistoceen). Soms is er nog een ongerijpte laag van ongeveer 0,10 m aan de onderzijde van het Holocene aanwezig die verhindert dat kwel en wegzijging van en naar de Pleistocene pakketten plaatsvinden. Op andere locaties is de onderzijde van het Holocene gedeeltelijk of weinig gerijpt, waardoor er meer verticale stroming kan zijn. Voor de proeflocaties is het van belang dat deze zodanig zijn gelegen, dat bij inundatie zo weinig mogelijk verliezen optreden als gevolg van wegzijging naar de Pleistocene ondergrond. Daarom is gezocht naar een bodemprofiel dat aan de "onderzijde" min of meer afsluitend is.

### **Vegetatie**

In het Harderbos zijn er veel verschillende boomsoorten aangeplant bij de aanleg en in de periode daarna, vanaf 1968. Zo zijn er onder meer percelen met populier, es, hazelaar, zomereik, beuk, esdoorn, berk, els en spaanse aak. Er komen percelen voor met maar één boomsoort, maar vaak zijn naast de hoofdsoort nog enkele soorten 'bijgemengd'. Na enkele verkennende veldbezoeken in het begin van 2004 is de keuze gevallen op een essenvak en een eikenvak. Naast praktische overwegingen zoals de nabijheid van water en de bodemgesteldheid (zie boven), is gekozen voor twee boomsoorten (es en zomereik) waarvan werd aangenomen dat ze verschillend op inundatie zouden reageren. Op papier is de inundatiebestendigheid van es beter dan die van eik. Daarnaast zijn er ook flinke verschillen in verteerbaarheid van het blad, zodat er ook verschillen zijn in de spontane vegetatie (met name in de kruid- en moslaag). Juist de effecten (van inundatie) op de kruid- en de moslaag zijn doel van het vegetatieonderzoek.

Het essenvak beslaat een oppervlakte van 0,63 ha. Het perceel is aangeplant in 1972, met enkele exemplaren zoete kers. In dit vak komt ook hazelaar voor. Het eikenvak beslaat een oppervlakte 0,65 ha. Het is aangeplant in 1977. Naast zomereik zijn ook zomerlinde, berk, wilde lijsterbes en hazelaar in dit vak aanwezig. De kleilaag in het essen- en eikenvak is zeker 70 cm dik en het kleigehalte is 30 tot 35% (fractie <2 m).

## 3.2 Onderzoek algemeen

De onderzoeksperiode liep van september 2004 tot en met september 2007.

### 2004: Uitgangssituatie en inrichting

In 2004 is de uitgangssituatie vóór inundatie bepaald. Met behulp van deze informatie is tevens de ligging en grootte van de compartimenten vastgelegd. Het essenvak is gelegen in perceel 123j2, het eikenvak in perceel 123e2 (volgens code Natuurmonumenten). De compartimenten zijn in september en begin oktober 2004 gerealiseerd door de aanleg van kleikades. De proefvlakken grenzen niet direct aan de kades, maar liggen in het centrum van de compartimenten, en zijn elk 10 x 10 m groot.

### 2005: Inundaties

Kunstmatige inundatie heeft in vier compartimenten in de winter 2005 (januari) plaats gevonden en in vier andere in het voorjaar van 2005 (april). Tijdens de inundaties zijn de inundatiediepte, de hoeveelheid suppletie en waterkwaliteit geregistreerd.

### 2005-2007: Reguliere monitoring

Ontwikkelingen van bodem, vegetatie en bodemfauna zijn gedurende de onderzoeksperiode gevolgd, alsmede de grondwaterstanden.

## 3.3 Opzet en verloop inundaties

In deze paragraaf wordt ingegaan op de opzet van het inundatie-experiment en het verloop van de inundaties. Een uitgebreide omschrijving van het technische verloop van de inundaties is opgenomen in Bijlage A.2. Ook wordt hier per compartiment een overzicht gegeven van inundatieduur, -diepte, maaiveldhoogte en start- en einddata van de inundaties

### Regimes

Er is via een leiding water uit de Strandgapertocht in de compartimenten gelaten (figuur 5) om een hoogwaterpiek te simuleren. De regimes en codes staan in tabel 1.

Tabel 1 Codes inundatieregimes

Regime	Code essenvak	Code eikenvak
Referentie (geen inundatie)	Es-Ref	Eik-Ref
Korte inundatie in Winter (januari, 7 dagen)	Es-WK	Eik-WK
Lange inundatie in Winter (januari, 21 dagen)	Es-WL	Eik-WL
Korte inundatie in Voorjaar (april, 7 dagen)	Es-VK	Eik-VK
Lange inundatie in Voorjaar (april, 21 dagen)	Es-VL	Eik-VL





Figuur 5 Aanvoerleiding, innamepunt en pomp voor suppletie van de compartimenten.

### Inrichting

De kades zijn zodanig hoog dat een inundatieniveau van gemiddeld 20 cm op het maaiveld realiseerbaar is. Het gebruikte materiaal is 'gebiedseigen' klei (om randeffecten te voorkomen). De compartimenten zijn uitgerasterd om verstoring door grazers (Schotse Hooglanders) te voorkomen.

Na metingen bleek dat de kades op sommige punten onvoldoende hoog waren. Medio november 2004 zijn daarom de kades alsnog voldoende opgehoogd (minimaal 40 cm boven maaiveld). Bij de aanleg van de kades is zoveel mogelijk de verstoring van de compartimenten tegengegaan. De proefvlakken grenzen niet direct aan de kades, maar liggen in het centrum van de compartimenten, en zijn elk 10 x 10 m groot.

In de winter en in het voorjaar van 2005 zijn de compartimenten van het essenvak en het eikenvak kunstmatig geïnundeerd. Met een bronbemalingpomp is water uit de Strandgapertocht gepompt en via een leiding getransporteerd naar de proefpercelen. In figuur 5 is het tracé van de leiding weergegeven en foto's van het innamepunt en de gebruikte pomp. Het debiet kon gedoseerd worden zodat niet van de volledige capaciteit (ca. 80 m<sup>3</sup>/uur) gebruik gemaakt hoefde te worden. De aanzuiglocatie van de leiding in de tocht is ongeveer 0,30 m beneden het wateroppervlak en 0,50 m boven de (slib)bodem, en enkele meters voorbij de oeverplantenzone. Door de verliezen in de compartimenten was het nodig om continu water aan te voeren en de pomp in bedrijf te laten. De leidingen waren van kunststof met een diameter van 100 mm.

De lengte van de leiding naar het eikenvak was 680 m, en de resterende lengte naar het essenvak 280 m. Voor het starten van de suppletie van de compartimenten zijn de leidingen minimaal een half uur doorgespoeld met water uit de Strandgapertocht, waarbij aanvankelijk geoxideerd ijzer uitspoelde. Ook zijn voor de start watermonsters uit de Strandgapertocht en uit het eind van de leiding genomen om de samenstelling te kunnen vergelijken met het inundatiewater van de compartimenten. De hoeveelheid verpompt water is geregistreerd met een geijkte debietmeter bij de pomp. Deze is regelmatig afgelezen om voldoende inzicht te hebben in het verloop van de hoeveelheid van de suppletie. Tevens is ter controle incidenteel de hoeveelheid suppletie bepaald in de compartimenten door de snelheid van vulling van een emmer met een bekende inhoud te meten.



Figuur 6 Wateraanvoer in een compartiment met doseerkraan

De startdata van het vullen van de compartimenten waren niet altijd gelijk, en bovendien waren de behandelingen (inundatieduur) tussen de compartimenten verschillend. Daardoor varieert het aantal compartimenten dat gelijktijdig gevuld is van één tot vier. Op de leidingen zijn verdeelstukken en kranen geplaatst om vulling van de verschillende compartimenten te kunnen regelen. In de praktijk is het fijn afregelen een lastig karwei gebleken, waardoor het niet voorkomen kon worden dat het waterpeil soms ongewenst fluctueerde. Om het teveel uitzakken van het peil te voorkomen was het noodzaak een basishoeveelheid te suppleren. Om het overstromen van de kaden te voorkomen met deze basishoeveelheid zijn in de compartimenten overstorten gemaakt om de hoge peilen te kunnen afvoeren buiten de compartimenten. Deze overstorten waren provisorisch maar effectief.

In elk compartiment is het waterpeil op uurbasis geregistreerd met behulp van een datalogger. Vooraf zijn de maaiveldhoogten van de proefvlakken in de compartimenten ingemeten zodat bekend is wat de hoogteverdeling is. Gestreefd is naar een waterschijf van 0,20 m boven het hoogste deel van de proefvlakken binnen de compartimenten. Om hierop een makkelijke visuele controle te hebben tijdens de proef zijn in elk compartiment twee piketten nabij de kaden geplaatst met daarop een schaalverdeling die de vulhoogte aangeeft.

#### **Inundatie januari**

Op 18 januari 2005 is water in het eikenvak gepompt, als eerste in compartiment Eik-WK. Al snel bleek dat de verdichting onder de kaden minder goed was dan verwacht: er stroomde veel water via grondwaterstroming vanuit de compartimenten naar de omgeving. Hierdoor werden de naastgelegen compartimenten ongewenst beïnvloed. Tevens was de doorstroming in het compartiment zelf hoog. De watertoevoer werd gestopt, waarna het grondwaterpeil in Eik-WK en de omliggende compartimenten weer snel het normale niveau bereikte. Het voorgenomen compartiment Eik-WK is hierna niet meer gebruikt en is bij de verdere inundatie experimenten komen te vervallen.

Op 21 januari 2005 zijn bij het essenvak vóór de eerste inundatie ontwateringsmiddelen gegraven om zo de stijging van de grondwaterstanden in de aangrenzende compartimenten tegen te gaan. Het nadeel van een hoge doorstroomsnelheid bleef en kon op dat moment niet verholpen worden. In figuur 7 en 8 is aangegeven waar en wanneer de ontwateringsmiddelen zijn gerealiseerd. Het graven van drainagesloten en -greppels is effectief geweest.

De inundaties zijn vervolgens goed verlopen. Water werd continu aangevoerd, waarbij met behulp van een doseerkraan de aanvoer minimaal werd afgesteld maar wel zodanig dat het peil voldoende hoog en zo constant mogelijk werd gehouden. Teveel stijging van het waterpeil is voorkomen door de overstorten. Beëindiging van de inundaties gebeurde door het uitzetten van de pomp, waarna het waterpeil binnen een dag uitzakte tot het normale niveau.



Figuur 7 Ontwateringsmiddelen en foliekaden in het essenvak.



Figuur 8 Ontwateringsmiddelen en foliekaden in het eikenvak.

### Inundatie april

Vóór de tweede inundatie is folie in de kaden aangebracht om het verlies door zijdelingse afstroming en ook de invloed op aangrenzende compartimenten te beperken. Ook is op 5 april nog een extra greppel gegraven langs het referentievak (eikenvak). Het folie in de kaden is kort voor de start van de voorjaarinundatie in de periode van 29 maart tot 6 april aangebracht (zie figuur 7, 8 en 9). Door aanwezigheid van het folie kon de aanvoer van water aanzienlijk verminderd worden, en de stijging van de grondwaterpeilen in de naburige compartimenten was minimaal. Als gevolg hiervan zullen (bodem)processen minder verstoord zijn. Deze processen zullen tijdens de eerste inundatie (winter) nauwelijks plaats hebben gevonden, maar tijdens de tweede inundatie (voorjaar; begin groeiseizoen) al goed op gang zijn gekomen.



Zowel in het eikenvak als in het essenvak zijn de inundaties goed verlopen. Om de inundatie te beëindigen is de pomp uitgezet. Nadat het water tot op het maaiveld was uitgezakt, is een deel van het folie verwijderd om het peil verder te doen zakken. Hierna zakte het waterpeil snel uit tot het normale niveau. Aan het eind van de proeven zijn de ontwateringsmiddelen weer gedicht en is het folie geheel verwijderd.



Figuur 9 Aanleg van foliekaden in het eikenvak (links) en verwijdering van folie na beëindiging van de proef (rechts).

### 3.4 Hydrologie

#### 3.4.1 Waterstanden

Op 2 juli 2004 zijn in ieder compartiment grondwaterstandsbuizen met dataloggers geplaatst (figuur 10). Deze tien peilbuizen binnen de compartimenten zijn zodanig geplaatst dat ze zich nog geheel in het Holocene bevinden met de onderkant boven de (gedeeltelijk) afsluitende laag (onderzijde Holocene). Dit betekent dat de buizen op een diepte van 0,65 tot 0,90 m beneden maaiveld zijn geplaatst. In deze buizen is ieder uur de freatische grondwaterstand geregistreerd. Daarnaast zijn er buiten de percelen drie peilbuizen gesitueerd met divers (HB1, HB2, HB3, figuur 10) Ook deze divers registreren de grondwaterstand ieder uur. Tenslotte zijn er om de twee weken handmatige grondwaterstandmetingen uitgevoerd op een aantal locaties buiten de percelen (B9, B10, B12, B13, B14 en L1).



Figuur 10 Locatie van de peilbuizen voor de grondwaterstandmetingen

Tijdens de inundaties stijgt de grondwaterstand tot boven het maaiveld. In dat geval geeft de datalogger in de aanwezige peilbuis het waterpeil binnen het compartiment aan. Daarnaast is tijdens de proef een visuele controle van het oppervlaktewaterpeil uitgevoerd, door in elk compartiment twee piketten nabij de kaden te plaatsen, met daarop een schaalverdeling die de vulhoogte aangeeft (figuur 11).



Figuur 11 Piket met aanduiding inundatiediepte

### 3.4.2 Waterkwaliteit

De compartimenten zijn kunstmatig met water gevuld vanuit de Strandgapertocht. Doorgaans bestaat het water uit de Strandgapertocht voor het grootste deel uit kwelwater en het overige deel is neerslagafvoer vanuit natuurgebieden (geringe landbouwinvloed).

Voorafgaand aan de kunstmatige inundaties is de waterkwaliteit van de Strandgapertocht, de Harderbosbeek en dat van het grondwater geanalyseerd. De monsters werden ten noorden van de pilot (innamepunt) in de Strandgapertocht, in de beek in de nabijheid van de proeflocaties, en op twee locaties in de pilot genomen (figuur 12). In het laatste geval is het freatische grondwater bemonsterd uit peilbuizen.



Figuur 12 Vier locaties van monsterpunten in het Harderbos.



Tijdens de inundaties zijn regelmatig watermonsters genomen. Elk compartiment is eens in de twee dagen bemonsterd. Na een week is (bij de langdurige inundaties) de bemonsteringsfrequentie teruggebracht naar eens in de drie dagen (afhankelijk van de omstandigheden soms ook eens in de twee of vier dagen). Tevens is bij het vullen de eerste dag het water bemonsterd dat direct uit de aanvoerpijp kwam (na voorspoeling).

De volgende parameters zijn gemeten: zuurgraad, alkaliniteit, zuurstof, temperatuur, ijzer, chloride, elektrisch geleidend vermogen, opgelost organisch koolstof, totaal fosfor, orthofosfaat, sulfaat, Kjeldahl stikstof (= aan organisch stof gebonden stikstof), nitraat, nitriet, ammonium, calcium, magnesium, natrium en kalium.

### 3.5 Bodem en humus

#### Monsternamen en analyses

In het late voorjaar van 2004, 2005, 2006 en 2007 zijn per proefvlak humusprofielen beschreven en bemonsterd, 2 m van de gemarkeerde boom, in vier kompasrichtingen (noord, oost, zuid, west). De bodem dieper dan 15 cm is na 2004 niet meer beschreven, omdat ervan wordt uitgegaan dat het bodemprofiel (buiten het humusprofiel) in 2005 en 2006 niet is veranderd ten opzichte van 2004. Van het humusprofiel zijn alleen de dikte en de aard van de humuslagen beschreven volgens Kemmers & de Waal (1999) en Van Delft (2004).

Van zowel de laag 0-15 cm als de laag 0-5 cm van het humusprofiel zijn mengmonsters genomen. De laag 0-15 cm vormt het belangrijkste deel van de wortelzone voor de korte vegetatie. De laag 0-5 cm is apart bemonsterd omdat kleine veranderingen in het humusprofiel het eerst merkbaar zijn in de bovenste centimeters.

Van de wortelzone (0-15 cm) zijn de volgende parameters bepaald (Giesen en Geurts, 2004):

- pH (KCl);
- organisch stofgehalte (gloeiverlies);
- N-totaal en P-totaal (Kjeldahl stikstof);
- P-zoutzuur om het gehalte organische fosfaat (P-org) te bepalen;
- P-oxalaat;
- Fe-oxalaat;
- N-NH<sub>4</sub> en N-NO<sub>3</sub> (in 0,01 M CaCl<sub>2</sub>-opl.).

Van de laag 0-5 cm is alleen de pH(KCl) en het organische stofgehalte bepaald. Met behulp van het organische stofgehalte, N-totaal en P-totaal zijn C/N- en C/P-org-getallen bepaald. Deze getallen geven een indicatie voor de mineralisatie van aan organische stof gebonden N en P. Daarbij is ervan uitgegaan dat het koolstofpercentage van de organische stof 50% is.

Met behulp van de P-totaal en P-zoutzuurwaarden is het organische P-gehalte van de monsters bepaald, en daarmee de C/Porg-verhouding. P-oxalaat geeft extra informatie over de P-huishouding. Het geeft de hoeveelheid weer van aan ijzer en aluminium (hier van weinig belang) geadsorbeerde P. Dit zijn makkelijk en matig beschikbare vormen van P. Fe-oxalaat is bepaald als maat voor de potentie om pyriet te vormen tijdens de inundaties. Pyrietevenwichten kunnen van groot belang zijn voor de zuurhuishouding. Het percentage P-oxalaat vergeleken met de hoeveelheid Fe-oxalaat is een goede maat voor de fosforverzadiging van de bodem. N-NH<sub>4</sub> en N-NO<sub>3</sub>- opgelost in CaCl<sub>2</sub> geeft een indruk van de beschikbare stikstof in de bodemoplossing (Bolt *et al.* 1978, Scheffer *et al.* 1982). Deze laatste parameters zijn echter zeer seizoensgevoelig en vertonen in het algemeen in tijd en ruimte een grote spreiding.

#### Statistiek

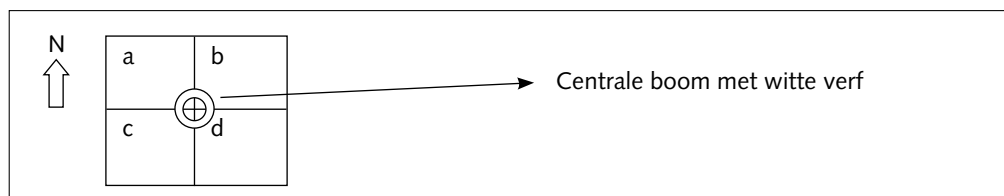
Om een vergelijking te maken tussen de toestand van 2004, 2005, 2006 en 2007 is gebruik gemaakt van een dubbelzijdige T-toets, een gemakkelijke en snelle toets. Deze toets geeft vrijwel dezelfde uitslagen als de meer bewerkelijke "Wilcoxon signed rank toets" (Hommel en De Waal,

2004). Bij foutkansen van minder dan 0,05 zijn verschillen als significant gekenmerkt. Bij waarden tussen 0,05 en 0,10 zou men van een trend kunnen spreken. De proefvlakken in de compartimenten zijn per jaar paarsgewijs aan elkaar getoetst (bijv. Eik-VK 2004 aan Eik-VK 2005; Eik-VK 2004 aan Eik-VK 2006). Bovendien zijn de geïnundeerde vlakken getoetst aan de bijbehorende referentievlakken in hetzelfde jaar. De resultaten zijn in bijlage B terug te vinden.

Uit de toetsen van de proefvlakken met eenzelfde scenario is af te leiden welke verschillen significant zijn. Omdat er in de referentievlakken ook in de onderzoeksperiode significante veranderingen hebben plaats gevonden, is de toetsing van de scenario's aan de referentievlakken, in het zelfde jaar, van groot belang. Hierbij zijn vooral de verschillen tussen de uitgangstoestand in 2004 en het daarop volgende inundatiejaar van belang. Deze twee bewerkingen geven samen met de figuren inzicht welke veranderingen significant waarschijnlijk samenhangen met de inundaties.

## 3.6 Vegetatie

In 2004 zijn in totaal 10 proefvlakken voor vegetatie ingemeten (1 per compartiment). Zie figuur 3 en 4 voor een overzicht van de proefvlakken. De proefvlakken zijn zoveel mogelijk midden in de inundatiecompartimenten gelegd. Als middelpunt is steeds een boom genomen die met witte verf is gemarkeerd (ring). Rond deze boom zijn steeds 4 subplots van 5 bij 5 meter opgenomen (figuur 13).



Figuur 13 Schematische weergave van de vegetatieproefvakken. a: noordwest, b: noordoost etc.

### 3.6.1 Kruid- en moslaag

In 2004 werd binnen elke subplot een vegetatieopname gemaakt, waarbij onderscheid werd gemaakt tussen (eerste) boom-, struik-, kruid- en moslaag. Aangezien het hier relatief jonge opstanden betreft, was het veelal niet mogelijk een duidelijk onderscheid te maken tussen tweede boomlaag en struiklaag. Om praktische redenen werden beide lagen dan ook samen genomen (als struiklaag). Voor elke laag werden de hoogte (niet bij de moslaag) en de bedekking geschat, en de soortensamenstelling bepaald. Voor elke soort werd per vegetatielaag de bedekking ingeschat met behulp van de Doing-schaal (Doing Kraft, 1954). Voor het gebruik bij herhalingsopnamen waarin mogelijk slechts subtiele veranderingen gaan optreden, is deze 14-delige schaal te verkiezen boven de doorgaans in Nederland gebruikte 9-delige aangepaste Braun-Blanquet-schaal (Barkman *et al.* 1964).

De vitaliteit van de vegetatie werd niet uitputtend onderzocht. Wel werd per opname systematisch aangetekend van welke soorten in boom- en struiklaag minder vitale of dode exemplaren aanwezig waren.

Per subplot en per soort zijn de waarnemingen samengevat in een 'presentiewaarde' (frequentie van voorkomen bepaald over de vier subplots) en 'karakteristieke bedekking' (gemiddelde bedekkingswaarde bepaald over de subplots waarin de soort aanwezig is). Tevens werden soortenaantallen per subplot en de gemiddelde waarden voor de structuurkenmerken (hoogte en bedekking per laag) bepaald. Voor wat betreft de soortenaantallen werd een onderscheid gemaakt tussen totale aantallen en de aantallen niet-houtige soorten. Laatstgenoemde aantallen zijn voor de beschrijving van de spontane vegetatie(ontwikkeling) het meest relevant, aangezien er vanuit mag worden gegaan dat het overgrote deel van de boom- en struiksoorten in het Harderbos is aangeplant.

Om te bepalen in hoeverre er sprake is van significante verschillen in soortenaantallen, strooiselkwaliteit en structuurkenmerken is gebruik gemaakt van de t-toets. Waar het niet op voorhand duidelijk is of de hoogste waarden in de essen- dan wel in de eikenopstanden te verwachten zijn (soortenaantallen; structuurkenmerken), werd tweezijdig getoetst. Waar de gevonden verschillen tussen beide opstandstypen te verklaren zijn vanuit de proefopzet (strooiselkwaliteit), werd eenzijdig getoetst.

Voor de jaren 2005, 2006 en 2007 zijn alleen de data van de ondergroei (kruid- en moslaag) uitgewerkt. Uitgangspunt hierbij is dat er in een jaar tijd geen belangrijke veranderingen in de boom- en struiklaag optreden. De volgende aspecten worden weergegeven:

Voor alle vegetatielagen samen:

- totaal soortenaantal (excl. soorten boom- en struiklaag; bepaald over 4 subplots).

Voor de ondergroei (kruid- en moslaag):

- gemiddelde hoogte van de kruidlaag (bepaald over 4 subplots);
- gemiddelde bedekking van de kruidlaag (bepaald over 4 subplots);
- gemiddelde bedekking van de moslaag (bepaald over 4 subplots).

Voor elke afzonderlijke soort in kruid- en moslaag:

- presentie: aantal subplots waarin de soort voorkomt;
- karakteristieke bedekking (gemiddelde bedekking bepaald over de subplots waarin de soort aanwezig is);
- gemiddelde bedekking (bepaald over 4 subplots).

Voor de interpretatie van veranderingen in gemiddelde bedekking en presentie - weergegeven in de tabellen - werd gebruik gemaakt van een eenvoudige ad hoc classificatie. Aangegeven zijn veranderingen in soortenaantal, bedekking en hoogte van 20% (resp. cm) of meer t.o.v. van de uitgangssituatie in 2004. Ook het verschijnen dan wel verdwijnen van een soort is aangegeven, eveneens ten opzichte van de uitgangssituatie in 2004.

### 3.6.2 Bomen

#### ***Vitaliteitsbeoordeling***

Doel van de vitaliteitsbeoordeling is te achterhalen of er door de inundatie schade aan de wortels is ontstaan. Deze schade kan zich uiten door bladverlies of bladverkleuring (de standaard vitaliteitskenmerken in het landelijk vitaliteitsonderzoek) of door het ontstaan van dode toppen van twijgen boven in de kroon van de bomen.

Van heersende of medeheersende bomen in het kronendak is in 2005 en 2006 met een verrekijker naast de algemene vitaliteitskenmerken (o.a. Reuver, 1998) ook een "water-indicator" opgenomen (Olsthoorn *et al.* 2003). Schade aan de wortelstelsels van bomen door vernatting (stijgen van grondwater) uit zich vrij snel in sterfte van toppen in de boomkroon in droge perioden in de zomer. De bomen hebben dan te weinig capaciteit voor wateropname om de verdamping op dat moment bij te kunnen houden. De vernatting uit zich dan uiteindelijk via droogteschade in de zomerperiode, in de aanwezigheid van verdrogende twijgen boven in de kroon. Het aantal dode twijgen in de boomtoppen van loofbomen is opgenomen, als % van totaal aantal (zichtbare) toppen van een aantal bomen in het proefvlak, in de klassen <1%, 1-15%, 15-50%, 50-85%, 85-99% en >99%. Bij het optreden van schade is in vernatting-objecten gebleken dat in opeenvolgende jaren de schade in de kroon snel kan oplopen van bijvoorbeeld 10 naar 90% dode twijgen. Bij vernatting wordt door stijgend grondwater de zuurstof grotendeels uit de bodem verdreven. Bij inundatie kunnen andere effecten optreden, omdat de lucht in de bodem wordt opgesloten en nog enige tijd zuurstof kan bevatten. Dit is ook zeer relevant voor de effecten op de bodemfauna. Vergelijking met die resultaten is belangrijk voor goed begrip van de omstandigheden voor wortelgroei tijdens de inundatie.

De kenmerken in het landelijk vitaliteitsonderzoek zijn in percentsklassen opgenomen, zodat later een vertaling naar de vier vitaliteitsklassen mogelijk is (grove indeling). De bladbezetting wordt beoordeeld als percentage bladverlies vergeleken met de volledige bladbezetting (bijv. geen bladverlies aan jonge twijgen (langlot). Bladverkleuring is opgenomen als percentage verkleurde bladeren (bruin of geel).

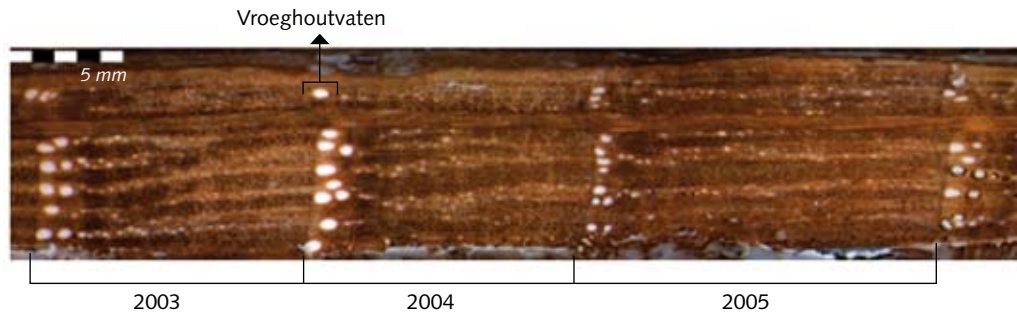
Ranbomen, binnen de 5 meter van een dijkje zijn niet opgenomen. Vooral rond de centrumboom (aangegeven met witte ring) is geprobeerd de bomen goed te beoordelen. Door de dichte stand bij eik moest elke kroon van diverse kanten bekeken worden voor een gemiddeld beeld van het totaal, waarbij niet alle twijgen beoordeeld konden worden. Bij es waren de twijgen in de kronen beter te beoordelen. Overheerste bomen (onderin de kroonlaag) zijn niet opgenomen, omdat zij ook door concurrentie dode twijgen kunnen hebben, blad kunnen verliezen of kunnen verkleuren. Dit behoeft dus niets met de proef te maken te hebben. Daarom is ook de struiklaag niet opgenomen. Soms is wel de bladverkleuring opgenomen om vast te leggen dat van die soort de bladkleur vitaal was. Alledrie de vitaliteitskenmerken zeggen niets over de groeisnelheid. Daarvoor moet bijvoorbeeld naar de jaarringdikte of scheutlengte gekeken worden.

### ***Jaarringonderzoek***

In 2007 werd geen vitaliteitsonderzoek volgens de hierboven beschreven methode verricht. In plaats daarvan werden in de referentievakken en de proefvlakken waar de duidelijkste effecten van inundatie te verwachten zijn (voorjaar, lang) boorkernen van bomen verzameld en geanalyseerd.

Het effect van inundatie op de radiale groei van de bomen is onderzocht door middel van jaarringanalyse. Jaarringanalyses aan eiken en essen van het Harderbos moeten helpen aantonen of, en zo ja, in welke mate een korte inundatie tot een verandering in de radiale groei van de bomen leidt. De radiale groei van bomen is afhankelijk van verschillende omgevingsfactoren. Op de meeste standplaatsen leiden jaarlijks wisselende weersomstandigheden in relatie met standplaatsfactoren tot een specifiek jaarringpatroon bij bomen van dezelfde soort die op dezelfde standplaats groeien. Stress, zoals inundatie, kan leiden tot vermindering van de algemene vitaliteit van de boom, bijvoorbeeld als gevolg van wortelverwondingen (zie boven) en uit zich in een afname van de radiale groeiactiviteit en/of de grootte van de gevormde houtcellen. Vooral de grootte van de vaten, die verantwoordelijk zijn voor watertransport van de wortels naar de bladeren, staat bekend als een gevoelige indicator voor verandering van omgevingsfactoren zoals neerslag (Sass & Eckstein, 1995) en overstroming (St. George & Nielsen, 2003). In het Harderbos zijn eiken en essen bemonsterd in telkens twee proefvlakken, namelijk het referentievak (Ref) en het vak met de meest 'extreme' behandeling: lange voorjaarsinundatie (VL). Daarvoor werden uit de populaties van beide soorten in beide vakken tien heersende of medeheersende individuen gekozen en is met een aanwasboor telkens één boorkern genomen. De boorkernen werden zo laag mogelijk aan de stambasis genomen (tussen 10 en 40 cm boven het maaiveld) omdat het grootste effect in de jaarringbreedte en -opbouw (vatgrootte) te verwachten is in het deel van de stam dat effectief onder water heeft gestaan (Sass-Klaassen & Land, ongepubliceerde resultaten). De oppervlakte van elke boorkern werd geprepareerd met een stanleymes om de afzonderlijke ringen duidelijk zichtbaar te maken. Vervolgens werd van elk monster de breedte van alle gevormde jaarringen, van het merg tot de bast, afzonderlijk gemeten.

Een eerste visuele inspectie van de jaarringen liet zien dat in de monsters van eik opvallend kleine vroeghoutvaten te zien waren in 2005, het jaar van inundatie (Figuur 14). Dit fenomeen is niet geconstateerd bij es. Daarom is besloten om voor eik de groottes van de vroeghoutvaten apart te meten. Hiertoe was het noodzakelijk de houtoppervlakte nog eens zorgvuldig te prepareren, waarbij de vaten gevuld werden met witte was om het contrast met het overige houtweefsel te verhogen. Van de jaarringen 1994 tot en met 2007 werden voor alle twintig eiken (tien in het vak Eik-Ref, en tien in het vak Eik-VL) digitale foto's gemaakt, die nadien geanalyseerd werden met een beeldanalyse programma (Visilog©, Noesis) dat automatisch de vaten detecteert en de vatgroottes berekent.



Figuur 14 Geprepareerd oppervlak van een eik uit het behandelingsvak VL met erop de jaarringen gevormd in de periode van 2003 tot 2005. De vroeghoutvaten in de jaarring 2005 zijn duidelijk kleiner dan in de jaren daarvoor en daarna.

Om de relatie tussen jaarringbreedte en groeiplaats na te gaan werden de ringbreedtes vergeleken met grondwaterstanden in verschillende seizoenen. Hiervoor zijn de data van peilbuis B9 gebruikt.

De jaarringbreedte van een boom wordt niet alleen beïnvloed door omgevingsvariabelen maar ook door leeftijd. Bij veel bomen leidt dat tot een trend van gemiddeld smallere jaarringen met toenemende leeftijd. Om het effect van de snelle jeugdgroei uit te sluiten is de analyse van het effect van inundatie op de jaarringbreedte uitgevoerd vanaf vijf jaar voor de overstromingen (2000). De invloed op vatgrootte is geanalyseerd met data vanaf 1994. Het effect van overstroming is getest met een General Linear Model (SPSS).

## 3.7 Fauna

### 3.7.1 Bodemfauna: regenwormen

Ter bepaling van de uitgangssituatie werd op 29 en 30 september 2004 in het Harderbos een veldinventarisatie regenwormen uitgevoerd in het essenvak en in het eikenvak. Na de inundaties in 2005 zijn veldinventarisaties uitgevoerd op 24, 25 en 30 mei 2005 en op 22, 23 en 30 mei 2006. Tenslotte is op 29 en 30 mei en 4 juni 2007 een laatste bemonstering uitgevoerd. Belangrijk om hier te vermelden is dat de bemonstering van vóór de inundatie in het najaar (september) en de andere bemonsteringen (na inundatie) steeds in het voorjaar hebben plaatsgevonden (eind mei - begin juni). Dit betekent dat eventuele verschillen in de wormenpopulatie (tussen 2004 en de andere jaren) mogelijk deels zijn te wijten aan seizoensinvloeden.

De veldinventarisatie is uitgevoerd volgens Bosveld *et al.* (2000). Buiten het al ingemeten vegetatieproefvlak (met een straal van 5 meter rond de centrale boom) zijn 4 grondmonsters genomen van 30 x 30 cm en een diepte van 20 cm (noord, oost, zuid en west van een centrale boom). Bodemgesteldheid en coördinaten van elk monsterpunt zijn genoteerd. Uit deze hoeveelheid grond werden ter plaatse alle wormen verzameld en de hoeveelheid grond is terug geplaatst in het gat. De gevonden wormen zijn verzameld in een plastic pot met een beetje grond. De wormen zijn in het laboratorium gedetermineerd en per soort en levensstadium gewogen (versgewicht). Binnen elk compartiment is zo dus op vier plaatsen een monsternamen uitgevoerd ter bepaling van de voorkomende soorten regenwormen, de aantallen, de biomassa van de wormen en de populatieopbouw.

De veldinventarisatie regenwormen op de drie tijdstippen na de inundatie is op dezelfde wijze uitgevoerd als de bemonstering in 2004, met dit verschil dat niet op precies dezelfde plaats een bodemplag is uitgestoken, maar ernaast. In totaal werden in het essenvak op de drie bemonsteringstijdstippen twintig monsters genomen, verdeeld over de 5 compartimenten, en in het eikenvak zestien, omdat het compartiment Winter-Kort is komen te vervallen (zie boven).



Dichtheden zijn omgerekend vanuit de gevonden wormen in 0,09 m<sup>2</sup> (het daadwerkelijk bemonsterde oppervlak). Er is onderscheid gemaakt tussen drie levensstadia van regenwormen (juveniel, sub-adult en adult).

Er is een vergelijking uitgevoerd van de voor de uitgangssituatie gecorrigeerde populatieontwikkeling (aantallen) met de populatieontwikkeling in het referentiecompartiment. Daartoe is eerst gecorrigeerd voor de uitgangssituatie in 2004 door het aantal wormen gevonden in 2005 of 2006 te verminderen met het gemiddeld aantal wormen van hetzelfde compartiment in 2004. Dit verschil (jaar 1 - jaar 0, jaar 2 - jaar 0 en jaar 3 - jaar 0) is vervolgens getoetst met een ANOVA waarbij seizoen van inundatie (winter en voorjaar) en duur van de inundatie (lang en kort) als factoren zijn meegenomen. Bij foutkansen van minder dan 0,05 zijn verschillen als significant gekenmerkt.

### **3.7.2 Overige fauna**

Hoewel geen onderdeel van het meetprogramma zijn enkele waarnemingen beschreven van vluchtgedrag van kleine fauna tijdens en na de inundaties. Onderdeel van deze waarnemingen is een loopkeverinventarisatie. Hierbij zijn loopkevers verzameld middels handvangsten voor, tijdens en na inundatie. In de droge/drooggevallen compartimenten zijn kevers gezocht onder schors van op de grond liggende (en vergaande) bomen en aan de voet van levende stammen. Bij inundatie zijn zwemmende en op staande en drijvende stammen/takken/bladeren aanwezige loopkevers meegenomen.



# 4 Resultaten en discussie

## 4.1 Hydrologie

Volledige tijdreeksen van de grondwaterstand zijn opgenomen in paragrafen 4.1.1 en 4.1.2. In paragraaf 4.1.3 zijn delen van deze tijdreeksen uitgelicht en gecombineerd, om de waargenomen processen beter te kunnen beschrijven en toe te lichten. Omdat het weer (neerslag en verdamping) grondwaterstanden sterk beïnvloedt, is in bijlage A.1 een korte omschrijving opgenomen van het weer van 2000 tot en met 2007. Deze gegevens zijn nodig om het verloop van de grondwaterstanden te kunnen interpreteren.

### 4.1.1 Grondwaterstanden omgeving

#### **Meetlocaties B9, B10 en B13**

Door Natuurmonumenten wordt reeds een aantal jaren twee keer per maand de grondwaterstanden in het Harderbos opgenomen. In de nabijheid van de proeflocaties zijn een drietal buizen (B9, B10 en B13) geselecteerd die de historie ter plaatse van de proefvakken enigszins weergeven (voor locaties zie figuur 10). Deze buizen hebben een lengte van ongeveer 2,5 m en de lengte van het filter aan de onderzijde is 0,50 m. Hierdoor zijn de filters in het Pleistoceen gesitueerd en registreren de stijghoogte van het Pleistocene grondwater. Als de onderzijde van het Holoceen niet afsluitend is, zal de freatische grondwaterstand overeenkomen met de grondwaterstijghoogte in het Pleistocene pakket of deze benaderen. In grote delen van het gebied, zeker meer polder inwaarts, zal dit het geval zijn.

Vanaf 2000 is een stijging van de grondwaterstanden te zien (figuur 15). De gemiddelde grondwaterstand stijgt de eerste drie jaren vanaf 2000 ongeveer 0,08 m. Hierna, vanaf 2003, stijgt deze nog eens ongeveer 0,10 m. Deze stijging is deels het gevolg van een aantal natte jaren (met uitzondering van 2003, zie Bijlage A.1), maar ook van interne vernattingsmaatregelen (vanaf eind 2002)<sup>1</sup>. Op basis van de meetgegevens van de afgelopen jaren mag verwacht worden dat het niveau van de grondwaterstand structureel enigszins hoger blijft dan in de jaren voor de vernattingsmaatregelen (eind 2002). Het weer heeft een duidelijke invloed op de grondwaterstand: zo is tijdens de droge zomer van 2003 de grondwaterstand duidelijk verlaagd, terwijl de natte zomer van 2004 ook duidelijk is terug te zien in een verhoging van de grondwaterstand.

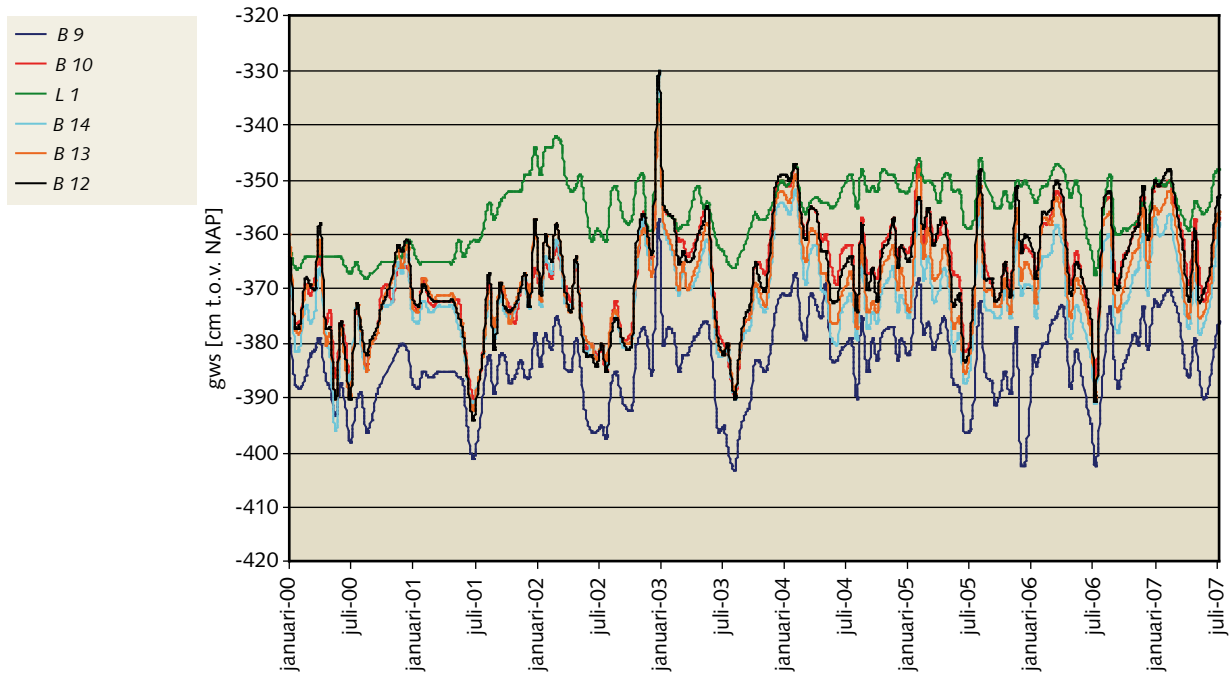
#### **Meetlocaties HB1, HB2, HB3**

De drie extra peilbuizen buiten de compartimenten (HB1, HB2 en HB3) zijn hoog frequent bemeten met divers. Figuur 16 toont de meetreeksen van 2004 tot en met 2007. Herkenbaar zijn met name de droge tijdvakken in april en mei 2004, de droge zomer van 2005, de zeer natte maand augustus 2006 en de natte winter en het droge voorjaar van 2007. Gemiddeld staat de grondwaterstand 50 cm beneden maaiveld in HB1 en HB2 en 0,56 m beneden maaiveld in HB3. De gegevens van HB1, HB2 en HB3 geven aan dat er in noord-zuid richting nauwelijks sprake is van een gradiënt in het freatische vlak.

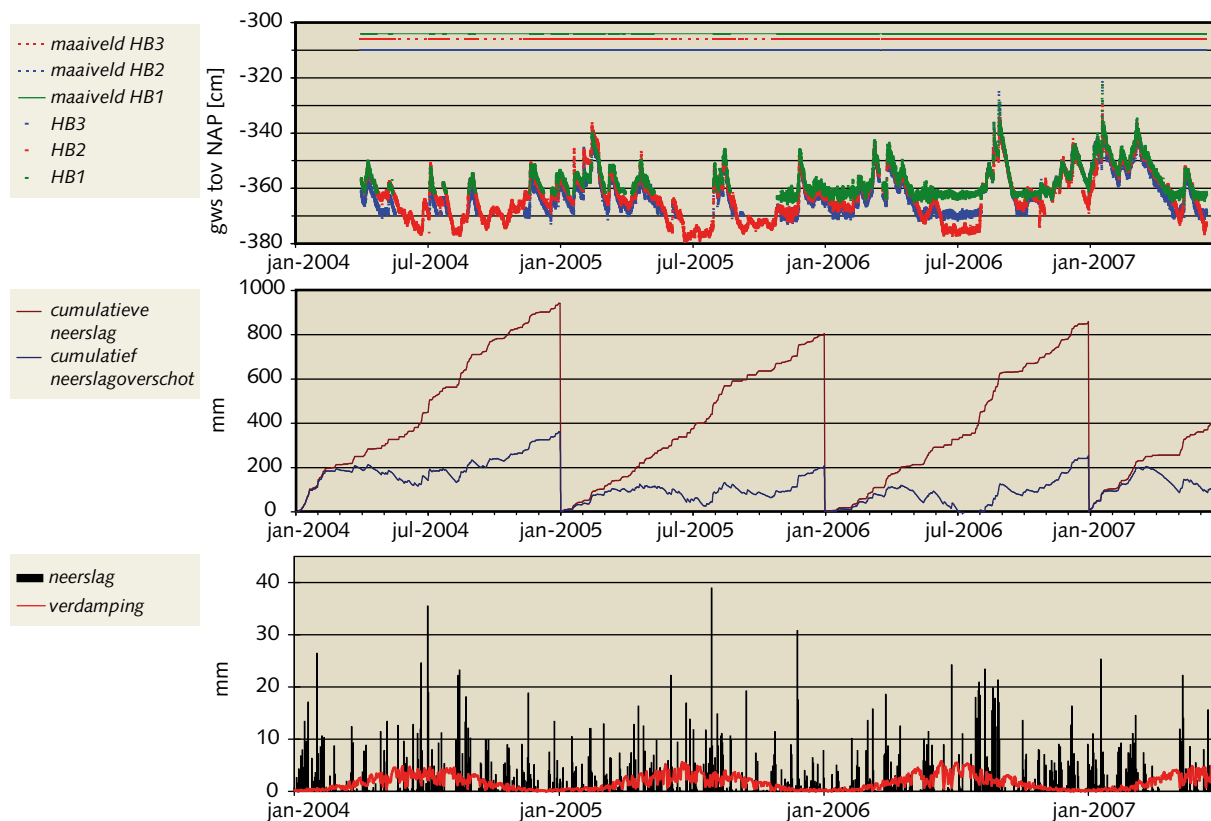
De kunstmatige inundaties hebben beperkt invloed gehad op de omgeving. Het effect van voorjaarsinundatie in het eikenvak is nauwelijks terug te zien in de meetreeksen van peilbuizen HB2 en HB3 en helemaal niet in het verder gelegen HB1. Tijdens de winterinundaties in het eikenvak was echter nog wel sprake van een duidelijke reactie in HB2 en HB3.

---

<sup>1</sup> Er is door het gebied een "beek" gegraven die geïsoleerd is van de omgeving en geen afvoer heeft. Het water wordt hierin dus vastgehouden. Daarnaast zijn sloten gedempt, of de afvoer hiervan is geblokkeerd. In 1998 is een sloot ten noorden van de Lepelaarplas gedempt. Deze sloot grensde aan de zuidkant van het essenvak.



Figuur 15 Grondwaterstanden van het meetnet van Natuurmonumenten.



Figuur 16 Grondwaterstandmetingen buiten de compartimenten (peilbuizen HB1, HB2, HB3) en meteorologische gegevens (KNMI): neerslag (Harderwijk) en verdamping (Lelystad).

#### 4.1.2 Grondwaterstanden compartimenten gehele meetperiode

In figuur 17 zijn de registraties van het eikenvak weergegeven. Tevens zijn hier de metingen van B10 (peilbuis Natuurmonumenten) weergegeven. Er is enige variatie in de niveaus van de verschillende locaties. De niveaus zijn echter vergelijkbaar met B10. Hetzelfde geldt voor de meetlocaties in het essenvak (niet in figuur weergegeven).

In de figuren 18 en 19 zijn de grondwaterstanden binnen de compartimenten van het eiken- en essenvak weergegeven. In beide proefpercelen zijn de droge zomers van 2005 en 2006, de zeer natte maand augustus 2006 en de natte winter 2006/2007 en het droge voorjaar van 2007 duidelijk terug te zien in de grondwaterstanden. Incidenteel zijn de locaties van de grondwaterstandsbuizen drooggevallen (bijvoorbeeld juli 2006); in deze gevallen is er geen registratie van grondwaterstanden.

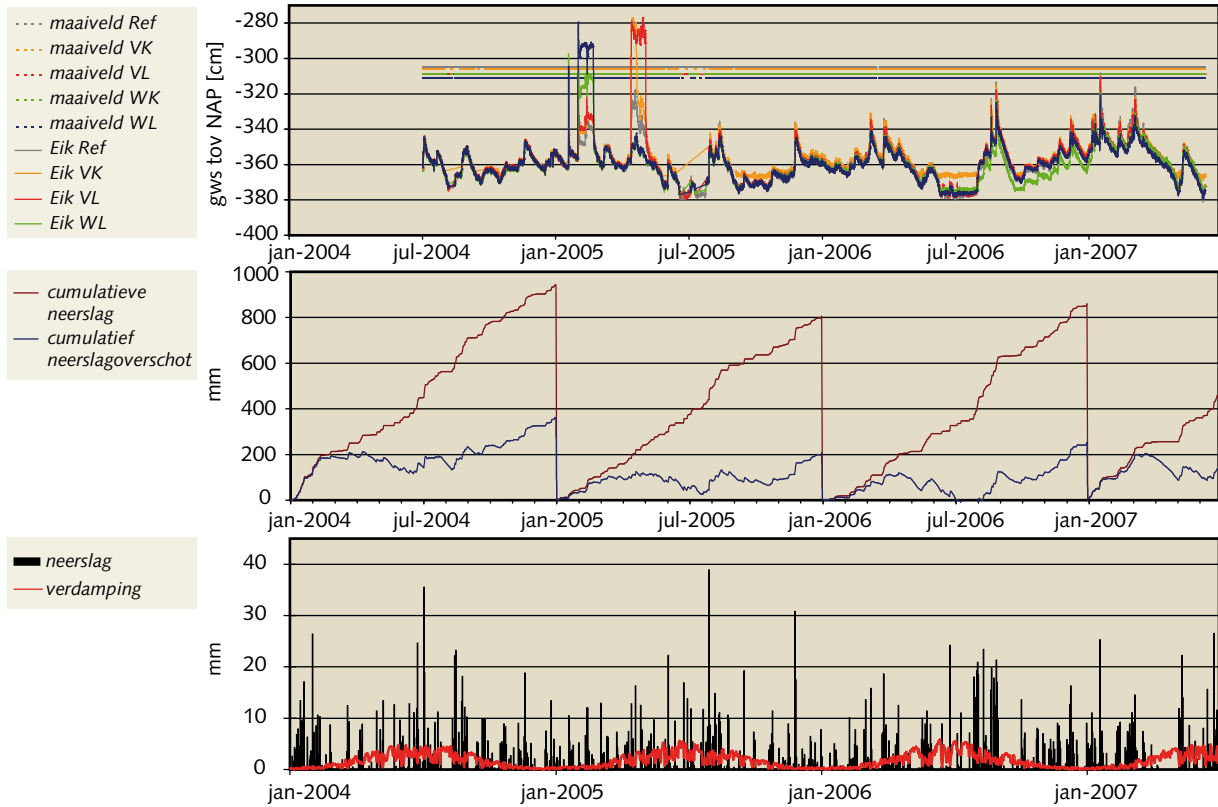
De grondwaterstanden in het eikenvak (figuur 18) bevinden zich voornamelijk tussen 0,20 en 0,70 m beneden maaiveld. Tijdens de kunstmatige inundaties stegen de grondwaterstanden tot boven maaiveld. Hier wordt verder op ingegaan in de volgende paragraaf. Daarnaast steeg de grondwaterstand in augustus 2006, januari 2007 en maart 2007 enkele keren sterk, tot maximaal 0,05 m beneden maaiveld.

De grondwaterstanden in het essenvak bevinden zich voornamelijk tussen 0,15 en 0,85 m beneden maaiveld. Ook hier stegen grondwaterstanden in de natte winter 2006/2007 sterk als gevolg van hoge neerslaghoeveelheden. De grondwaterstand in het eikenvak steeg in deze perioden enkele keren tot aan maaiveld.

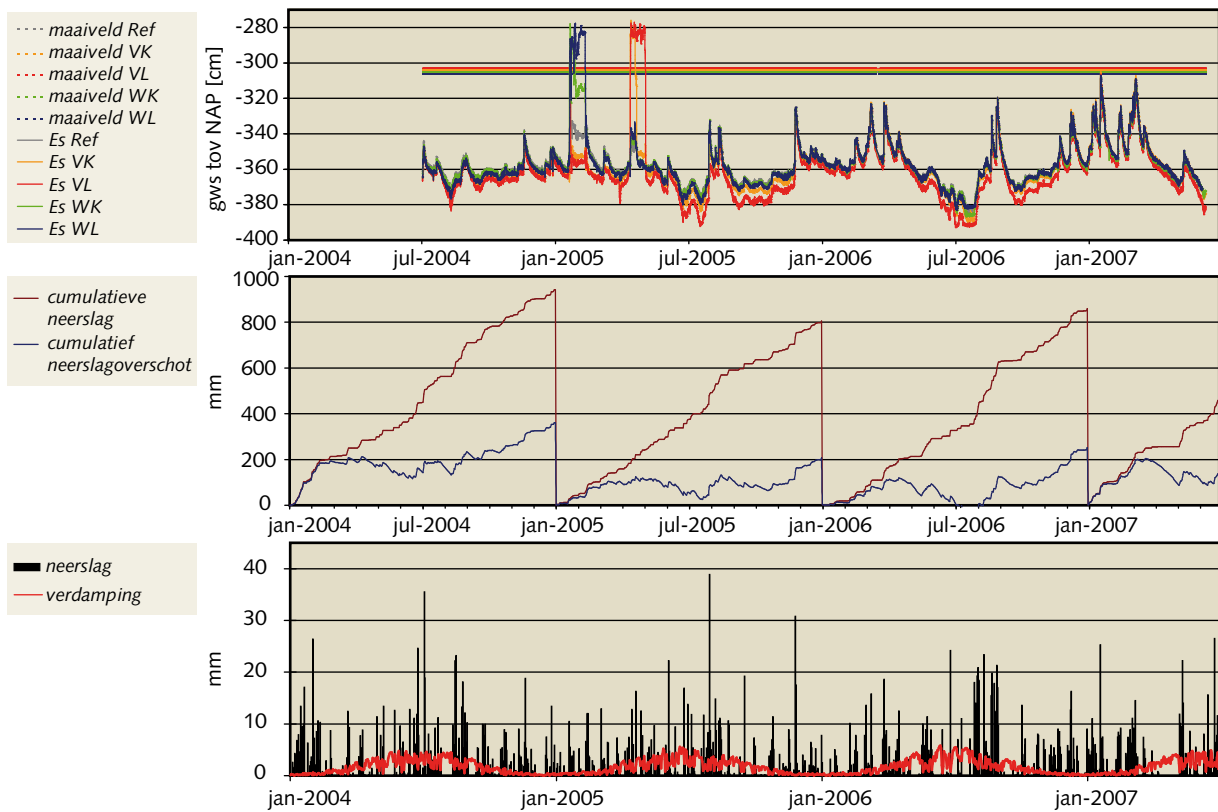


Figuur 17 Grondwaterstanden in het eikenvak in 2004 tot en met 2007 ten opzichte van grondwaterstand in peilbuis B10 ten westen van de compartimenten.





Figuur 18 Grondwaterstanden en meteorologische gegevens (KNMI): neerslag (Harderwijk) en verdamping (Lelystad), in het eikenvak tijdens de gehele meetperiode 2004-2007.



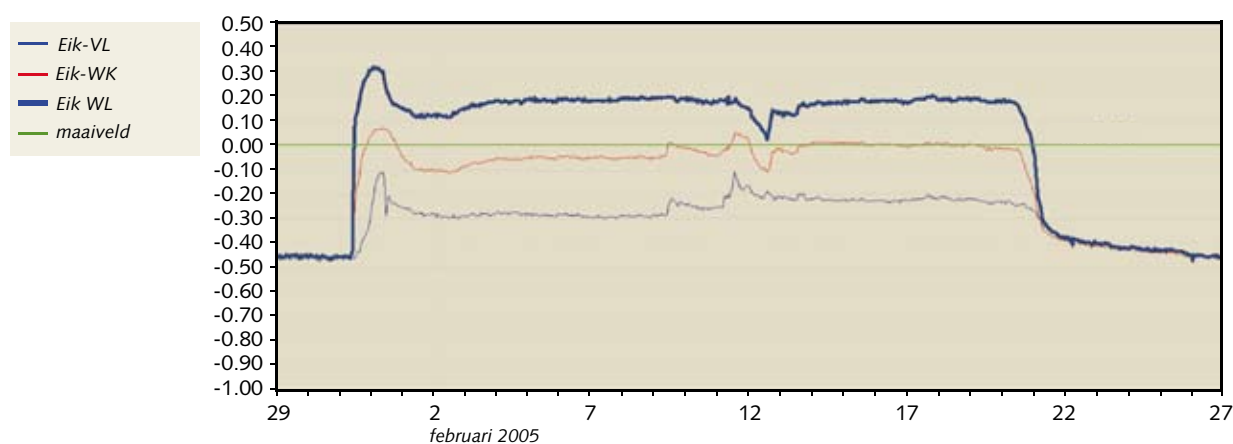
Figuur 19 Grondwaterstanden, en meteorologische gegevens (KNMI): neerslag (Harderwijk) en verdamping (Lelystad), in het essenvak tijdens de gehele meetperiode 2004-2007.

### 4.1.3 Grondwaterstanden compartimenten tijdens inundatie

#### **Eik winter**

Het compartiment Eik-WK is komen te vervallen (zie paragraaf 3.2.2).

Na een iets te hoog peil bij aanvang, normaliseerde het peil zich vrij snel in compartiment Eik-WL (figuur 20). Het waterpeil was meestal ongeveer 0,20 m boven maaiveld, met een tijdelijke terugval op 12 februari vanwege een technisch probleem met de pomp. De grondwaterstand in Eik-WK liep ook op, tot of zelfs net boven maaiveld, maar dit is niet van belang voor de proef omdat dit compartiment is komen te vervallen. Ook de grondwaterstand in het naburige compartiment Eik-VL is gestegen, maar deze bleef vrijwel steeds lager dan 0,20 m -maaiveld. De tijdelijke peilstijgingen van de naburige compartimenten halverwege de kunstmatige inundatie zijn veroorzaakt door neerslag.



Figuur 20 Grondwaterstandsverloop tijdens inundatie Eik-WL, aangevuld met de grondwaterstand in naastgelegen compartimenten Eik-WK (deze behandeling is komen te vervallen) en Eik-VL

#### **Eik voorjaar**

In het voorjaar is het peil in Eik-VK een week tussen 0,20 m en 0,30 m boven maaiveld geweest (figuur 21). Na beëindiging van de inundatie zakte het peil snel. Echter, de grondwaterstand bleef nog twee weken iets verhoogd (als gevolg van de lange inundatie in het naastgelegen compartiment). Anderzijds was de grondwaterstand ook toen meestal niet hoger dan circa 0,20 m onder maaiveld. Er was nauwelijks invloed op de grondwaterstand van het naburige (en uitgevallen) compartiment Eik-WK. De verhoging aan het eind van de periode is onder andere door neerslag veroorzaakt.

Het waterpeil in compartiment Eik-VL schommelde tijdens inundatie enigszins (tussen 0,15 en 0,30 m boven maaiveld) (figuur 21). De (gezamenlijke) inundaties van Eik-VK en Eik-VL hebben invloed gehad op het grondwater in het referentiecompartiment, hoewel de grondwaterstand meestal onder 0,20 m onder maaiveld bleef (de tijdelijke stijging tot 0,10 m onder maaiveld werd veroorzaakt door neerslag). Na beëindiging van de inundatie in Eik-VK is de grondwaterstand in het referentievak weer gedaald tot ongeveer 0,30 m beneden maaiveld.

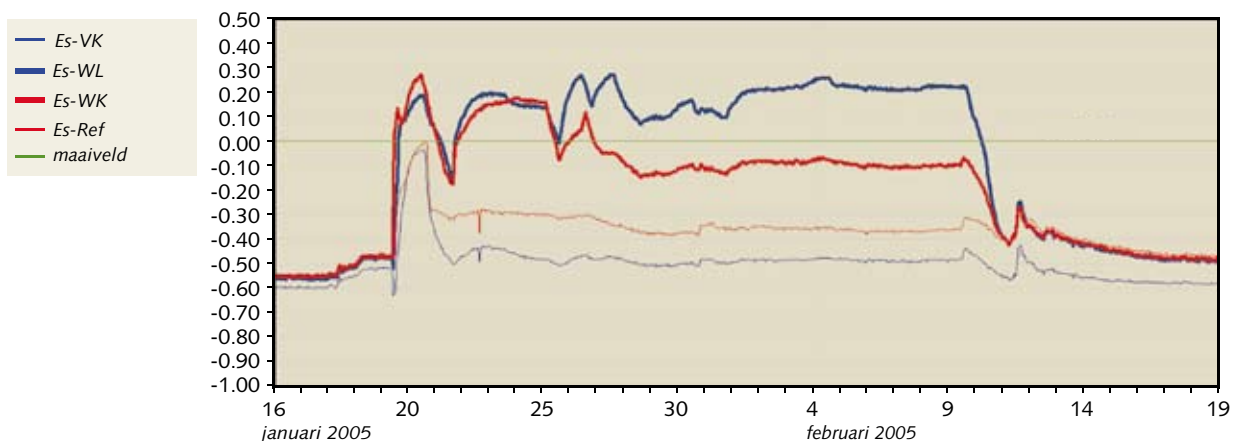
#### **Es winter**

De waterpeilen in de compartimenten Es-WK en Es-WL (figuur 22) waren niet constant. Door technische problemen met de pomp is het water twee keer kortdurend tot (beneden) maaiveld gezakt. Na een week is de kortdurende inundatie beëindigd. Het grondwater bleef nog wel onder invloed staan van het naastgelegen inundatie compartiment Es-WL, en stelde zich toen in op een diepte van 0,10 tot 0,20 m beneden maaiveld.



Figuur 21 Grondwaterstandsverloop tijdens inundatie Eik-VK en Eik-VL, aangevuld met de grondwaterstand in naastgelegen compartimenten; resp. Eik-WK (deze behandeling is komen te vervallen) en Eik-Ref.

Na beëindiging van de inundatie in Es-WL zakte het grondwater van zowel Es-WL als Es-WK snel tot het normale niveau. De inundaties van Es-WK en Es-WL hadden in het begin kortdurend een groot effect op het referentiecompartiment en op Es-VK. In Es-VK was deze invloed na een dag nauwelijks nog merkbaar (figuur 22). In het referentiecompartiment bleef de grondwaterstand tijdens de winterinundatie gemiddeld 10 tot 15 cm hoger dan normaal, hoewel vrijwel altijd beneden 0,30 m onder maaiveld.

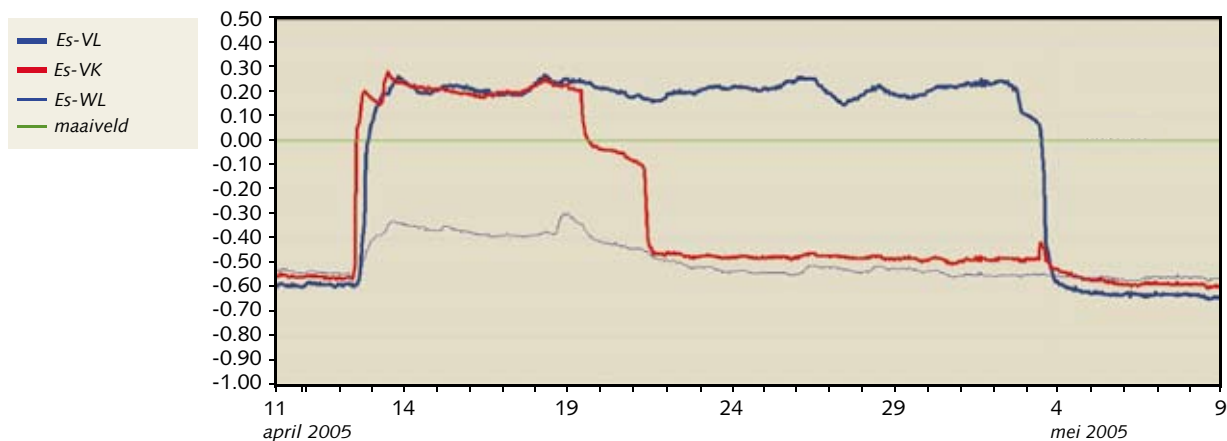


Figuur 22 Peilverloop inundatie Es-WK en Es-WL, aangevuld met peilverloop in naastgelegen compartimenten; resp. Es-Ref en Es-VK.

### Es voorjaar

Tijdens de voorjaarsinundatie blijft het waterpeil in compartiment Es-VK redelijk stabiel met een inundatiediepte van circa 0,20 m (figuur 23). Door het folie is de invloed op het compartiment Es-WL gering. De inundatie is na een week beëindigd, waarna het waterpeil in Es-VK langzaam uitzakte. Na verwijdering van het folie op 22 april is het grondwater snel verder uitgezakt tot het normale niveau.

Ook het waterpeil in compartiment Es-VL bleef stabiel op ca. 0,20 m boven maaiveld (figuur 23). Door de aanwezigheid van folie is er weinig invloed op het naastgelegen compartiment.



Figuur 23 Peilverloop inundatie Es-VK en Es-VL, aangevuld met peilverloop in het naastgelegen compartiment van Es-VK: Es-WL.

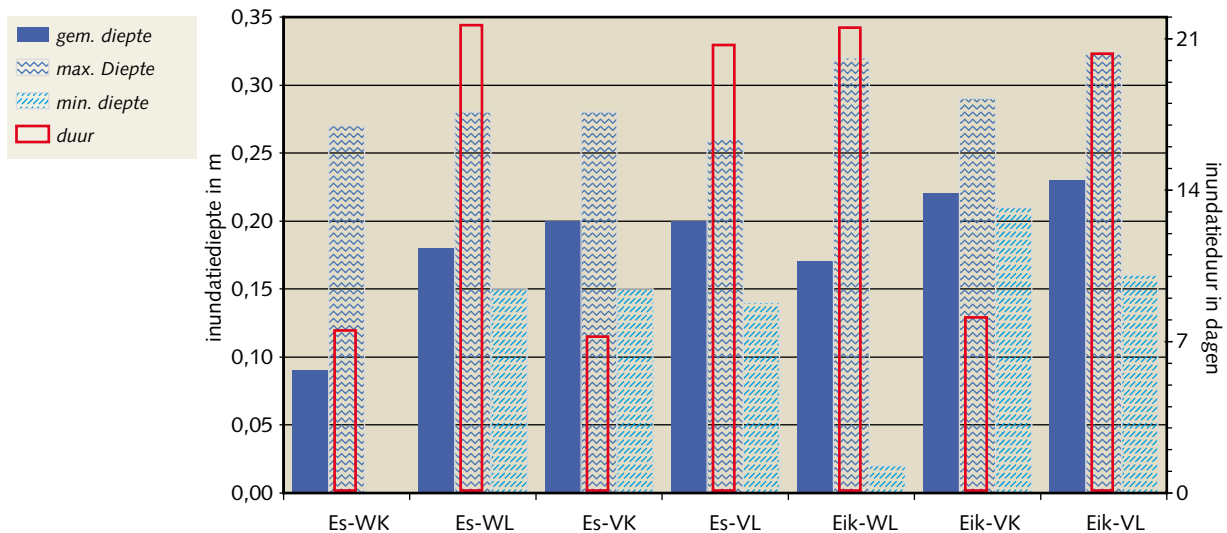


Figuur 24 Compartiment Es-WK wordt gevuld (links) en droogval van grondwaterstandspuut Es-WL (rechts).

#### 4.1.4 Effectieve inundatieduur en -diepte

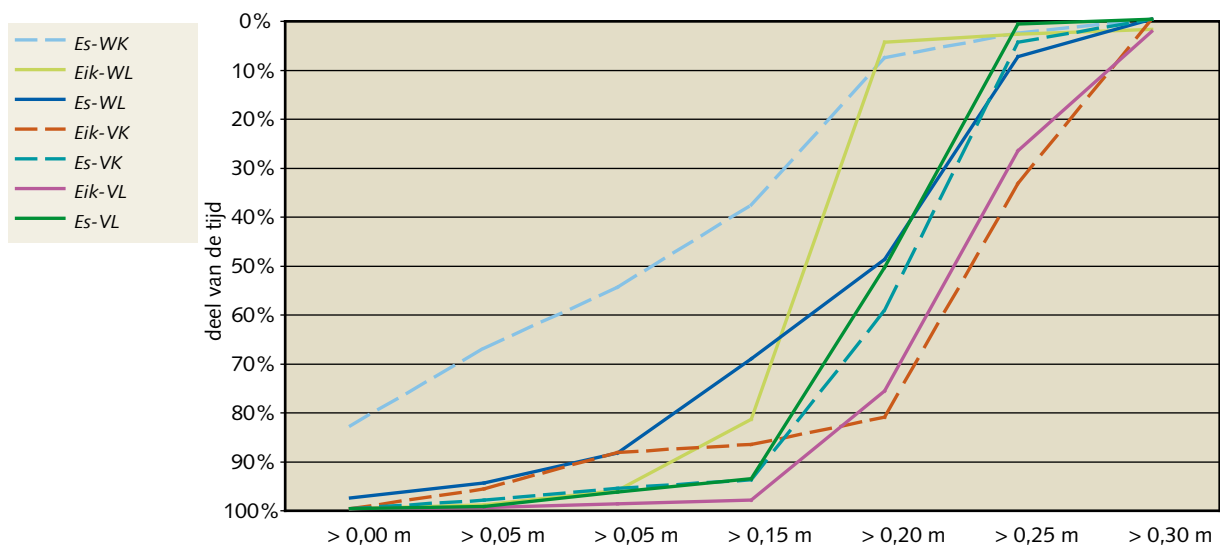
In figuur 25 is van elk compartiment de inundatieduur, de gemiddelde diepte, de maximum diepte en de minimum diepte weergegeven. De duur houdt in: de tijd van het moment dat het grondwater boven het maaiveld komt, tot het moment dat het open water weer tot beneden het maaiveld zakt aan het einde van de proef. Dit is dus de effectieve inundatieduur en is niet gelijk aan de tijd tussen de start tot einde van het vullen. De gemiddelde inundatiediepte is berekend op basis van deze effectieve inundatieduur. De minimum diepte is bepaald vanaf het moment dat er sprake was van een waterschijf van ongeveer 0,20 m tot de beëindiging van de suppletie.

Ondanks dat er fluctuaties waren, was de gemiddelde diepte circa 0,20 m, wat ook het uitgangspunt was. Es-WK is met een gemiddelde diepte van 0,09 m een uitzondering. Oorzaak hiervan waren technische ongemakken en storingen van het aanvoersysteem. Hier is ook de minimum diepte 0 cm omdat het waterpeil op een bepaald moment tot onder het maaiveld daalde. De effectieve inundatieduur is grotendeels volgens de opzet: 7 en 21 dagen. De effectieve inundatieduur van Eik-VK is acht dagen omdat het langer duurde voordat er geen water meer op het maaiveld stond.



Figuur 25 De effectieve inundatieduur en de gemiddelde, maximum en minimum inundatiediepte per compartiment

In figuur 26 is aangegeven welk percentage van de tijd het water boven een bepaald niveau (inundatiediepte) is geweest. Op deze manier wordt per compartiment een overzicht verkregen van het verloop van de inundatiediepten. Zo heeft Es-VL ongeveer de helft van de tijd meer dan 20 cm onder water gestaan, maar is het peil nooit hoger dan 25 cm geweest. In geen van de compartimenten is het water hoger dan 30 cm geweest. De vlakke lijn van Es-WK geeft een grote spreiding aan in peildiepte. De eikencompartimenten die in het voorjaar zijn geïnundeerd waren het natst: dit zijn de meest rechtse lijnen in de grafiek. Es-WK was het minst nat.



Figuur 26 Deel van de tijd tijdens inundatie (%) dat het water boven een bepaald niveau (inundatiediepte) is geweest.

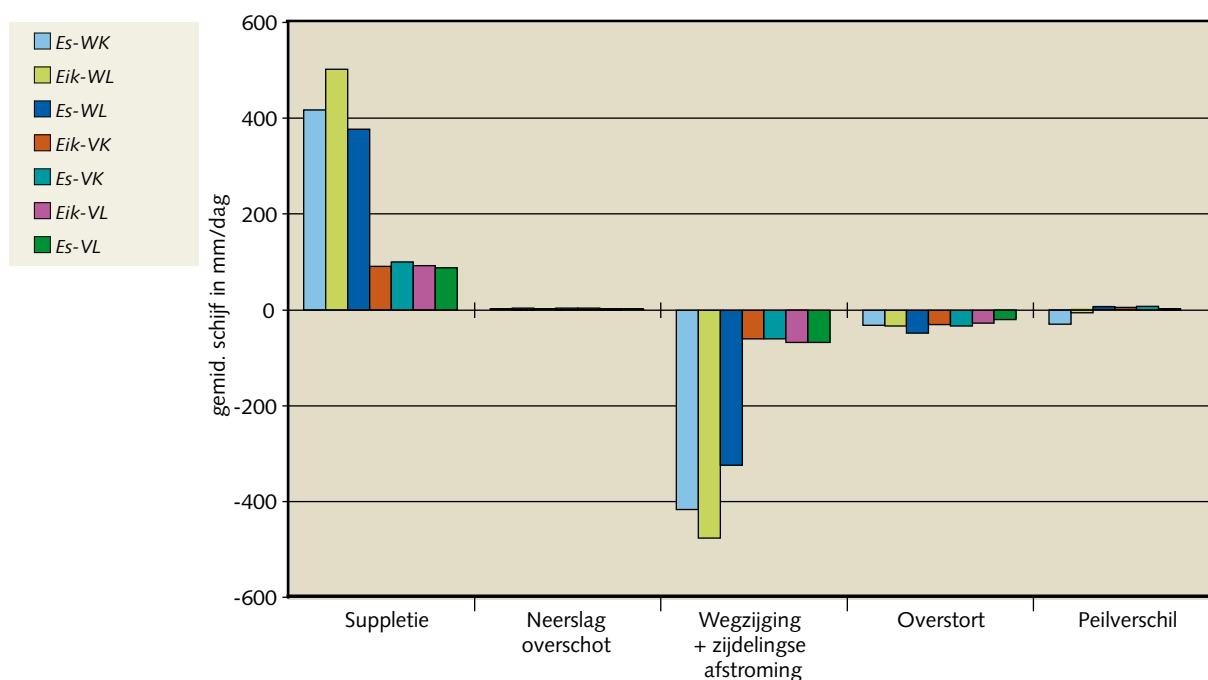
#### 4.1.5 Waterbalansen

Om inzicht te krijgen in de hydrologische processen zijn waterbalansen opgesteld. Hiermee wordt duidelijk wat onder meer het aandeel van wegzijging, overstort en neerslag is geweest. Tevens worden de verschillen en overeenkomsten tussen de compartimenten inzichtelijk. De waterbalansen zijn op basis van daggegevens bepaald (foutenmarge  $\pm 5\%$ ).



Factoren die onderdeel uitmaken van de waterbalans zijn: suppletie (S), neerslag (N), open water verdamping (Eo), peilverschil (P), wegzijging (W), zijdelingse afstroming/kadekwel (Z), en overstort (O). Zie bijlage A.3 voor uitleg van deze begrippen en hoe de verschillende factoren berekend zijn. In bijlage A.2 zijn tevens per compartiment de berekende waterbalansen in grafieken uitgezet. In dit hoofdstuk wordt een totaaloverzicht gegeven van de waterbalansen.

De factoren die onderdeel maken van de waterbalans zijn weergegeven in gemiddelde waterschijf in mm per dag over de inundatieperiode (figuur 27). Voor de overzichtelijkheid zijn neerslag en verdamping samengevoegd, evenals wegzijging en zijdelingse afstroming. Belangrijke posten in de waterbalans zijn: suppletie, wegzijging + zijdelingse afstroming, en de overstort. Neerslagoverschot en peilverschil hebben geen significant aandeel in de waterbalans. De compartimenten die in hetzelfde seizoen zijn geïnundeerd zijn onderling goed vergelijkbaar. Er is wel een groot verschil tussen de winter- en voorjaarsituatie. Duidelijk is het effect te zien van het aanbrengen van folie voor de tweede inundatie: het aandeel van de zijdelingse afstroming is nagenoeg verdwenen tijdens de voorjaarsinundatie (gemiddeld 84% minder dan in de winter). Als gevolg hiervan is ook het aandeel van de suppletie aanzienlijk verminderd (gemiddeld met 79% t.o.v. winter). De overstort is ook enigszins verminderd (van 38 naar 28 mm), maar niet in dezelfde mate als de zijdelingse afstroming (en dit staat los van het aanbrengen van folie). De wegzijging is nagenoeg niet gewijzigd (alleen zijdelingse afstroming). Met een suppletie van ca. 400 mm in de winter werd het inundatiewater per compartiment ca. twee keer per etmaal geheel 'ververst'. In het voorjaar was dit teruggebracht naar ca. 0,5 keer per etmaal.



Figuur 27 De waterbalansen van de verschillende compartimenten.

#### 4.1.6 Samenvatting waterkwantiteit

Over de gehele meetperiode zijn met name de droge tijdvakken in april en mei 2004, de droge zomer van 2005, de zeer natte maand augustus 2006 en de natte winter en het droge voorjaar van 2007 goed terug te vinden in de hoogte van de grondwaterstanden. Daarbij steeg de grondwaterstand in de natte perioden enkele keren sterk in beide proefpercelen tot binnen 5 cm beneden het maaiveld.

In 2005 zijn de kunstmatige inundaties uitgevoerd. Ondanks dat er als gevolg van technische ongemakken en storingen van het aanvoersysteem fluctuaties zijn opgetreden in de waterdieptes in de verschillende compartimenten, bedroeg de gemiddelde inundatiediepte, conform het uitgangspunt, circa 0,20 m. Een uitzondering vormde het compartiment Es-WK, waar de gemiddelde diepte 0,09 m bedroeg.

De kunstmatige inundaties leidden tot stijging van de grondwaterstand tot boven de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket. Ondanks zorgvuldige selectie van het pilotgebied was het niet mogelijk deze wegzijging te voorkomen.

In het begin van de kunstmatige inundaties (beide winter inundaties) trad er bovendien zijdelingse afstroming op in grote hoeveelheden, wat uitstraalde naar de niet-geïnundeerde compartimenten. Gedeeltelijk is deze uitstraling door het graven van ontwateringsmiddelen tegengegaan (met uitzondering van compartiment Eik-WK; deze behandeling is gestopt). Voorafgaand aan de voorjaarsinundaties is folie aangelegd in de kaden. Hierdoor werd de zijdelingse wegstroming sterk beperkt. Doordat het waterverlies afnam was ook minder wateraanvoer nodig.

In het eikenvak was bij de winterinundatie sprake van matige uitstraling vanuit het geïnundeerde compartiment naar de overige compartimenten. Tijdens de voorjaarsinundaties was er enige uitstraling naar het referentievak, hoewel het peil meestal onder 20 cm -mv bleef. De grondwaterstand in de overige compartimenten steeg 10 tot 30 cm maar bleef altijd 25 tot 30 cm beneden maaiveld. Wel is, zowel in de winter als in het voorjaar, een duidelijke invloed waargenomen van de lange inundatie op de compartimenten met kortdurende inundatie. De grondwaterstand in het compartiment met korte inundatie daalde na stopzetten van de inundatie in dit compartiment wel, maar bereikte pas het oorspronkelijke niveau nadat ook de langdurige inundatie werd beëindigd.

In het essenvak was tijdens de winterinundatie sprake van matige uitstraling naar het referentievak. De grondwaterstand steeg hier gemiddeld 30 cm, maar bleef wel minimaal 30 cm beneden maaiveld. Tijdens de voorjaarsinundaties was de uitstraling zeer beperkt. Stijgingen in de andere compartimenten bedroegen ongeveer 10 cm. Ook in het essenvak is te zien dat, na stopzetten van de kortdurende inundatie, de langdurige winterinundatie doorwerkt in het Es-WK compartiment. De invloed van Es-VL op Es-VK is door aanwezigheid van het folie in de dijken echter gering.

Binnen de proefpercelen neemt de grootte van het uitstralingseffect af met afnemende afstand tot het geïnundeerde compartiment. Buiten de percelen is vooral na aanleg van het folie de uitstraling beperkt.

#### 4.1.7 Waterkwaliteit

##### Voor inundatie

Tabel 2 toont de samenstelling van het grond- en oppervlaktewater voorafgaand aan de kunstmatige inundaties.

Tabel 2 Waterkwaliteit oppervlaktewater (Harderbosbeek en Strandgapertocht) en grondwater (Eik-VL en Es-WL) in 2004.

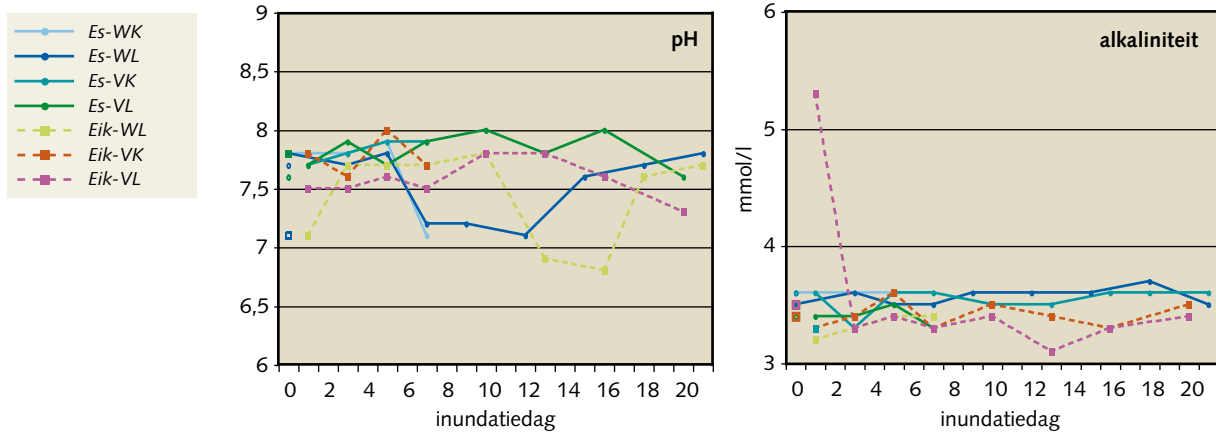
parameter	Eenheid	beek	tocht	beek	tocht	beek	tocht	beek	tocht	Eik-VL	Es-WL
		16-aug	16-aug	23-sep	23-sep	19-okt	19-okt	15-nov	15-nov	01-dec	02-dec
pH	DIMSLS	7,4	7,4	7,5	7,4	7,6	7,6	7,2	7,4	7,3	7,25
O2	mg/l	4,7	5,8	6,1	6,4	5	6,2	4,1	5,8		
O2%	%	51	62	58	60	44	56	35	50		
T	oC	19,1	18,1	13,3	12,4	9,8	10,4	8,9	8,3		
GELDHD	mS/m	87	40	90	98	94	98	120	100	180	474
ZICHT	cm	30	>80	>20	>30	>20	>60	>20	>40		
KLEUR	DIMSLS	bruin	helder	licht bruin	helder	bruin	helder	licht bruin	helder		
KjN	mg/l	1,11	0,65	0,8	0,31	0,82	0,58	0,77	1,04		
NH4	mg/l	0,29	0,14	0,26	0,32	0,18	0,26	0,17	0,46		
s_NO3NO2	mg/l	<0,05	0,55	<0,05	0,65	<0,05	0,65	<0,05	0,62		
NO3	mg/l	<0,05	0,49	<0,05	0,61	<0,05	0,62	<0,05	0,59	<0,05	<0,05
NO2	mg/l	0,02	0,06	0,02	0,04	0,02	0,03	0,02	0,03	<0,01	<0,02
P	mg/l	0,18	<0,04	0,12	<0,04	0,11	<0,04	0,23	0,05		
P-tot	mg/l									<0,15	<0,15
PO4	mg/l	0,09	0,01	0,07	0,01	0,09	0,01	0,14	<0,01	<0,05	<0,05
Cl	mg/l	135	130	140	135	145	135	130	135	260	145
HCO3	mg/l									428	474
SO4	mg/l									290	150
Na	mg/l									140	150
K	mg/l									9,6	5
Ca	mg/l									240	130
Mg	mg/l									30	14
totale hardheid (ber.)	mmol/l									7,37	3,94
NH4	mg/l									0,14	0,11
Fe	mg/l									0,11	0,06
D.O.C	mg/l									9	13

De oppervlaktewaterkwaliteit wordt gevoed door neerslag en kwel vanuit het Veluwe massief. De waterkwaliteit is als goed te karakteriseren. Het oppervlaktewater heeft een redelijk constante pH waarde, variërend tussen 7,2 en 7,6. Het chloridegehalte is relatief laag; met gemiddeld 135 mg Cl-/l is het water zoet. Stikstofgehalten liggen beneden het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) van 2,2 mg/l. Het tochtwater is rijker aan oplosbare stikstofverbindingen dan het beekwater: de som van nitraat en nitriet is in de Strandgapertocht een factor tien hoger dan in de Harderbosbeek, maar dit is in absolute zin niet hoog. Met betrekking tot fosfaatgehalten is het juist andersom.

In de vakken Eik-VL en Es-WL is de samenstelling van het grondwater bepaald. De resultaten wijzen op kalkrijk en hard (basenrijk) water. Dit is conform de verwachting op dit bodemtype (kalkhoudende zeeklei).

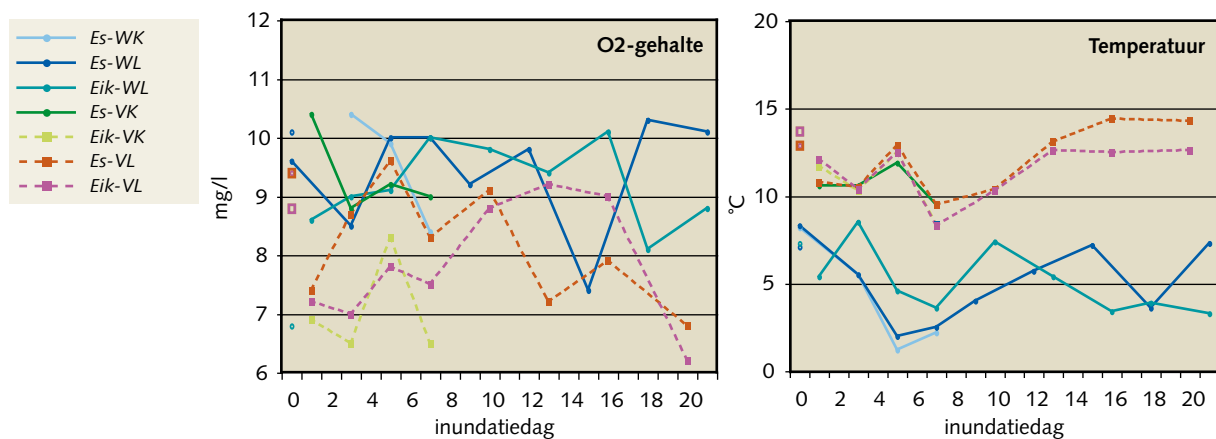
### Tijdens inundatie

Tijdens de kunstmatige inundaties fluctueerde de pH gemiddeld een halve eenheid (figuur 28). De gemiddelde pH was 7,6. De laagst en hoogst gemeten pH waarde over alle compartimenten was respectievelijk 6,8 en 8,0, wat binnen de 'normale' range valt (6,5 en 9). De alkaliniteit was meestal tussen 3,2 en 3,7 mmol/l (figuur 28). Er is eenmalig een hogere meetwaarde gevonden in het compartiment Eik-VL: 5,3 mmol/l. Dit kan een indicatie zijn dat er hier iets (mogelijk organisch koolstof) in oplossing is gegaan.



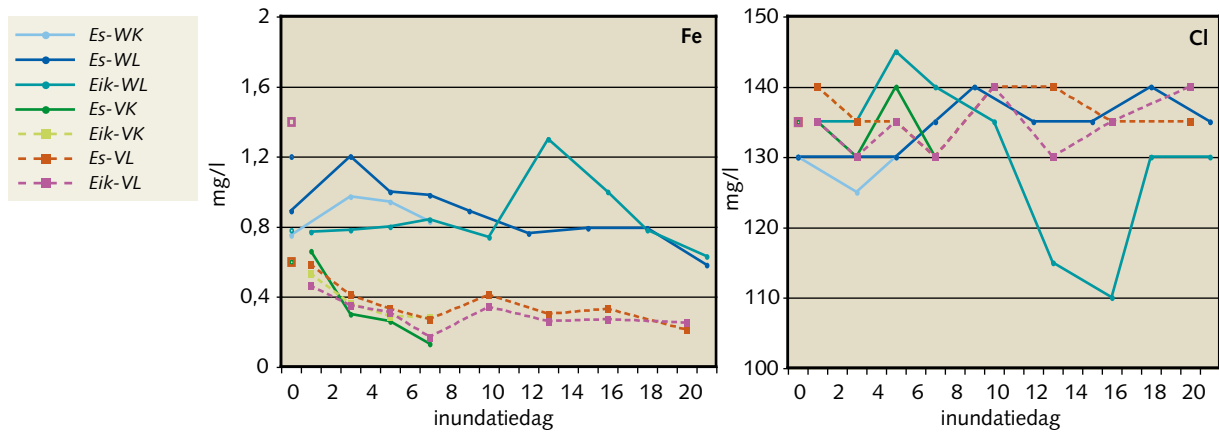
Figuur 28 pH en alkaliniteit van het inundatiewater in de verschillende compartimenten in het essen- en eikenvak, van begin tot einde van de inundatie. Open symbolen op t0: meetwaarde in het water dat bij de start van inundatie uit de aanvoerpijp kwam (kleur en vorm van het symbool verschillen per compartiment, conform legenda).

Het zuurstofgehalte fluctueerde meestal tussen 7 en 10 mg/l (figuur 29), en was dus voldoende hoog (5 mg/l norm NW4). Het zuurstofgehalte was in de winter over het algemeen hoger dan in het voorjaar. De temperatuur was, zoals te verwachten, lager in de winter dan in het voorjaar (figuur 29). In de winter fluctueerde deze tussen 1 en 8°C en in het voorjaar tussen 8 en 14°C.



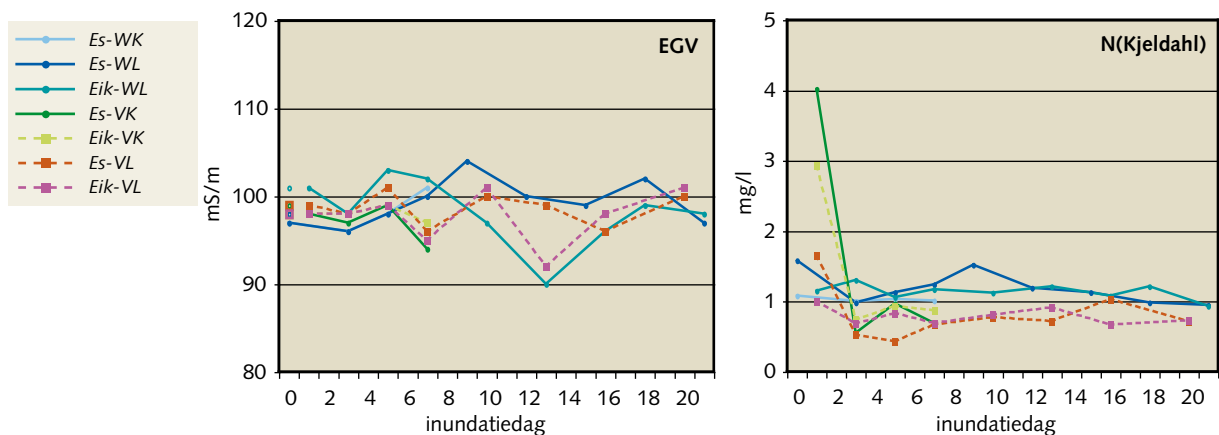
Figuur 29 Zuurstofgehalte (mg/l) en temperatuur (°C) van het inundatiewater in de verschillende compartimenten in het essen- en eikenvak, van begin tot einde van de inundatie. Open symbolen op t0: meetwaarde in het water dat bij de start van inundatie uit de aanvoerpijp kwam (kleur en vorm van het symbool verschillen per compartiment, conform legenda).

Ijzerconcentraties waren hoger in de winter dan in het voorjaar (figuur 30). Het water uit de aanvoer op de eerste dag bevatte veelal relatief hoge ijzerconcentraties. Ijzerconcentraties in het inundatiewater namen iets af in de loop van de tijd (door neerslaan). De relatief hoge waarde na twee weken inundatie in compartiment Eik-WL worden mogelijk verklaard door fluctuaties in het aangevoerde water. Anderzijds zijn ook de hoogst gemeten ijzerconcentraties (1.4 mg/l) niet erg hoog (normaal gehalte voor het kwelwater in dit deel van de polder). Overigens ligt het verloop van het ijzergehalte niet aan (het onvoldoende voorspoelen van) de buis; het gehalte in de Strandgapertocht is minstens zo hoog als de beginconcentratie in het vak en varieert ook in de tijd (ook afhankelijk van verhouding neerslag vs. kwel).



Figuur 30 Ijzer- en chlorideconcentratie (mg/l) van het inundatiewater in de verschillende compartimenten in het essen- en eikenvak, van begin tot einde van de inundatie. Open symbolen op t0: meetwaarde in het water dat bij de start van inundatie uit de aanvoerpijp kwam (kleur en vorm van het symbool verschillen per compartiment, conform legenda).

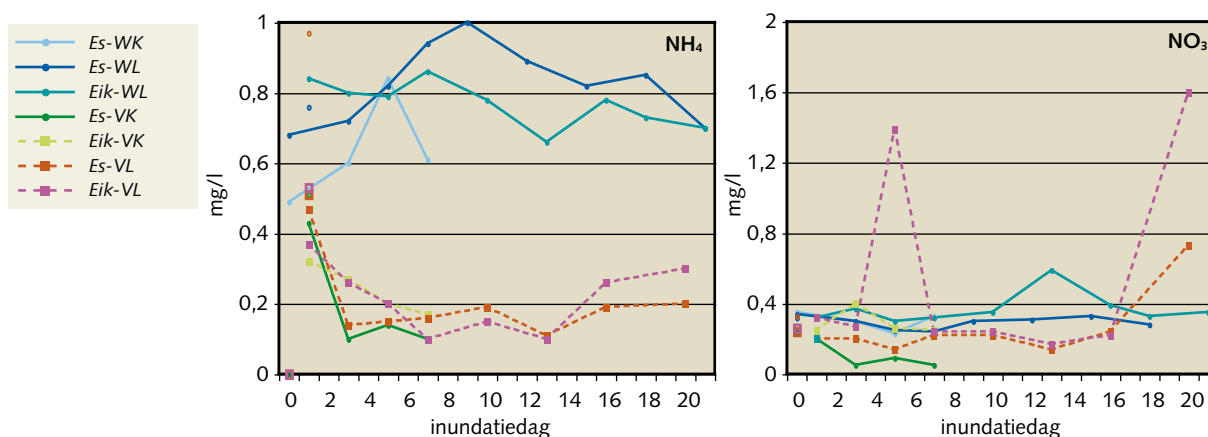
In de meeste Flevolandse wateren bedraagt het chloridegehalte gemiddeld ca. 300 mg/l, doordat het grondwater hoog belast is met chloride uit de oude Zuiderzeebodem. In vergelijking hiermee is het chloridegehalte in het inundatiewater laag: niet boven 145 mg/l (figuur 30). Het elektrisch geleidend vermogen (figuur 31) is in brakke en zoute wateren sterk gerelateerd aan het chloridegehalte maar wordt bij lage chloridegehalten, zoals hier, ook beïnvloed door andere ionen in het water, zoals sulfaat, carbonaat, fosfaat en nitraat. De gemeten waarden in het inundatiewater liggen rond 100 mS/m, waarvan circa 40% kan worden verklaard door de aanwezigheid van chloride en 20% door aanwezigheid van sulfaat.



Figuur 31 Elektrisch geleidend vermogen (mS/m) en Kjeldahl stikstofconcentratie (mg/l) van het inundatiewater in de verschillende compartimenten in het essen- en eikenvak, van begin tot einde van de inundatie. Open symbolen op t0: meetwaarde in het water dat bij de start van inundatie uit de aanvoerpijp kwam (kleur en vorm van het symbool verschillen per compartiment, conform legenda).



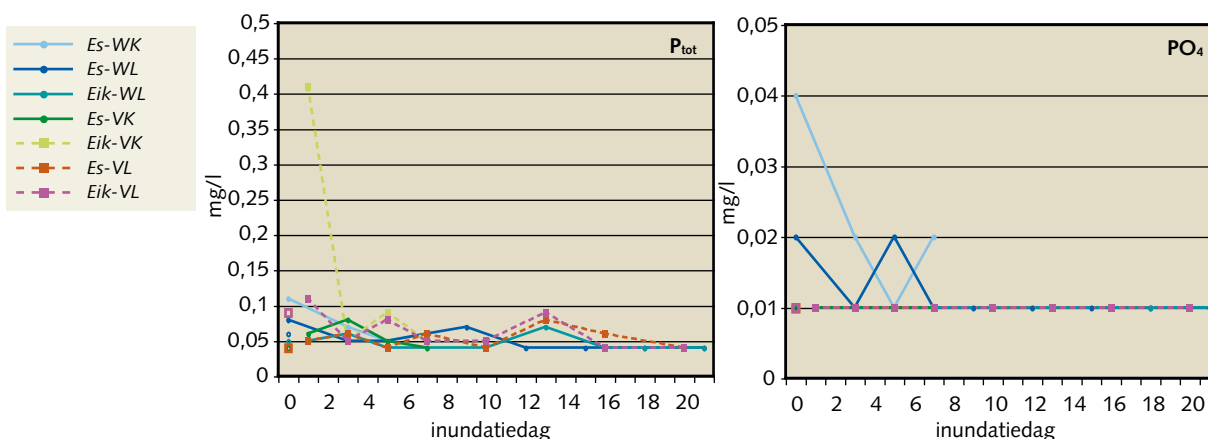
Het gehalte aan organisch gebonden stikstof (Kjeldahl stikstof) is laag (meestal tussen 0.5 en 1.5 mg/l), waarbij het gehalte in de winter over het algemeen iets hoger was dan in het voorjaar (figuur 31). In de compartimenten Es-VK en Eik-VK zijn echter eenmalig iets hogere waarden gevonden (resp. 4.0 en 2.9 mg/l). Dit is mogelijk veroorzaakt door het in oplossing gaan van organische stof (zie ook totaal P en opgelost organisch koolstof); concentraties zijn veel hoger dan die in het aangevoerde water. Ook het ammoniumgehalte (onderdeel van het Kjeldahl stikstofgehalte) was laag (nooit boven 1 mg/l).



Figuur 32 Ammonium- en nitraatconcentratie (mg/l) van het inundatiewater in de verschillende compartimenten in het essen- en eikenvak, van begin tot einde van de inundatie. Open symbolen op t0: meetwaarde in het water dat bij de start van inundatie uit de aanvoerpijp kwam (kleur en vorm van het symbool verschillen per compartiment, conform legenda).

De ammoniumconcentratie in de winter was duidelijk hoger dan in het voorjaar (figuur 32). Dit komt omdat de bacteriële omzetting van ammonium sterk temperatuurgevoelig is (hoe kouder, hoe langzamer) en de opname van stikstofverbindingen door plantaardige organismen dan gering is.

Het nitraatgehalte is voor Nederlandse begrippen laag, meestal <0.4 mg/l (figuur 32). In het compartiment Eik-VL zijn twee keer wel hogere waarden gemeten (1.4 en 1.6 mg/l), hoewel ook deze waarden beneden de norm bleven (norm voor totaal stikstof: 2.2 mg/l in de zomer). Er is ook hier geen relatie gevonden met inundatieduur of aanvoer van water vanuit de Strandgaper-tocht. Het nitrietgehalte was altijd laag (niet boven 0.05 mg/l); deze stof wordt grotendeels omgezet in nitraat (niet in figuur).

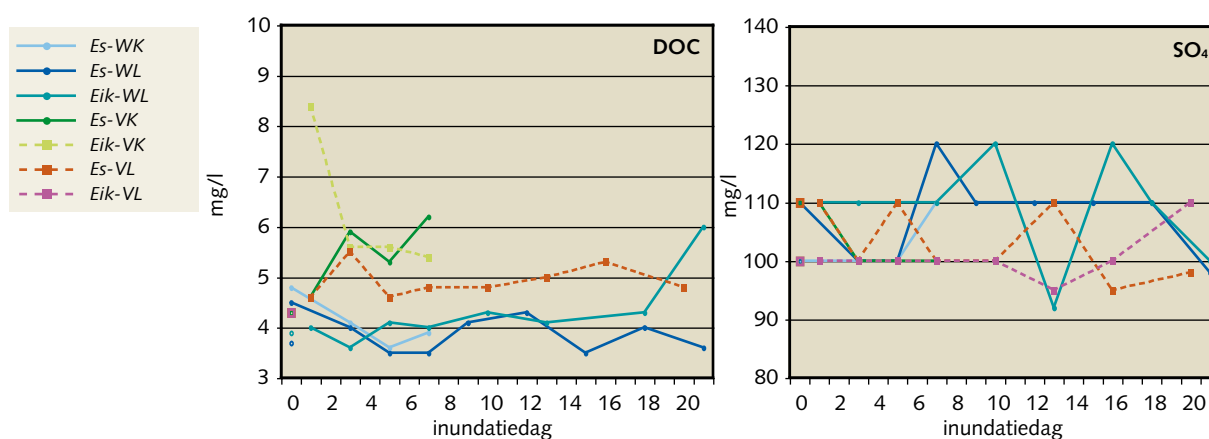


Figuur 33 Totaal fosfor- en orthofosfaatconcentratie (mg/l) van het inundatiewater in de verschillende compartimenten in het essen- en eikenvak, van begin tot einde van de inundatie. Open symbolen op t0: meetwaarde in het water dat bij de start van inundatie uit de aanvoerpijp kwam (kleur en vorm van het symbool verschillen per compartiment, conform legenda).

Het totale fosforgehalte was laag (meestal tussen 0.05 en 0.1 mg/l) (figuur 33). Er is één hogere waarde gemeten in compartiment Eik-VK (0.4 mg/l; wat boven de norm is). Evenals in het geval van Kjeldahl stikstof is deze concentratie veel hoger dan die in het aangevoerde water. Het fosfaatgehalte (orthofosfaat: opgelost P) was bijna altijd onder de detectiegrens (0.01 mg/l). Alleen in het essenvak tijdens winterinundatie zijn iets hogere concentraties gemeten (tot 0.04 mg/l).

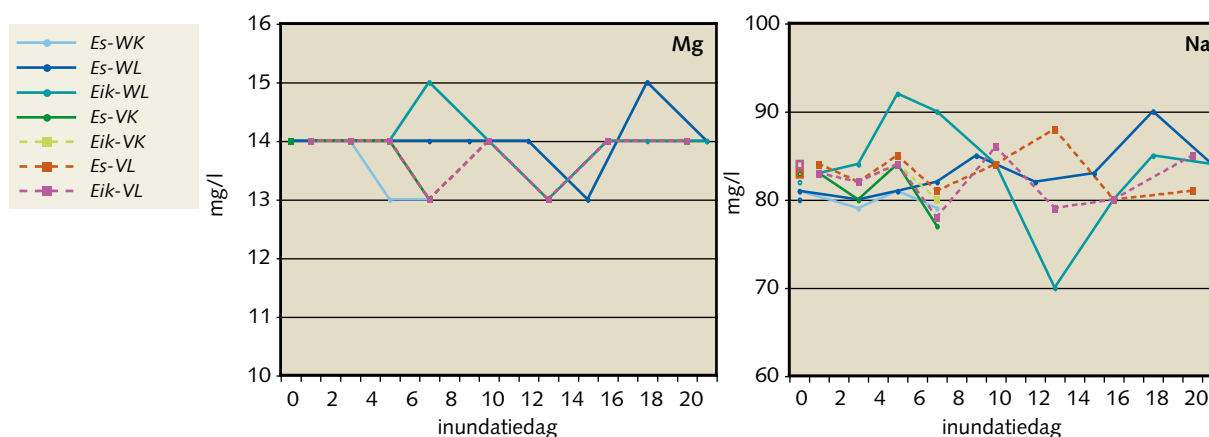
Het opgelost organisch koolstofgehalte in de compartimenten is hoger dan in het aangevoerde water uit de Strandgapertocht (figuur 34), met name in het voorjaar. Mogelijk komt dit uit de humuslaag.

De hoge sulfaatconcentraties in het oppervlaktewater van Flevoland hebben een natuurlijke oorsprong: uitloging van de kleigrond tijdens het rijpingsproces. Door dit proces wordt de norm van sulfaat (100 mg/l) in het Flevolandse oppervlaktewater veelvuldig overschreden (gemiddelde concentratie in Flevoland: 369 mg/l). Het inundatiewater bevatte relatief lage sulfaatconcentraties (tussen 92 en 120 mg/l), hoewel de norm wel overschreden werd.

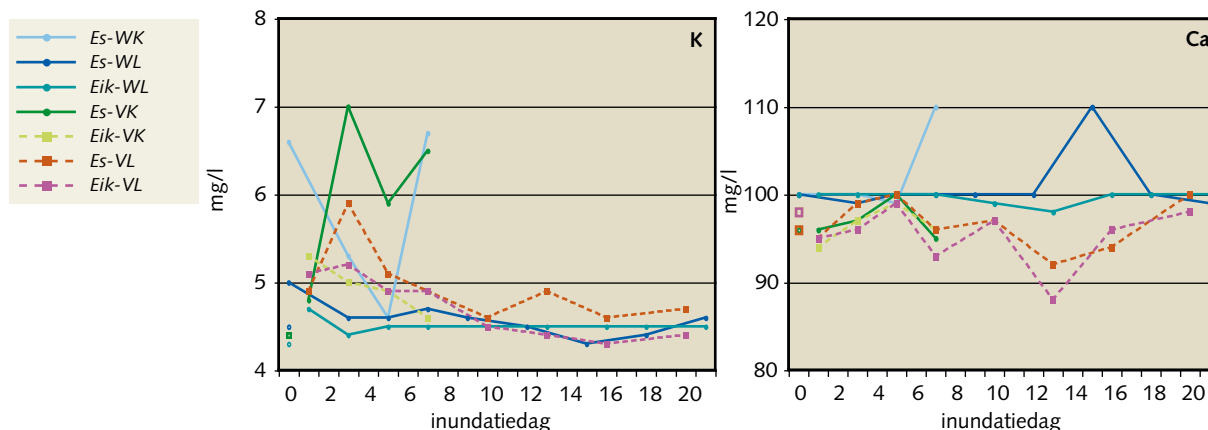


Figuur 34 Opgelost organisch koolstof- en sulfaatconcentratie (mg/l) van het inundatiewater in de verschillende compartimenten in het essen- en eikenvak, van begin tot einde van de inundatie. Open symbolen op t0: meetwaarde in het water dat bij de start van inundatie uit de aanvoerpijp kwam (kleur en vorm van het symbool verschillen per compartiment, conform legenda).

Concentraties magnesium, natrium, kalium en calcium zijn weergegeven in figuur 35 en figuur 36.



Figuur 35 Magnesium- en natriumconcentratie (mg/l) van het inundatiewater in de verschillende compartimenten in het essen- en eikenvak, van begin tot einde van de inundatie. Open symbolen op t0: meetwaarde in het water dat bij de start van inundatie uit de aanvoerpijp kwam (kleur en vorm van het symbool verschillen per compartiment, conform legenda).



Figuur 36 Kalium- en calciumconcentratie (mg/l) van het inundatiewater in de verschillende compartimenten in het essen- en eikenvak, van begin tot einde van de inundatie. Open symbolen op t0: meetwaarde in het water dat bij de start van inundatie uit de aanvoerpijp kwam (kleur en vorm van het symbool verschillen per compartiment, conform legenda).

## 4.2 Bodem en humus

### 4.2.1 Uitgangssituatie

#### **Harderbos**

Binnen de boordiepte van 120 cm zijn verschillende geologisch formaties aan te treffen. De bovenste kleiige en kalkrijke formaties zijn afgezet in het Holoceen (Ente *et al.*, 1986). De jongste afzetting (IJsselmeerafzetting) is door grondbewerking van 20 tot 30 cm gemengd met de bovenkant van de schelprijke Zuiderzee kleien. Binnen een halve meter gaat deze afzetting over in de kleiige faciës van de Almereafzetting die afgezien van de schelpeninhoud weinig verschilt van de Zuiderzeeafzettingen. Rond de 60 cm diepte wordt de Almereafzetting iets humeuze en neemt het kleigehalte iets af. Op een diepte van 70 - 100 cm wordt een kalkrijke tot kalkhoudende matig fijn verspoeld dekzand aangeboord (Ente *et al.*, 1986). Daar waar deze laag 70 tot 80 cm diep is wordt plaatselijk een veenlaag aangetroffen met daaronder kalkarm pleistoceen zand met inspoelingsverschijnselen van ijzer en humus (podzolverschijnselen).

#### **Proefpercelen**

De bodemkarteringen in de proefpercelen zijn opgenomen in bijlage B.1. In Bijlage B.2 staan de humusprofielen per compartiment. De resultaten van de bodem- en humusanalyses zijn weergegeven in bijlage B.3 en de statistische analyses in bijlage B.4.

De bodem in het essenperceel bestaat uit poldervaaggronden in lichte tot bijna zware klei (kleipercantage van 30 tot 35 %) die tot rond de 70 cm geheel gerijpt zijn. Op een diepte van 90 tot 105 cm komt een kalkrijke ongerijpte zandlaag voor. Het kleipakket is kalkrijk, met binnen de eerste 50 cm een laag rijk aan schelpfragmenten.

Het humusprofiel is nog nauwelijks ontwikkeld. Zelfs een tijdelijke strooisellaag (L) is niet aangetroffen. Blijkbaar wordt het essenstrooisel snel gefragmenteerd en omgezet door de bodemfauna, voornamelijk bestaande uit wormen (Hommel *et al.*, 2003). De matig tot plaatselijk zeer humeuze Ah varieert in dikte van 0,5 tot 2 cm. De matig humeuze, geploegde overgang naar de C-horizont (ACp) is 20 tot 25 cm dik en beslaat voor het grootste gedeelte de wortelzone van de korte vegetatie. Van deze AC is de eerste 3 tot 6 cm het duidelijkst ontwikkeld. In het algemeen zijn de humusprofielen niet verder ontwikkeld dan een Nesvaagmull (Van Delft, 2004) of daar waar gleyverschijnselen binnen de 25 cm voorkomen is sprake van een Kleihydromull.

Bodemkundig zijn de verschillen tussen het eikenvak en het essenvak niet groot (Bijlage B.1, B.2). Ook hier is er sprake van in klei ontwikkelde poldervaaggronden met een kleigehalte van 30 tot 35%, schelpenbanken en met een rijpingsdiepte van ca. 70 cm. De zandige ondergrond verschilt niet zozeer wat betreft leemgehalte en korrelgrootte van het zand in het essenperceel, maar door het voorkomen van oude broekveenlagen en met ijzer en humusverrijkte lagen. De ondergrond begint op 70 tot 100 cm onder maaiveld en begint met onrijp en gereduceerd fijn zand op een moerige, ijzerrijke laag waarin resten elzenhout voorkomen (broekveen). Onder het veen is plaatselijk een kalkarme tot zelfs kalkloze zandlaag met ijzer- en humusaanrijking aangetroffen. Het lijkt of we hier te maken met oude podzolhorizonten in dekzand.

De humusprofielen verschillen wel enigszins van de onder es aangetroffen humusvormen. Opvallend is dat op de meeste plekken een weinig verteerde strooisellaag (L) is met een zeer dunne F-laag bestaande uit half verteerd strooisel en/of een zeer dun mengsel van half verteerd strooisel en minerale componenten (Ah/F). Dit duidt op een slechte vertering van het eikenstrooisel ten opzichte van het essenstrooisel (Hommel *et al.*, 2003). Ook de Ah verschilt van die onder es. Deze minerale bovenlaag is veel dunner, humusrijker en luchtiger dan de Ah onder es. Dit duidt op minder doormenging van de organische stof met de minerale bodem. De door grondbewerking ontstane bouwvoor is hier wat minder goed te onderscheiden dan in het essenperceel (en is hier grotendeels niet als ACp, maar als Cgp onderscheiden). De AC onder eik is veel dunner maar tegelijk ook humusrijker dan de AC onder es. De humusprofielen behoren tot de Kleihydromulls.

De verschillen tussen de bovengrond onder es en onder eik lijken voornamelijk voort te komen uit de verschillen tussen de kwaliteit van het eikenstrooisel en het essenstrooisel. Het eikenstrooisel is wat zuurder en slechter verteerbaar. Regenwormen prefereren essenstrooisel boven eikenstrooisel. Hierdoor is de homogenisatie van de humus wat beter dan onder eik, wat vooral te merken is aan het hogere organisch stofgehalte in de eerste decimeter van het eikenprofiel en aan de diepere AC-horizont onder es. Het valt te verwachten dat onder gelijke omstandigheden na enkele tientallen jaren enkele centimeters ontkalking onder eik zal optreden. Dat de homogenisatie en humusomzetting wat beter verloopt onder es wordt ook bevestigd door de hogere dichtheid en grotere biomassa aan regenwormen onder de essenopstand (zie paragraaf 4.4).

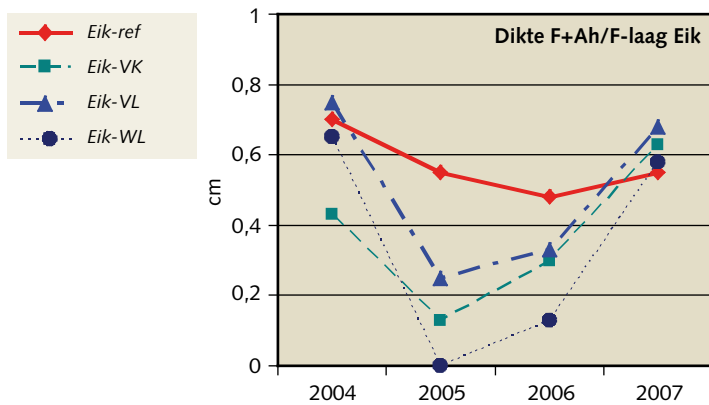
#### 4.2.1 Humusprofiel

Onder eik is de aanwezigheid van een zeer dunne F-laag (half verteerd strooisel) of F/Ah-laag (mengsel half verteerd strooisel en minerale bodembestanddelen) kenmerkend. Net na de inundatie was deze laag op veel plekken in dit compartiment verdwenen. Dit kan twee oorzaken hebben:

- Een deel van het strooisel is tijdens de inundatie verplaatst en buiten de opname vlakken terecht gekomen;
- Het strooisel is door de inundatie verrijkt, geroerd en beter gemengd met de minerale bovengrond waardoor direct na de inundatie een betere vertering is opgetreden (Wolf *et al.*, 2001).

In 2006 en 2007 herstelde deze zeer dunne laag zich weer in het eikenvak (Figuur 37). Dat dit verschijnsel zich alleen onder eik voordoet heeft te maken met de slechtere verteerbaarheid van het eikenstrooisel vergeleken met het essenstrooisel.

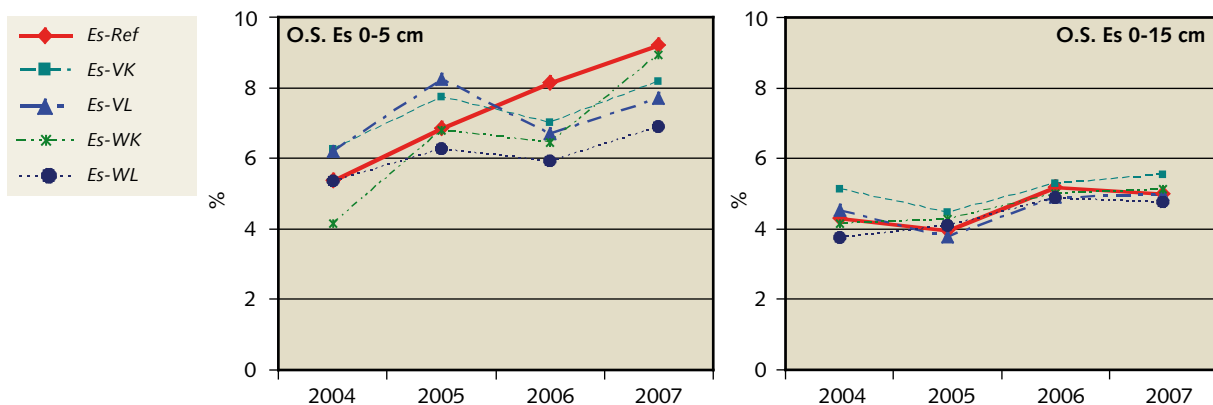
In dit stadium van bosontwikkeling is de aanwezigheid van de F- en F/Ah-laag eerder van indicatieve betekenis dan van ecologische betekenis. Het tijdelijk verdwijnen of slinken van deze dunne laag legt letterlijk en figuurlijk weinig gewicht in de schaal. Organische stof gehalten en nutriëntenbalansen worden hierdoor nauwelijks beïnvloed.



Figuur 37 Dikte van de F en F/Ah-laag in het humusprofiel in de verschillende compartimenten in het eikenvak.

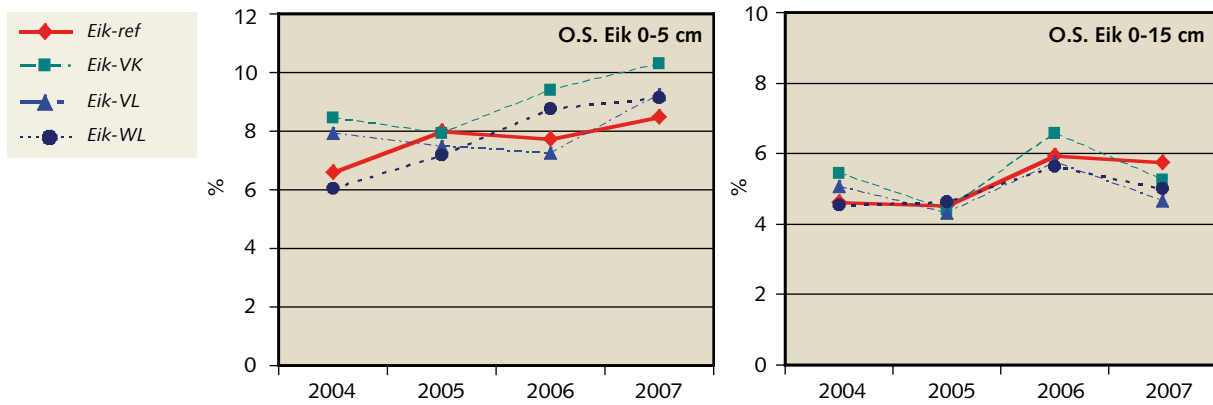
#### 4.2.2 Organisch stofgehalte

In figuur 38 zijn de gehalten van de organische stof onder es weergegeven. Verschillen deden zich vooral voor in de bovenste 5 cm; in de bovenste 15 cm waren verschillen gering. Er is een stijgende tendens in het referentiecompartiment te zien in de laag 0 tot 5 cm onder maaiveld. De organisch stofgehalten zijn in 2005 en 2006 significant hoger dan in de uitgangssituatie in 2004. Onder eik (figuur 39) is een vergelijkbare ontwikkeling te zien. Onder es vertonen alle inundatiecompartimenten een tijdelijke verlaging in 2006 ten opzichte van de referentie, maar dit is nergens significant.



Figuur 38 Organisch stofgehalte in de 0-5 cm laag en de 0-15 cm laag van het humusprofiel in de verschillende compartimenten in het essenvak.





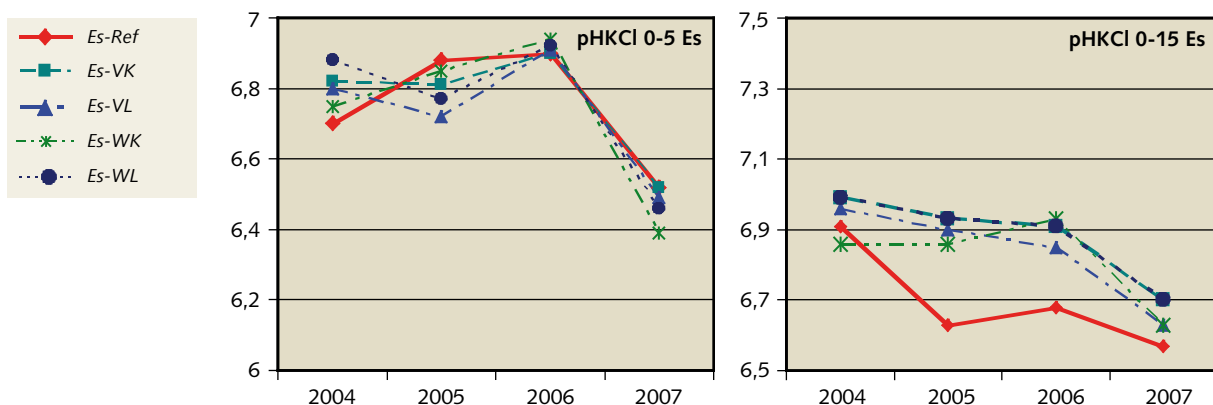
Figuur 39 Organisch stof gehalte in de 0-5 cm laag en de 0-15 cm laag van het humusprofiel in de verschillende compartimenten in het eikenvak.

Er is een grote ruimtelijk variabiliteit van het organisch stof gehalte. Zeker de laag 0-5 is erg variabel vanwege de grote invloed van vers gevallen organisch materiaal. Ook kunnen verschillen samenhangen met verschillen in weersomstandigheden tussen die jaren. De mineralisatie van organische stof is deels afhankelijk van temperatuur en vocht. Overigens vertaalt de variabiliteit van de organische stof zich in zekere mate door in de stikstof- en fosforhuishouding (zie onder).

#### 4.2.3 pH

##### Es

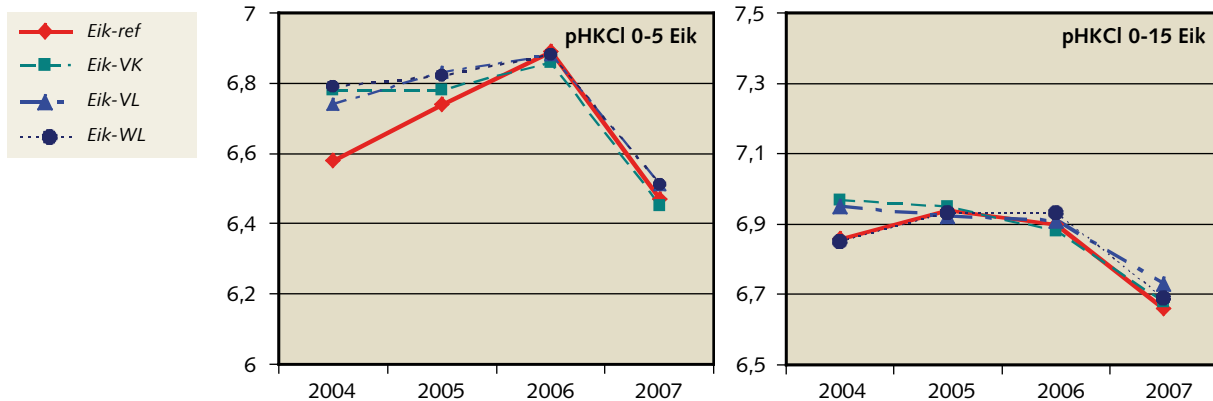
Onder es zijn in de inundatiecompartimenten (VK, VL en WL) de pH-waarden in 2005 in de laag 0-5 cm significant of bijna significant, lager dan in het referentiecompartiment (figuur 40). In de laag 0-15 cm is de pH in alle scenario's in 2005 en 2006 juist significant hoger dan in het referentiecompartiment. In 2007 liggen de pH-waarden van alle compartimenten weer dicht bij elkaar. Blijkbaar is onder es het effect van de inundaties merkbaar, waarbij het effect in de eerste cm verschilt van het gemiddeld effect over een diepte van 15 cm. Vooral in de laag 0-5 lijken de effecten in de lange inundatiescenario's wat groter. In alle compartimenten verschilt de pH significant over de jaren wat duidt op duidelijke jaarsinvloeden. In 2007 is de pH in alle compartimenten en in beide 'bodemplagen' het laagst.



Figuur 40 pH(KCl) in de 0-5 cm laag en de 0-15 cm laag van het humusprofiel in de verschillende compartimenten in het essenvak.

### Eik

Onder eik (figuur 41) blijken de pH-verschillen met het referentiecompartment in de laag 0-5 cm in 2004 al significant. Na inundatie verminderen die verschillen echter snel om in 2006 en 2007 nagenoeg gelijk te worden. Evenals onder es is hier sprake van een relatieve(!) daling van de pH na inundatie ten opzichte van het referentiecompartment. Anders dan onder es verschilt de pH in de laag 0-15 cm tussen referentie en de inundatiecompartmenten nauwelijks en lijkt relatief, niet significant, lager. Wel is ook hier de pH in 2007 in alle compartimenten en in beide 'bodemplagen' het laagst.



Figuur 41 pH(KCl) in de 0-5 cm laag en de 0-15 cm laag van het humusprofiel in de verschillende compartimenten in het eikenvak.

### Betekenis

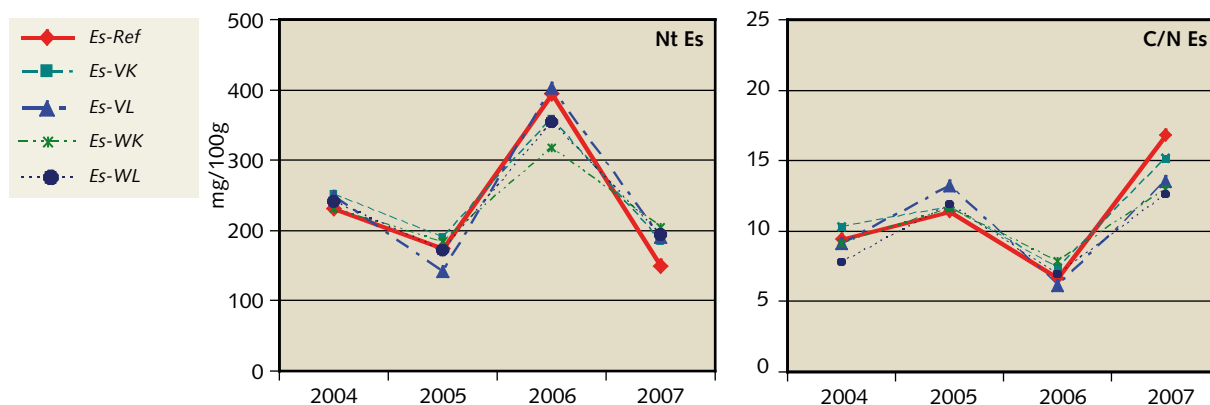
De inundatie is mogelijk van invloed geweest op de pH. Onder zowel eik als onder es vindt na inundatie in de bovenste laag (relatief gezien ten opzichte van de referentie) een lichte daling van de pH plaats. In kalkrijke kleiige milieus vindt na inundatie, door reductie in het algemeen, een lichte daling van de pH plaats (Kemmers *et al.*, 2002). De relatieve stijging onder es (0-15 cm) lijkt daarmee in tegenspraak. Hier is mogelijk vervuiling van het monster onder es met een of enkele schelpfragmenten van invloed (schelpen worden in principe verwijderd uit het monster). De hier geconstateerde pH-effecten zijn in 2007 alweer uitgewerkt en gezien de waarden (pH tussen 6,4 en 7) van geringe ecologische betekenis. Gezien de waarnemingen in 2007 in alle compartimenten lijken de (extreme) weersomstandigheden - zeer natte perioden afgewisseld met droge perioden met hoge temperaturen in het voorjaar van 2007 - belangrijker dan het inundatie-effect.

#### 4.2.4 Stikstofhuishouding

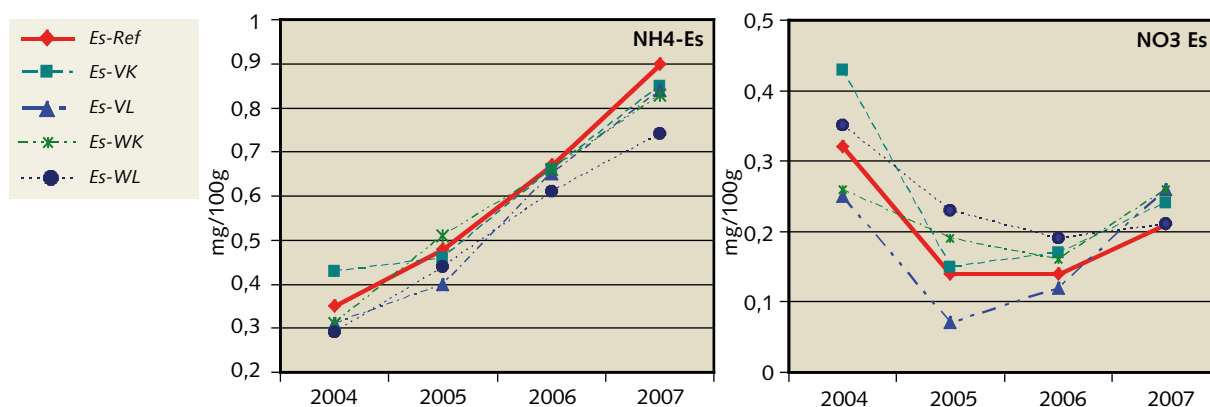
##### Es

Met betrekking tot de stikstofhuishouding is vooral het grote verschil in N-totaal gehalte tussen 2006 en de overige jaren opvallend (figuur 42). De lage C/N-waarden (figuur 42) duiden op een grotere mineralisatie van organische stof tijdens de bemonsteringsperiode in 2006. Hoewel de weersomstandigheden tussen de jaren rond de bemonsteringsperiode extreem verschilden, lijkt het N-totaal gehalte in 2006 daar niet geheel mee te verklaren. Waarschijnlijk is hier sprake van een artefact. De absolute getallen van N-totaal in 2006 worden hier dan ook niet in beschouwing genomen. De relatieve verschillen lijken niet beïnvloed te zijn door het artefact. In alle compartimenten is het N-totaal gehalte in 2005 significant lager dan in 2004 (figuur 42), waarschijnlijk als gevolg van verschillen in weersomstandigheden. Onder es verschilt alleen het VL-scenario in 2005 duidelijk en significant van het referentievlak.

Er is hier sprake van een verlaging na inundatie. De ammonium (NH<sub>4</sub>) gehalten (figuur 43) vertonen in alle compartimenten een meestal significante stijgende tendens (Bijlage B.4).



Figuur 42 N-totaal en C/N-verhoudingen in de 0-15 cm laag van het humusprofiel in de verschillende compartimenten in het essenvak.



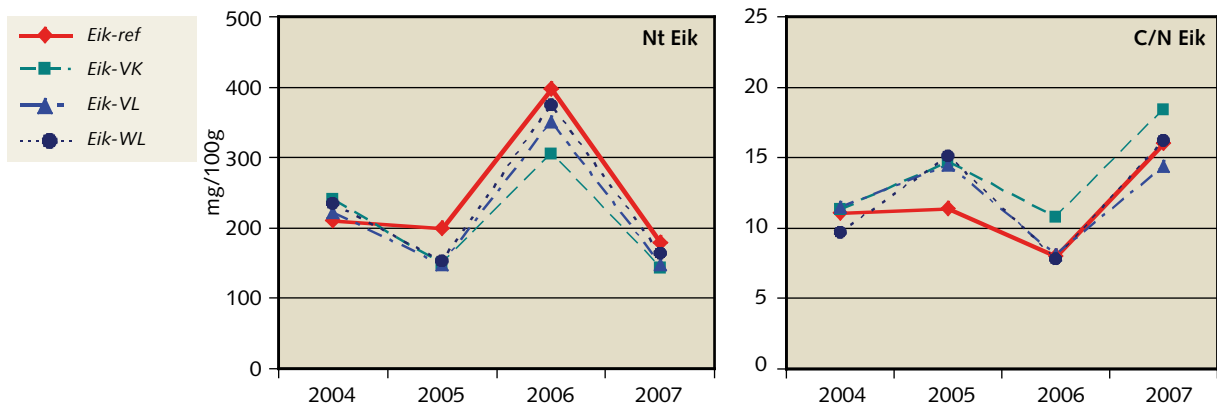
Figuur 43 NH<sub>4</sub> (mg/100 g) en NO<sub>3</sub> in de 0-15 cm laag van het humusprofiel in de verschillende compartimenten in het essenvak.

De nitraat (NO<sub>3</sub>) gehalten (figuur 43) dalen in alle compartimenten sterk in 2005, gevolgd door een lichte stijging in 2006 en 2007. Met betrekking tot de NO<sub>3</sub>-gehalten, NH<sub>4</sub>-gehalten en de NH<sub>4</sub>/NO<sub>3</sub>-verhoudingen is echter na inundatie nergens een significant verschil met het referentiecompartiment. Ook hier moeten de meetwaarden van het jaar 2006 met enig argwaan bekeken worden. Hoewel niet significant vertoont het jaar 2007 gemiddeld nauwelijks een hogere N-tot-waarde en nauwelijks een lagere C/N-waarde (figuur 42) dan 2005. Dit duidt weer op extreme weersinvloeden die het inundatie effect overschaduwden. Mogelijk dat 2007 met zijn hete droge voorjaar gevolgd door een natte periode van grote invloed was.

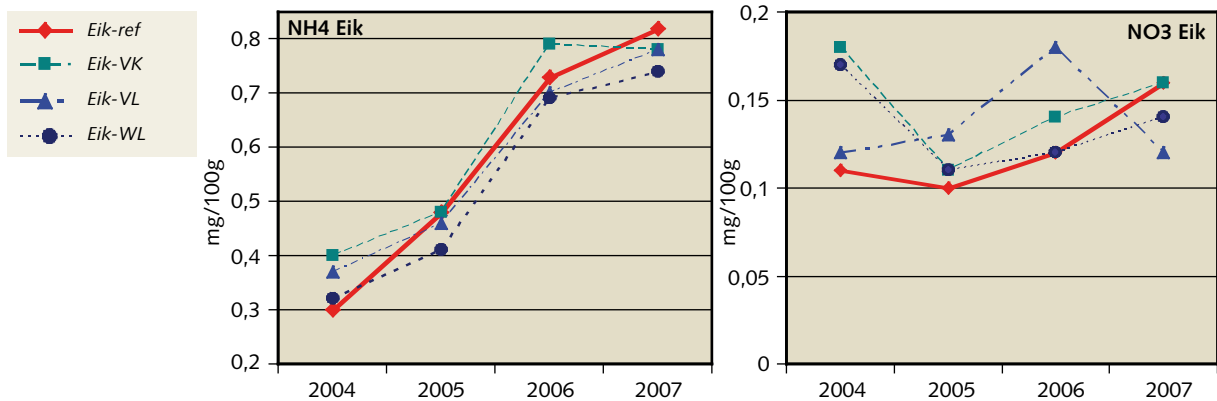
## Eik

Met betrekking tot de N-totaal gehalten onder eik geldt min of meer hetzelfde als onder es (figuur 44). Ook hier treden grote schommelingen op tussen de verschillende jaren in alle compartimenten. Tussen de inundatiecompartimenten en de referentie bestaan echter significante verschillen in 2005 direct na de inundatie. Blijkbaar heeft onder eik wel een significante daling plaatsgevonden na inundatie. Na 2005 is dit verschil er niet meer significant. Ook de C/N-verhoudingen nemen significant af na inundatie (figuur 44). Alleen in het compartiment VK blijven de verschillen in 2006 en 2007 nog significant.

Van de NO<sub>3</sub>- en NH<sub>4</sub>-gehalten is alleen in het compartiment WL een significant verschil met de referentie in 2005 (figuur 45). Hoewel niet significant vertoont ook hier het jaar 2007 een gemiddeld nauwelijks hogere N<sub>tot</sub>-waarde en nauwelijks lagere C/N-waarde dan 2005.



Figuur 44 N-totaal en C/N-verhoudingen in de 0-15 cm laag van het humusprofiel in de verschillende compartimenten in het eikenvak.



Figuur 45 NH<sub>4</sub> (mg/100 g) en NO<sub>3</sub> in de 0-15 cm laag van het humusprofiel in de verschillende compartimenten in het eikenvak.

## Betekenis

Na inundatie treedt onder anaërobe toestand denitrificatie op waarbij NO<sub>3</sub>-ionen uiteenvallen in het vluchtige N<sub>2</sub>. Hierdoor treedt een nettoverlies aan N op. Deze verliezen zijn in theorie relatief het hoogst na voorjaarsinundaties omdat dan de nitrificatie onder invloed van de stijgende temperatuur op gang begint te komen. Uit de meetwaarden blijkt dat er onder eik en onder es in de beide voorjaarsscenario's gemiddeld een relatieve daling optreedt in het NO<sub>3</sub>-gehalte.

Deze verschillen zijn echter gering en nergens significant. De "overall" fluctuaties van N-totaal in de compartimenten kan samenhangen met weersomstandigheden en veranderingen in de grondwaterniveaus.

De uitkomsten van het jaar 2006 zijn waarschijnlijk niet betrouwbaar (zie boven). Waarschijnlijk is een niet meer te achterhalen artefact oorzaak van de (absolute) hoge N-totaal waarden. Wel kan op grond van de organische stofpercentages, N-totaal en C/N-waarden geconcludeerd worden dat de mineralisatie van organische stof in 2006 in alle compartimenten hoger was dan in de andere jaren. De C/N waarden in 2005 vertonen een complementaire tendens (verhoging na inundatie). Na een periode van zuurstoftekort zullen de ammonium- en nitraatgehaltes in de bodem respectievelijk stijgen en dalen, wat ook is waargenomen in de geïnundeerde compartimenten. Echter, dit is ook het geval in het referentiecompartiment. Ten opzichte van het referentie compartiment dalen de NH<sub>4</sub>-gehalten juist iets in de geïnundeerde compartimenten. Mogelijk is er enige invloed geweest van de inundaties (lekkage) vanuit de nabije compartimenten op de referentievakken. Het is echter waarschijnlijker dat de effecten van verschillen in weersomstandigheden (tussen 2004 en 2005) groter zijn dan effecten van inundatie op ammonium en nitraat.

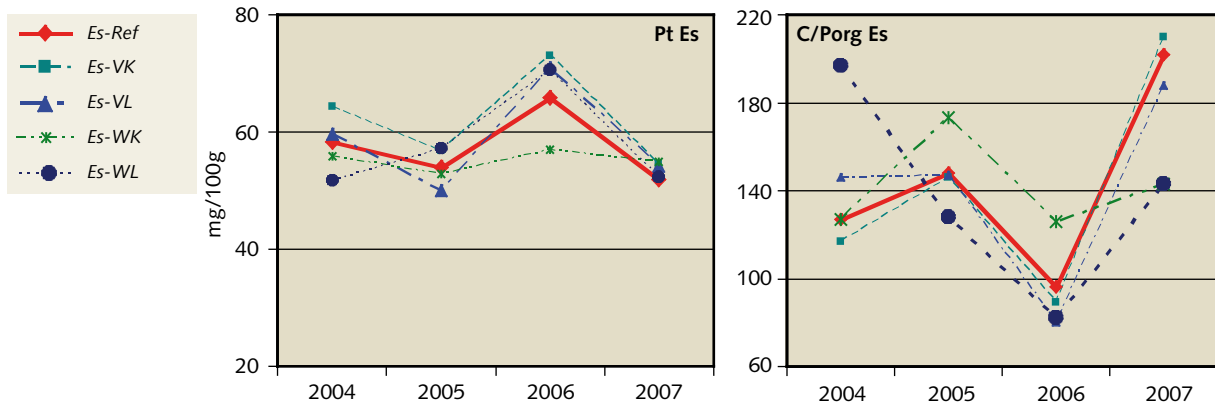
#### 4.2.5 Fosforhuishouding

In de fosforhuishouding zijn sporadisch significante verschillen geconstateerd tussen niet en wel geïnundeerde situaties. De waarden van P-totaal dalen in alle vlakken licht in 2005 en 2007, met onder es een duidelijke piek in 2006 (figuur 46). Hetzelfde geldt in veel mindere mate voor P-oxalaat (figuur 47). Het P-anorganisch gehalte blijft vrijwel constant, terwijl de ratio C/P-org onder es in 2005 duidelijk stijgt ten opzichte van 2004. In 2007 stijgen zowel onder eik als es de waarden van C/P-org in alle compartimenten (figuren 46 en 48), wat eerder duidt op invloeden van de weersgesteldheid dan op inundatie effecten. Uitzondering vormen de significante verschillen in waarden van P-ox (hoger), P-anorg. (hoger) en C/P-org (lager) bij WL-inundatie van eik en de significante verschillen met de referentie van P-anorganisch-gehalten in het VL-scenario van es (figuren 46, 47, 48 en figuur 49). Alles overziende moet geconcludeerd worden dat er weinig significante verschillen zijn in de P-huishouding, en dat deze geen causaal verband lijken te houden met de inundatie. Binnen de range van de gemeten waarden (fosfaatrijk milieu) lijken de veranderingen niet ecologisch relevant.

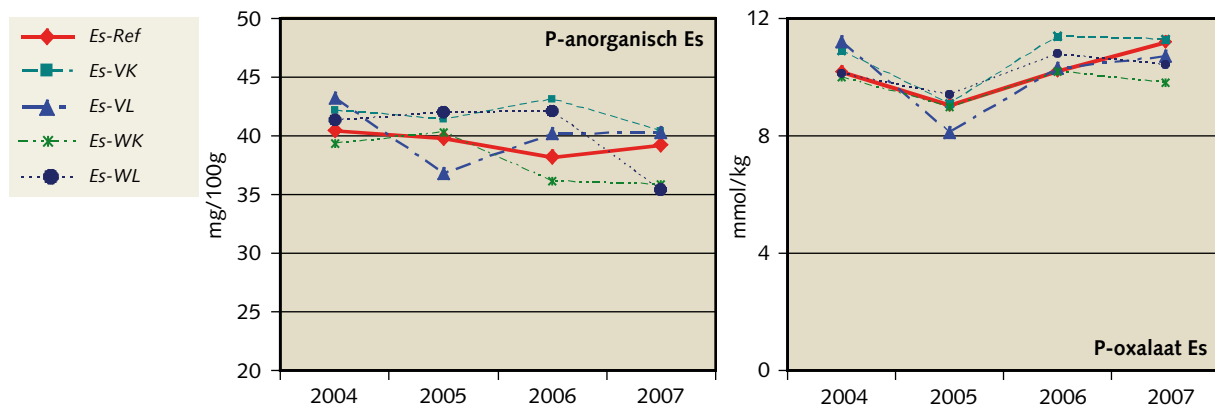
In de kalkrijke proefplots wordt fosfaat in eerste instantie aan kalk gebonden. Daarnaast speelt ijzer een rol (samen met aluminium) in buffering van fosfaat. De ijzergehalten bij de korte voorjaarsoverstroming van eik zijn net niet significant in het jaar 2006 ten opzichte van de referentie. Onder eik lijkt het Fe-ox gehalte iets te stijgen ten opzichte van de referentie na inundatie en onder es juist relatief te dalen net na de inundatie (figuur 51). Dit zijn echter bij lange na geen significante trends. Dit ligt iets anders voor de verhouding P-oxalaat en Fe-oxalaat. Deze verhouding kan als maat gezien worden voor fosfaat verzadiging. De waarden liggen rond 0,15 wat duidt op een lage fosfaatverzadiging van de bovengrond, die ligt voor de proefplots tussen 0,1 en 0,3 hetgeen wat fosfaat betreft wijst op een onverzadigd milieu. De verhouding toont in 2005 en 2006 in alle compartimenten een dalende tendens.

Onder es is de P-ox/Fe-ox verhouding bij voorjaar lange inundatie significant lager dan in het referentiecompartiment in het inundatiejaar 2005. Dit duidt op een inundatie-effect. De P-ox/Fe-ox verhouding in het VL-compartiment onder eik in de jaren 2004 en 2007 wijkt significant af van het referentievlak in dezelfde jaren (figuur 50 en bijlage B4). Dit effect wijst ook in de richting van een relatief inundatie-effect (de waarden kruipen het eerste jaar na de inundatie naar elkaar toe. Het verschil in het VL-compartiment van eik tussen 2004 en 2005 is echter niet significant, wat de conclusie weer afzwakt. Blijkbaar heeft binnen het VL-compartiment inundatie een tijdelijke verlagende werking op de fosfaatverzadiging van de bovengrond. Dit gaat gepaard met een lichte verrijking van het inundatiewater met fosfaat. Gezien de absolute waarden (zowel eik als es) van deze Pox/Feox-verhouding moet echter weinig ecologische effect van de verlaging verwacht worden.

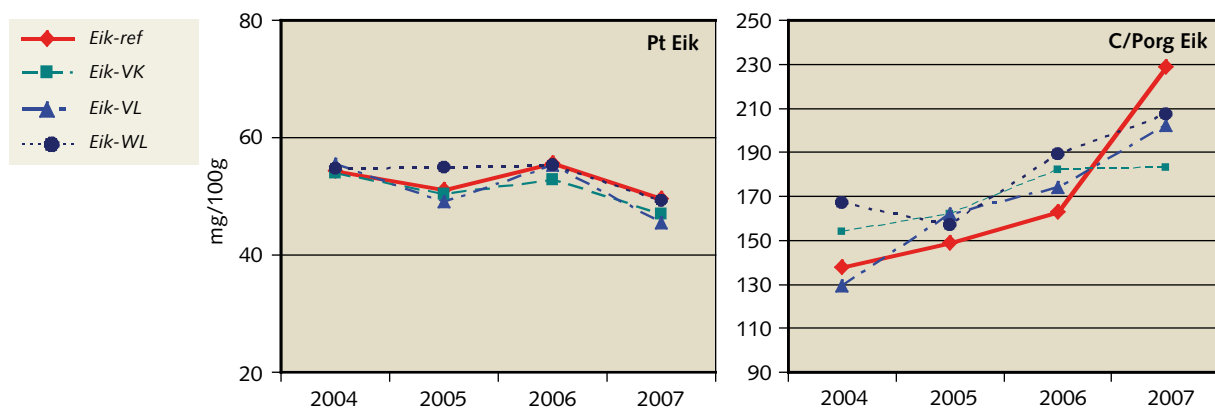




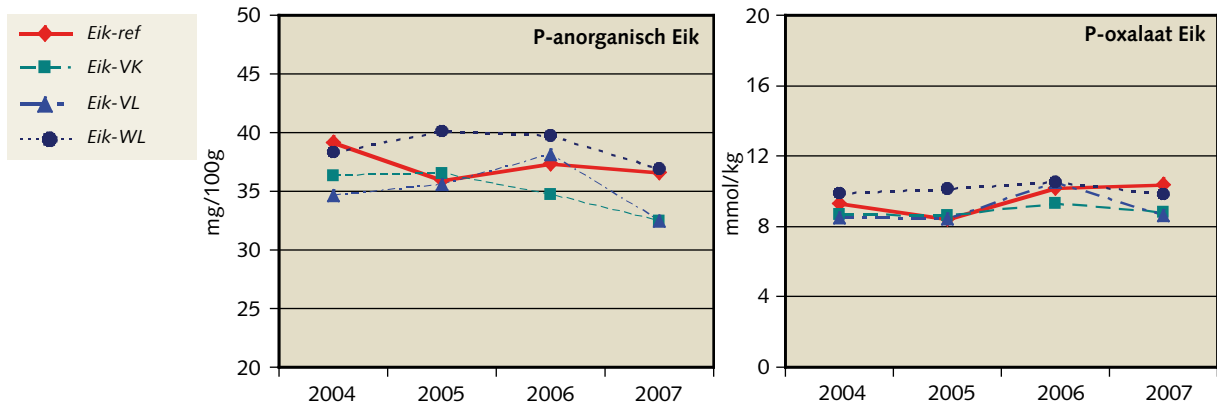
Figuur 46 P-totaal en C/P-org verhouding in de 0-15 cm laag van het humusprofiel in de verschillende compartimenten in het essenvak.



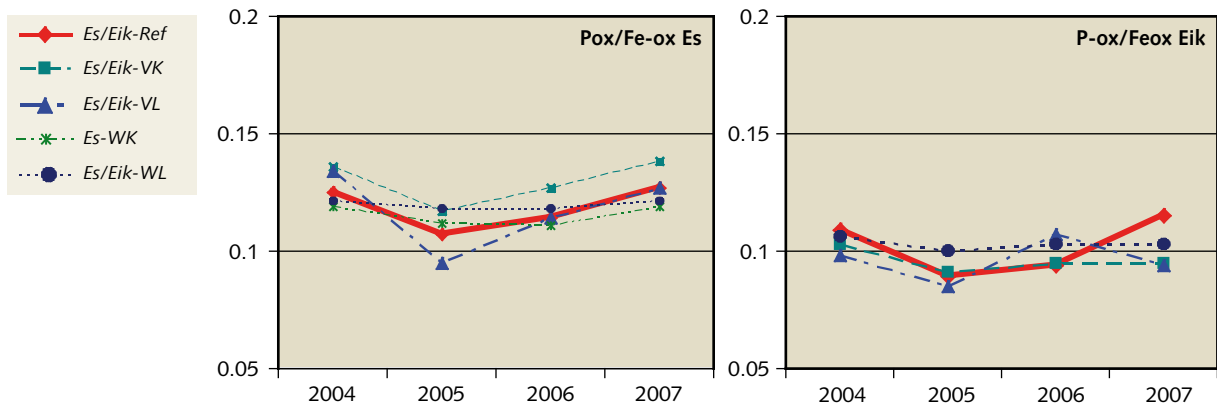
Figuur 47 P-anorganisch en P-oxalaat in de 0-15 cm laag van het humusprofiel in de verschillende compartimenten in het essenvak.



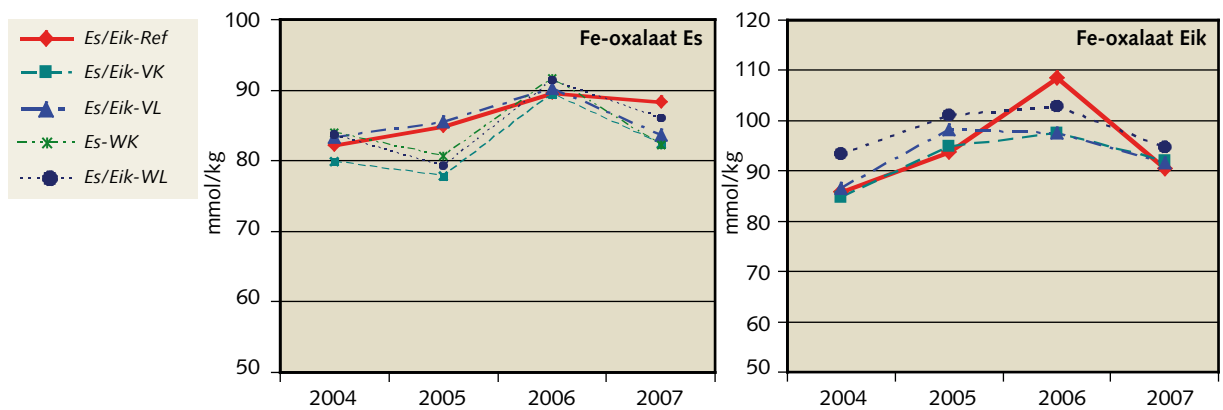
Figuur 48 P-totaal en C/P-org verhouding in de 0-15 cm laag van het humusprofiel in de verschillende compartimenten in het eikenvak.



Figuur 49 P-anorganisch en P-oxalaat in de 0-15 cm laag van het humusprofiel in de verschillende compartimenten in het eikenvalk.



Figuur 50 Verhouding P-oxalaat /Fe-oxalaat in de 0-15 cm laag van het humusprofiel in de verschillende compartimenten in het essen (links) en eikenvalk (rechts)



Figuur 51 Fe-oxalaat in de 0-15 cm laag van het humusprofiel in de verschillende compartimenten in het essen- en eikenvalk

#### 4.2.6 Verschillen tussen Eik en Es

Afgezien van de verschillen tussen de compartimenten onder verschillende inundatieregimes, zijn er ook verschillen tussen de proefpercelen van eik en es. De slechtere verteerbaarheid van het eikenstrooisel leidt tot de vorming van dunne strooisellagen op de bodem. De geringe activiteit van wormen onder eik zorgt ook voor minder menging van de organische stof met de ondergrond en een slechtere mineralisatie van de organische stof. De geringere menging door wormen zorgt voor een minder kruimige structuur van de Ah-horizont onder eik en een wat scherpere overgang van bovengrond naar ondergrond. Het organische stofgehalte onder eik in de bovenste 15 cm is daardoor wat hoger dan onder es. Onder es wordt de organische stof over een grotere diepte vermengd. Het P-gehalte (zowel P-anorganisch als P-totaal: figuren 46 t/m 49) is onder es wat hoger dan onder eik. Ook zijn de C/P getallen onder es gemiddeld wat hoger wat duidt op een hogere P-beschikbaarheid. De totale N-voorraad en het NH<sub>4</sub>-gehalte in de eerste 15 cm verschilt niet tussen beide boomsoorten; wel is het NO<sub>3</sub>-gehalte onder es hoger dan onder eik en de C/N iets lager (figuren 42 t/m 45). De verschillen in pH zijn gering. In de bodemlaag 0-5 cm is de pH onder es gemiddeld wat hoger (figuren 40 en 41).

#### 4.2.7 Samenvatting bodem en humus

De inundatie heeft de stikstofhuishouding duidelijk beïnvloed. Het gaat hier niet zozeer om de makkelijk beschikbare N-verbindingen (NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>), maar vooral om de totale stikstofvoorraad en de mineralisatie van het organisch gebonden stikstof (C/N). Na inundatie neemt het gehalte N-totaal af en het C/N-getal toe, wat een afname van de beschikbaarheid van stikstof betekent. De verlaging van N-totaal kan verband houden met het in oplossing of suspensie gaan van organisch materiaal tijdens de inundatie en de afvoer daarvan via de overlopen. Hiervan zien we ook effecten in de watersamenstelling: stijging van de concentraties opgeloste organische stof en Kjeldahl stikstof. De verhoging van het C/N-getal houdt verband met de anaërobe omstandigheden tijdens de inundatie en de daarmee samenhangende lage activiteit van de bodemorganismen, die de mineralisatie van organische stof vertraagt. Stijging van het C/N-getal en afname van het gehalte N-totaal zou in theorie betekenen dat de omstandigheden voor nitrofiële soorten als brandnetel door een verminderd stikstofaanbod minder gunstig worden. Deze conclusie lijkt te worden versterkt door waarnemingen aan de kruidlaag, waar een afname van de bedekking met grote brandnetel is waargenomen. De waarden van 2007 doen echter toch vermoeden dat de jaarlijkse variatie ook ten aanzien van de stikstofhuishouding groter is dan het inundatie effect. In absolute zin blijft bovendien het stikstofaanbod zo hoog dat de effecten niet groot zullen zijn.

In de fosforhuishouding zijn de veranderingen na inundatie nauwelijks significant en waarschijnlijk van (nog) minder betekenis. Bij voorjaarlange inundatie onder es en in mindere mate onder eik is een tijdelijke verlaging van de fosfaatverzadiging opgetreden. Gezien de waarden van de P-ox/Fe-ox verhouding lijkt dit echter van weinig ecologische relevantie.

Onder invloed van inundatie stijgt de pH in de eerste 5 cm van de bovengrond enigszins, vooral onder eik. Het gaat weliswaar om een lichte stijging, maar deze werkt waarschijnlijk tijdelijk de licht verzurende tendens in de eerste centimeters van het humusprofiel onder eik tegen. Deze verzurende tendens is op lange termijn overigens wel van belang daar de pH zich in 2004 onder eik in het overgangstraject bevond van een door calcium gebufferd systeem naar een adsorptiesysteem (uitwisseling kationen aan kleimineralen)<sup>2</sup>. De verdere pH-stijging in 2006 betekent dat op de kortere termijn de pH-verschillen van weinig ecologische betekenis zullen zijn. Overigens relativeert de daling van de pH in 2007 onder beide boomsoorten de betekenis van de daling na inundatie. Blijkbaar geldt ook hier dat extreme weersomstandigheden een grotere rol spelen dan inundatie-effecten.

Uiterlijk is er (nog) geen verandering in het humusprofiel waar te nemen (behalve bij de dunne F-laag in het compartiment Eik-WL). Naar verwachting zullen de effecten van inundatie ook op langere termijn niet of nauwelijks zichtbaar worden en van weinig ecologische betekenis zijn.

---

2 *Bij een kalk gebufferd systeem wordt de H<sup>+</sup> gebonden aan CaCO<sub>3</sub> waarbij H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ontstaat. In een adsorbtie systeem worden de H<sup>+</sup>-ionen geneutraliseerd doordat ze de plaats innemen van de aan de kleimineralen gebonden kationen.*

## 4.3 Vegetatie

### 4.3.1 Uitgangssituatie

#### **Vegetatiestructuur**

In de situatie voor inundatie (2004) verschilden de proefvlakken in de essenopstand voor wat betreft de vegetatiestructuur sterk van die in de eikenopstand (zie bijlage C voor vegetatie-opname en statistische analyse). De essenopstanden hebben een hogere boom- en kruidlaag, terwijl kruid- en moslaag veel hogere bedekkingswaarden halen. Het enige structuurkenmerk waarin de proefvlakken onder eik significant beter scoren dan die onder es is de hoogte van de struiklaag. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de geringe vitaliteit van de boomlaag in de eikenopstand. De kruid- en moslaag weten niet te profiteren van het mogelijk verhoogde lichtaanbod onder eik. Het is aannemelijk dat verschillen in het humusprofiel ten gevolge van de significante verschillen in strooiselkwaliteit bepalend zijn voor de geringe ontwikkeling van beide lagen. Dit is vooral voor de hand liggend voor de moslaag die altijd duidelijk negatief reageert op de ontwikkeling van een permanente strooisellaag (uitwendig humusprofiel).

Ten aanzien van de homogeniteit van de vegetatiestructuur kan het volgende geconstateerd worden. Het is opmerkelijk dat de boomhoogte in compartiment Eik-Ref significant hoger is dan in de andere proefvlakken. Verder zijn er in het eikenvak significante verschillen in de bedekking van de kruidlaag en daaraan gekoppeld aan de hoogte van de kruidlaag. Dit betekent dat de kruidlaag niet homogeen verdeeld is over het eikenvak, iets waarmee rekening gehouden moet worden bij interpretatie van de inundatie-effecten. Bij het essenperceel blijkt het referentievak af te wijken qua hoogte van de kruidlaag (hoger) en het aantal plantensoorten (lager). Dit hangt mogelijk samen met het ontbreken van hazelaar in dit vak. In de bedekking van de moslaag wijken de compartimenten Es-VK en Es-WL af (lager).

#### **Soortensamenstelling**

Ook voor wat betreft de soortensamenstelling zijn er grote verschillen tussen de proefpercelen es en eik. De proefvlakken onder es zijn gemiddeld soortenrijker dan die onder eik. Het verschil tussen beide opstanden komt het duidelijkst naar voren in de bedekkingswaarden van grote brandnetel, kleefkruid en gewoon dikkopmos. Bepaalde soorten zoals gewone lijsterbes en brede wespenorchis zijn (grotendeels) gebonden aan het eikenvak, terwijl pinksterbloem en look-zonder-look veel meer in het essenvak voorkomen. Verder is het essenvak duidelijk sterker begroeid met kruiden (hogere bedekking) dan het eikenvak en is ook soortenrijker. De homogeniteit in de vakken is groot (de proefvlakken binnen hetzelfde bosperceel lijken veel op elkaar). Soorten als brandnetel en kleefkruid komen in zowel het eiken- als essenvak voor.

De aanwezige kruidenvegetatie bestaat uit algemene soorten die wijzen op vochtige en voedselrijke omstandigheden. In het essenvak dringt meer licht door tot op de minerale bodem en is meer open bodem aanwezig (essenblad verteert goed) waardoor bijvoorbeeld mossen meer kans krijgen. eikenblad verteert slecht en vormt een afdekkende laag op de bodem waardoor minder mossen en kruiden voorkomen. De enige niet-houtige soort die een duidelijke voorkeur heeft voor het eikenvak is de brede wespenorchis.

Beide opstandstypen kunnen het best getypeerd worden als Rompgemeenschap van grote brandnetel van het onderverbond van iepenrijke essenbossen (RG *Urtica dioica*-[*Ulmion caprinifoliae*]). De proefvlakken onder es vormen goed ontwikkelde voorbeelden van dit bostype; de ondergroei van de eikenopstand is duidelijk minder goed ontwikkeld. Het is op grond van de textuur van de bodem (30 à 35% lutum) aannemelijk dat ongestoorde ontwikkeling zal leiden in de richting van een essen-iepenbos (*Fraxino-Ulmetum*). Aangezien het hier een zeer jonge, voedsel- en kalkrijke bodem betreft, zal echter het aspect van ruigtekruiden nog zeer lang blijven bestaan (waarschijnlijk meer dan 100 jaar) en zijn voorlopig de vestigingsmogelijkheden voor meer typische bosplanten beperkt. Wel is het aannemelijk dat op relatief korte termijn (enkele decennia) de ontwikkeling in beide bostypen aanzienlijk zal convergeren.

Ten aanzien van de homogeniteit van de soortensamenstelling kan het volgende geconstateerd worden. De soortensamenstelling van de vijf compartimenten onder eik komt sterk overeen; de bedekkende soorten zijn steeds dezelfde. In het essenvak is de heterogeniteit iets groter dan in het eikenvak, maar de overeenkomsten zijn aanmerkelijk groter dan de verschillen. Compartiment Es-VL heeft drie soorten die niet in de andere compartimenten voorkomen, compartiment Es-VK ook. Met name de haagbeuk in Es-VL is opvallend aanwezig met een presentie van 75% en een gemiddelde bedekking van 18% tegen ontbrekend in de andere proefvlakken. In het referentiecompartiment onder es staat geen hazelaar en komt relatief veel vogelkers voor. Dit is deels te verklaren door toeval (in de proefvlakken kunnen soorten ontbreken die wel nabij staan) en deels door een ongelijkmatige aanplant van boomsoorten bij de aanleg van het bos, dan wel selectieve kap. Al deze (geringe) verschillen dienen in de effectbeoordeling te worden meegewogen.

#### 4.3.2 Vegetatieontwikkeling

##### ***Algemeen***

Bijlagen C.1 tot en met C.4 geven een globaal beeld van respectievelijk de ondergroei van de essen- en eikenopstanden in 2004 tot en met 2007. Een nadere uitwerking in termen van veranderingen in soortensamenstelling in de verschillende proefvakken gedurende de gehele onderzoeksperiode wordt gegeven in bijlagen C.5 (es) en C.6 (eik). De bijbehorende veranderingen in vegetatiestructuur - waaronder de bedekking van de grote brandnetel als dominante ruigtesoort - en het totale soortenaantal wordt gegeven in figuur 52 t/m 54 (es) en 55 t/m 57 (eik).

##### ***Referentie proefvlak***

###### *Ontwikkelingen onder es (Es-Ref)*

De bosstructuur in het referentieproefvlak vertoont in 2005 één zeer opvallend verschil ten opzichte van de Ausgangssituatie in 2004: er is sprake van een duidelijke toename in bedekking van de moslaag. Dit is vooral te danken aan een toename van geplooid snavelmos. De kruidlaag is in bedekking min of meer gelijk gebleven, maar de hoogte was op het moment van opnemen iets geringer. De bedekking van de grote brandnetel blijkt iets te zijn toegenomen. Het meest opvallend zijn echter de veranderingen in de soortensamenstelling waarbij ondanks het verdwijnen van enkele soorten (zoals pinksterbloem; in 2004 nog in 3 subplots) er toch sprake is van een duidelijke toename van het soortenaantal. Opvallend is ook de duidelijke toename van de verjonging van es en de afname van de eenjarige nitrofiel kleeftkruid.

Na 2005 neemt de bedekking van de kruidlaag af. Specifiek voor het referentievlak is dit een ontwikkeling die vrijwel geheel voor rekening komt van het kleeftkruid. Deze soort - die in 2005 in alle proefvlakken was afgenomen - is in het referentievlak na 2005 duidelijk nog verder afgenomen. In de totale soortensamenstelling van het referentievlak zijn sinds 2005 weinig verschuivingen opgetreden. De belangrijkste ontwikkeling is de opvallende afname in de bedekking van de kruidlaag ten opzichte van de situatie in 2004 en 2005. Had deze afname in 2006 nog vooral met de achteruitgang van kleeftkruid te maken, in 2007 blijkt ook de grote brandnetel sterk te zijn teruggelopen (ook in hoogte). Het totale soortenaantal is in 2007 opnieuw toegenomen en ten opzichte van de situatie in 2004 meer dan verdubbeld. De toename komt ten dele - maar niet geheel - voor rekening van zaailingen van diverse soorten houtgewassen.

###### *Ontwikkelingen onder eik (Eik-Ref)*

In 2004 was het referentievlak enigszins afwijkend van de overige proefvlakken onder eik, waarschijnlijk ten gevolge van een iets afwijkend lichtklimaat. Onder eik bleef het soortenaantal in 2005 gelijk, de soortensamenstelling veranderde nauwelijks. Ook in de bosstructuur zijn weinig veranderingen vastgesteld.

De bedekking van de kruidlaag was in 2005 iets lager dan in 2004 en de hoogte iets minder. De verschillen zijn echter verre van significant. Vanaf 2005 loopt de bedekking van de kruidlaag gestaag weer op en de verschillen in bosstructuur tussen de verschillende compartimenten worden kleiner.

In de soortensamenstelling, vooral in de moslaag, zijn na 2005 relatief veel veranderingen opgetreden. Anders dan onder es is de bedekking van de grote brandnetel hier niet afgenomen maar juist licht toegenomen. Kleefkruid was hier in 2005 al sterk achteruit gegaan en in die situatie is in 2007 geen verandering gekomen. Opvallend in het referentievak onder eik is de zeer sterke toename van de hoogte van de kruidlaag na 2005. Deze komt geheel voor rekening van de opschietende zaailingen van essen. Deze beginnen in 2007 boven de brandnetels uit te groeien en zullen duidelijk de volgende bosgeneratie gaan domineren. Het soortenaantal is - anders dan in de drie geïnundeerde eikenvakken - sinds 2006 iets teruggelopen en is in 2007 terug op het niveau van 2004 en 2005. Wel is ook hier - net als onder es - sprake van een (lichte) toename van de soortdiversiteit van zaailingen van houtgewassen.

### ***Korte inundatie in de winter***

#### *Ontwikkelingen onder es (Es-WK)*

Voor wat betreft de bosstructuur in 2005 zijn er twee belangrijke verschillen met de toestand in 2004: een toename van de bedekking van de moslaag en een grotere hoogte van de kruidlaag. Ook de bedekking van de brandnetels is toegenomen. Van de twee belangrijkste begeleidende soorten blijkt ook ruw beemdgras te zijn toegenomen - zij het in mindere mate - terwijl kleefkruid duidelijk is afgenomen. De bedekking van de kruidlaag als geheel is nauwelijks veranderd. Het soortenaantal is iets toegenomen.

De sterke toename van de brandnetelbedekking uit 2005 is in 2006 weer teniet gedaan en zelfs gedaald tot onder het niveau van 2004, wat past in het algemene beeld van de essenproefvlakken. Specifiek voor het "winter-kort" proefvlak is de spectaculaire toename van het totale soortenaantal na 2005. In 2005 was dit nog lager dan in de overige proefvlakken; in 2006 is deze het hoogst van alle. De verschillen met het referentievak zijn verder gering.

In 2007 is de brandnetelbedekking nog verder gedaald. In het algemeen geldt dat de ondergroei in het WK-proefvlak nu erg lijkt op die van het referentievak. Dit geldt ook voor het totale soortenaantal. Het enige opvallende verschil is dat het ruw beemdgras hier veel sterker dan in het referentievak heeft geprofiteerd van de achteruitgang van grote brandnetel en kleefkruid.

#### *Ontwikkelingen onder eik (Eik-WK)*

Geen waarnemingen. Inundatie gestaakt i.v.m. technische problemen.

### ***Langdurige inundatie in de winter***

#### *Ontwikkelingen onder es (Es-WL)*

Ook in het Es-WL compartiment is afname van de bedekking van de kruidlaag - en vooral van de grote brandnetel en het kleefkruid - de belangrijkste ontwikkeling.

De totale bedekking in dit proefvlak was in de eerste jaren na de inundatie duidelijk geringer dan in 2004. Bosstructuur en soortenaantal zijn in 2005 nauwelijks veranderd. Er is sprake van een toename van de overjarige nitrofielen, vergelijkbaar met de situatie na kortstondige winterinundatie; kleefkruid is ook hier fors afgenomen. Een belangrijk verschil met de kortstondige winterinundatie en het referentievak is dat nu de mosbedekking slechts beperkt toeneemt.



De ontwikkelingen na 2005 zijn zeer vergelijkbaar met die hierboven beschreven werden voor het proefvlak met korte inundatie in de winter. Het totale soortenaantal loopt verder op (was in 2005 ook al toegenomen), het aandeel van de brandnetels loopt na de toename in 2005 weer terug en over het geheel ontstaat er een hoge mate van overeenkomst met het referentievlak. Een verschil met de referentie is wel dat in dit proefvlak brede wespenorchis is verschenen, een bossoort die in 2005 in alle essenproefvlakken ontbrak en in 2004 alleen in het "voorjaar-lang"-proefvlak werd aangetroffen.

De recente ontwikkelingen in 2007 hebben echter geleid tot een duidelijke convergentie. De verschillen in vegetatiestructuur, soortensamenstelling en soortenaantal met het referentievlak en het WK-vlak zijn erg klein geworden. Een interessant verschil is wel dat de brede wespenorchis zich hier - anders dan in de hierboven genoemde proefvlakken onder es - in 2006 heeft weten te vestigen en in 2007 nog steeds stand houdt.

#### *Ontwikkelingen onder eik (Eik-WL)*

De ontwikkelingen komen in belangrijke mate overeen met die in het referentievlak met dien verstande dat de bedekking van de kruidlaag hier al vanaf 2004 toeneemt en dat deze toename vooral voor rekening komt van essenzaailingen en niet van brandnetels. De hoogte van de jonge essen was overigens in 2007 nog vrij gering, maar zal naar verwachting spoedig toenemen indien de proefvlakken uitgerasterd blijven. Anders dan in het referentievlak neemt het soortenaantal sinds 2004 gestaag toe, een toename die ook hier voor een deel voor rekening komt van zaailingen van houtgewassen.

Ook onder eik ontstaat er na 2005 een duidelijke convergentie van de ontwikkeling in het referentie- en het WL-proefvlak en ook hier is er een toename in de abundantie van de brede wespenorchis. Deze soort was in 2004 - anders dan in de proefvlakken met es - in alle eikenproefvlakken al aanwezig.

#### ***Korte inundatie in het voorjaar***

##### *Ontwikkelingen onder es (Es-VK)*

In 2005 is de bedekking van de moslaag sterk toegenomen ten opzichte van 2004, vergelijkbaar met de ontwikkeling in het referentievak. De invloed van de inundatie op de ondergroei blijkt groter te zijn dan in de proefvlakken met winterinundatie. Vooral gewoon dikkopmos nam duidelijk toe; in het referentievlak kwam de toename vooral voor rekening van het minder ruderaal geplooid snavelmos. Soortenaantal en hoogte van de kruidlaag blijven nagenoeg gelijk; de bedekking van de kruidlaag neemt - anders dan in het referentievlak en na winterinundatie - iets af, vooral door een sterke afname van kleeftkruid.

In 2006 blijken de verschillen in soortenaantal én vegetatiestructuur tussen de hiervoor besproken proefvlakken nagenoeg gelijk te zijn getrokken. In 2006 is in dit proefvlak bovendien ook de brede wespenorchis verschenen.

In 2007 is ook hier is de bedekking van de kruidlaag sterk afgenomen ten opzichte van 2006. Deze daling komt grotendeels voor rekening van het kleeftkruid (van 43% in 2006 naar 1% in 2007). De hoeveelheid grote brandnetel was hier na de inundaties al sterk afgenomen en is in 2007 nog steeds laag (wel een geringe toename). De gemiddelde hoogte van de vegetatie is in het proefvlak - anders dan in de overige proefvlakken onder es - iets toegenomen. Dit hangt waarschijnlijk samen met de lichte opleving van de brandnetels. De brede wespenorchis die hier in 2006 voor het eerst werd gesignaleerd, is in 2007 niet terug gevonden. Het totale soortenaantal nam toe tot 20, hetzelfde aantal als in de overige geïnundeerde proefvlakken onder es (referentievlak: 21).

#### *Ontwikkelingen onder eik (Eik-VK)*

Vanaf 2004 zijn de bedekking en de hoogte van de kruidlaag gestaag toegenomen. In 2006 is ook in dit proefvlak sprake van een duidelijke convergentie in ontwikkeling van de kruidlaag tussen het geïnundeerde en het referentieproefvlak.

Het laatste jaar zijn de ontwikkelingen erg snel gegaan. Sinds 2006 is de bedekking meer dan verdubbeld en nam de gemiddelde hoogte toe van 60 cm tot ruim een meter. Hoewel gedurende de hele periode 2004-2007 de grote brandnetel ook bleef toenemen, komen de grootste veranderingen toch voor rekening van de verjonging van gewone es, die hier de volgende bosgeneratie lijkt te gaan vormen. Van alle negen proefvlakken (onder es en eik) is dit het enige waar sinds 2004 niet één soort verdwenen is. Het totale soortenaantal steeg sinds 2006 van 11 naar 14 (hetzelfde relatief hoge niveau als in WL).



*Compartiment Eik-VK met cleefkruid (tijdens inundatie).*



*Compartiment Eik-VK met grote brandnetel (na het droogvallen).*

#### ***Langdurige inundatie in het voorjaar***

##### *Ontwikkelingen onder es (Es-VL)*

De effecten van de inundatie zijn onmiskenbaar. Bedekking en hoogte van de kruidlaag blijken in 2005 sterk (en statistisch significant) te zijn afgenomen. Alleen in dit compartiment zijn grote brandnetel en ruw beemdgras (iets) teruggelopen in bedekking. De bedekking van de moslaag is

juist toegenomen (hoewel niet significant), maar de toename is geringer dan in het referentievak. Anders dan in de andere proefvlakken is in 2005 het soortenaantal iets afgenomen; brede wespenorchis verliest zijn enige groeiplaats in het essen-perceel. Ook struikmos verdwijnt, een minder algemene mossoort die in 2004 binnen het gehele proefgebied alleen hier werd aangetroffen.

In 2006 is er slechts gedeeltelijk herstel: kleeftkruid en brede wespenorchis zijn terug, laatstgenoemde soort zelfs in hogere aantallen dan voorheen, maar struikmos werd niet meer teruggevonden. De bedekking van de brandnetel is nog steeds erg laag (ook beduidend lager dan in het referentievak) en ook de bedekking van de kruidlaag als geheel is nog duidelijk onder het gemiddelde van de overige proefvlakken.

Na een gering herstel in 2006, nam de bedekking opnieuw af tot 20% in 2007. Dit is binnen de proefopzet een historisch dieptepunt voor de proefvlakken onder es en meer in het algemeen voor een essenbos een opvallend 'leeg' bosbeeld. Ook de gemiddelde hoogte vertoonde, na een afname in 2005 en een zeker herstel in 2006, opnieuw een daling. De bedekking van brandnetel vertoont daarentegen sinds de inundaties een gestage afname. Het totale soortenaantal nam na een duidelijke afname in 2005 opnieuw toe tot de zeer gemiddelde waarde van 20 (net als in de overige geïnundeerde essenproefvlakken). Merkwaardig is wel dat de brede wespenorchis - na een opvallende opleving direct na de inundaties - in 2007 niet meer werd teruggevonden. Dit is waarschijnlijk te wijten aan slakkenvraat.

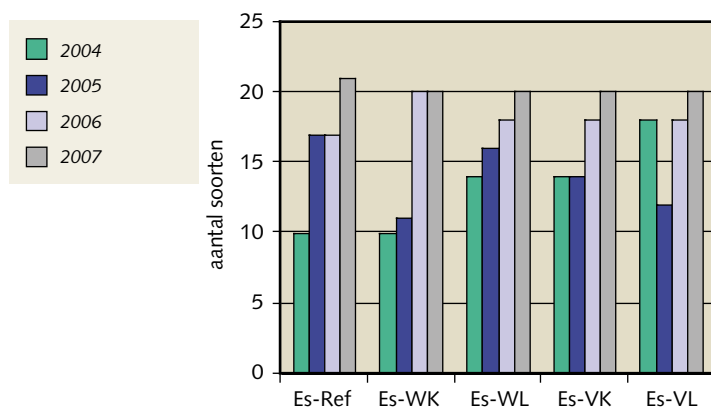
#### Ontwikkelingen onder eik (Eik-VL)

Het totale soortenaantal was in 2004 vrij laag, viel na inundatie terug tot een laagterecord voor de eikenproefvlakken (4 soorten) en neemt sindsdien gestaag toe (in 2007 12 soorten, dat wil zeggen 50% meer dan in de uitgangssituatie).

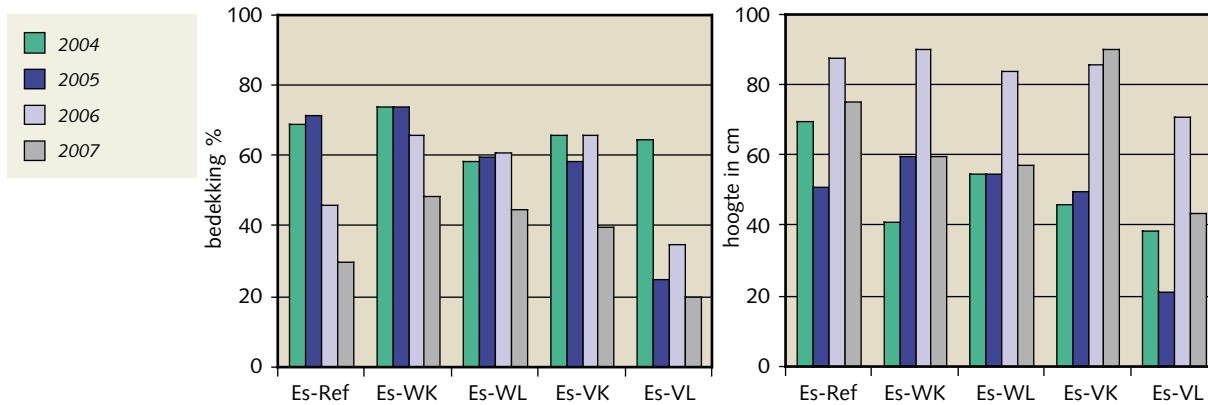
In 2005 nemen hoogte en bedekking van de kruidlaag, alsmede het soortenaantal af. De brede wespenorchis verdwijnt. De moslaag blijft zeer slecht ontwikkeld.

Het eikenproefvlak met lange voorjaarsinundatie laat in 2006 een vergelijkbare ontwikkeling zien als het essenproefvlak. Hier heeft het totale soortenaantal het - op zich al vrij lage - niveau van 2004 nog niet bereikt, terwijl de overige eikenproefvlakken (incl. de referentie) een toename van de soortendiversiteit ten opzichte van de uitgangssituatie te zien geven. Hetzelfde geldt voor het aandeel van de grote brandnetel.

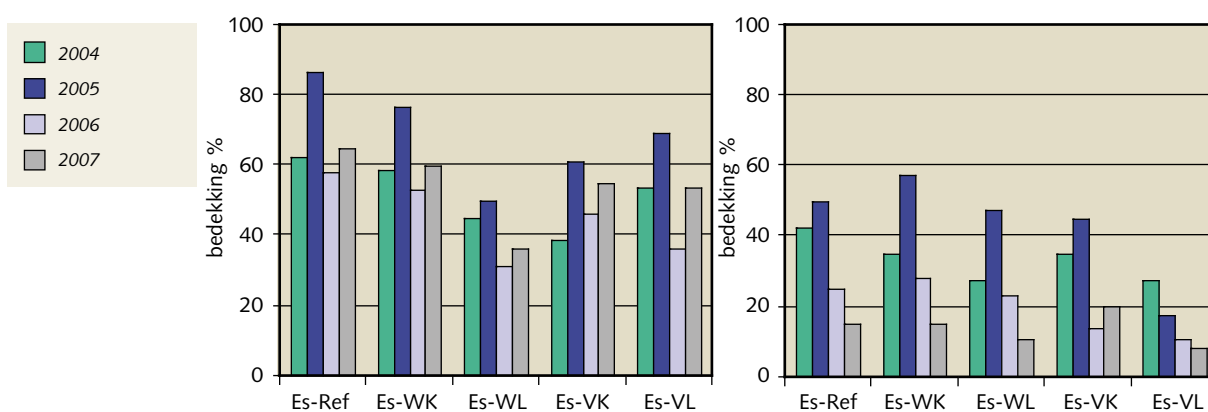
In 2007 is een zeker herstel waarneembaar. Ook de gemiddelde hoogte van de vegetatie nam na de inundaties af; sinds 2005 treedt een geleidelijke toename op (in 2007 50% hoger dan in 2004). Opvallend is echter dat de grote brandnetel - die nooit erg talrijk was in dit proefvlak - na een afname in 2005 nog geen herstel vertoont. De belangrijkste recente veranderingen in de kruidlaag komen ook hier voor rekening van opgroeiende zaailingen van de gewone es.



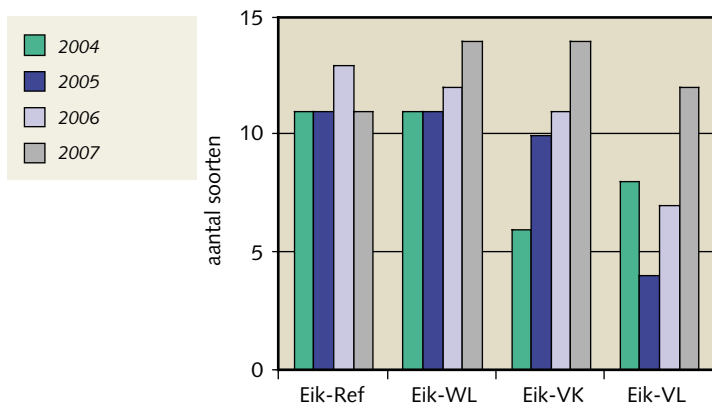
Figuur 52 Essenwak: totaal soortenaantal.



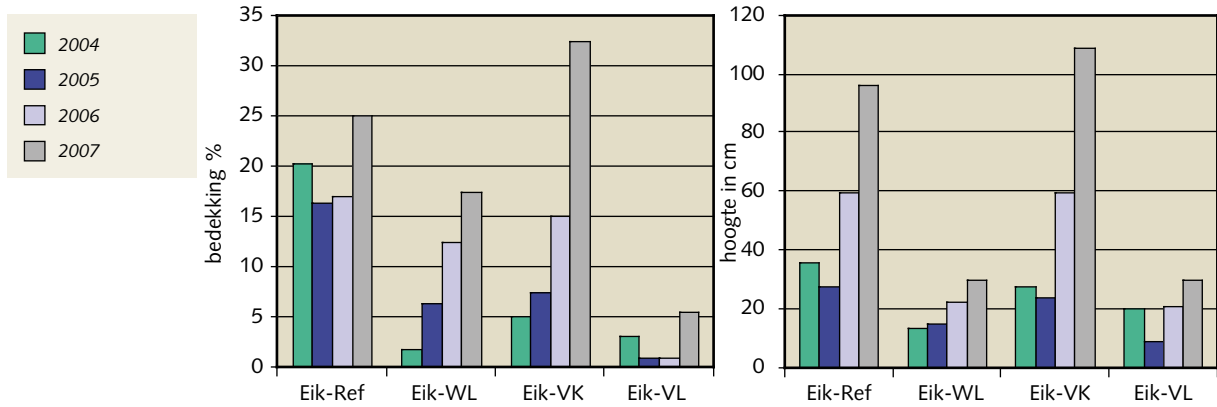
Figuur 53 Essenvak: gemiddelde bedekking kruidlaag % (links) en hoogte in cm (rechts).



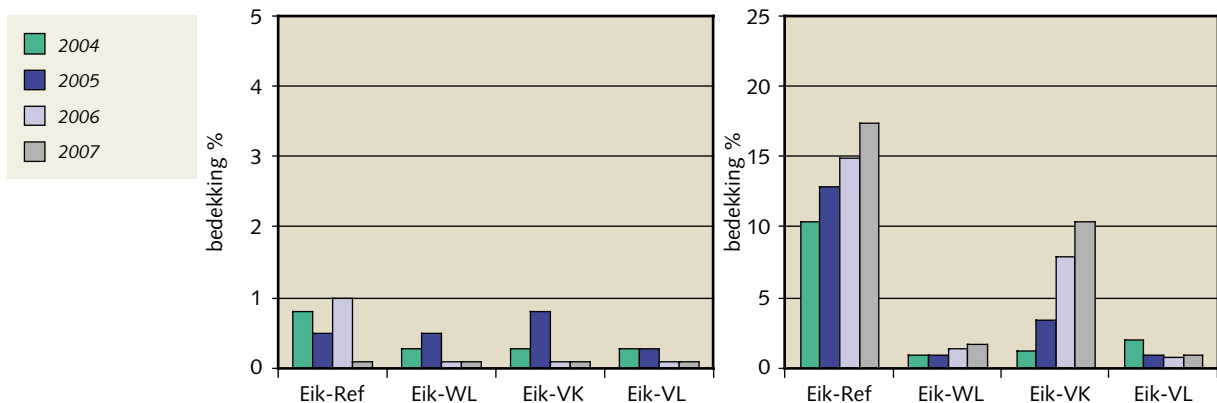
Figuur 54 Essenvak: gemiddelde bedekking (in %) moslaag (links) en brandnetel (rechts).



Figuur 55 Eikenvak: totaal soortenaantal.



Figuur 56 Eikenvak: gemiddelde bedekking kruidlaag % (links) en hoogte in cm (rechts).



Figuur 57 Eikenvak: gemiddelde bedekking moslaag (links) en brandnetel (rechts).

#### 4.3.3 Samenvatting vegetatieontwikkeling

Er zijn grote verschillen in vegetatieontwikkeling en reactie op de inundaties tussen het essenperceel enerzijds en het eikenperceel anderzijds. Er zijn echter andere, externe factoren die deze ontwikkelingen gestuurd hebben. De belangrijkste zijn:

- uitrastering van de proefvlakken, resulterend in toename van het soortenaantal (o.a. meer boom- en struiksoorten in de verjonging; duidelijkste effecten onder es; opgroeien van laag van essenzaailingen als volgende bosgeneratie onder eik);
- van jaar tot jaar fluctuaties in temperatuur en neerslag; vooral het jaar 2007 was uitzonderlijk: 6 weken droogte in het voorjaar gevolgd door een zeer natte zomer, o.a. resulterend in verdere achteruitgang van de Grote brandnetel onder es (met uitzondering van VK).

Ook waren er verschillen in de uitgangssituatie. Het referentieproefvlak onder eik week door verhoogd lichtaanbod in 2004 iets af van de overige proefvlakken in dit perceel (o.a. hogere bedekking kruidlaag en meer brandnetels; de overige proefvlakken waren opvallend 'leeg'). Rekening houdend met deze factoren kan er toch een aantal conclusies worden getrokken ten aanzien van inundatie-effecten.

De waargenomen veranderingen in soortenaantal en vegetiesstructuur na lange inundatie in het voorjaar waren onmiskenbaar voor een belangrijk deel te wijten aan de inundatie:

- De effecten van lange inundatie in het voorjaar waren zowel onder es als onder eik veel sterker dan na de WK-, WL- en VK-inundaties (afname soortenaantal, bedekking kruidlaag, hoogte kruidlaag en aandeel brandnetels).
- In het proefvlak Es-VL is in 2007 nog geen volledig herstel opgetreden. De situatie in 2007 is sterk beïnvloed door externe factoren maar het lijkt duidelijk dat ook de invloed van de inundatie voortduurt.
- Ook de vegetatie van het proefvlak Eik-VL wijkt in 2007 nog sterk af van de uitgangssituatie (2004). Wij nemen echter aan dat de situatie in 2007 grotendeels wordt bepaald door externe factoren. De invloed van de inundatie is niet meer waarneembaar.

De effecten van de WK-, WL- en VK-inundaties waren beperkt en na 2 (WK en WL) tot 3 (VK) jaar niet meer goed waarneembaar, dat wil zeggen ondergeschikt aan de effecten van externe factoren (het meest duidelijk onder es).

Het belangrijkste effect van de WK-, WL- en VK-inundaties onder es was een tijdelijke toename van de brandnetelbedekking (in 2005) gevolgd door een achteruitgang tot onder het niveau van de uitgangssituatie in 2006. Het is niet bekend in hoeverre er al in 2006 externe factoren een rol speelden bij deze achteruitgang.

Onder eik verschillen de effecten van de WL- en VK-inundaties enigszins (er is hier geen WK-proefvlak): in beide gevallen is sprake van een gestage toename van de bedekking en hoogte van de kruidlaag; er is daarin echter niet zoveel verschil met de ontwikkelingen in het referentievlak (na 2005). Na WL blijft het aandeel brandnetels echter laag (anders dan in VK en Ref) en in VK is de toename van hoogte en bedekking van de kruidlaag veel sterker dan in WL (vnl. dankzij de verjonging van es). In het algemeen lijken de ontwikkelingen in WL en VK slechts zeer ten dele het gevolg te zijn van de inundaties.

De lange termijn-effecten onder eik in het Harderbos zijn overigens sterk afhankelijk van het beheer: zonder actief bosbeheer is te verwachten dat het eikenbos binnen enkele decennia zal veranderen in een gemengd essenbos.

Ten aanzien van de soortensamenstelling in de proefpercelen kan nog worden opgemerkt dat de brede wespenorchis de enige echte bossoort is. Deze trad in het jaar na de inundaties relatief sterk op de voorgrond - met name in de eikenproefvlakken - en nam daarna gemiddeld weer iets af. De fluctuaties worden echter sterk bepaald door externe factoren (slakkenvraat).

#### **4.3.4 Vitaliteit en groei bomen**

##### ***Vitaliteit bomen***

In bijlage C.7 zijn de resultaten voor de onderzoeksjaren 2005 en 2006 beschreven. In 2007 werd geen vitaliteitsbepaling aan de hand van kenmerken van de boomkruinen verricht (wel jaarringonderzoek; zie hieronder).

Er zijn in 2005 en 2006 geen afwijkingen ten opzichte van de referentievlakken geconstateerd. Alle proefvlakken maken een zeer vitale indruk. Altijd is minder dan 1% van de twijgen dood, er is geen bladverlies en er is (vrijwel) geen bladverkleuring. Meestal zijn er geheel geen dode twijgen te zien in de klasse <1%. Wel zijn in een aantal gevallen oranjegele uitlopers gevonden bij met name eik, maar soms ook bij zomerlinde of es. De scheuten zijn niet dood (beoordeeld vanaf de grond) en lijken eerder op een 'St. Janslot' (= late uitloper, ook wel waterscheut of waterlot genaamd). Deze effecten zijn zeer minimaal, vergeleken met de grote hoeveelheid vitale twijgen en blad.

In 2005 zijn in het eikenperceel enige recent afgevallen bladeren te vinden op de strooisellaag. Dit is niet te herkennen in de kronen van de bomen. Deze afgevallen bladeren zijn niet gekwantificeerd, maar kwamen in alle behandelingen voor, inclusief de referentie. Onder es waren afgevallen bladeren niet nauwkeurig te kwantificeren door de ondergroei. Juist in vakken met veel hoge brandnetel was deze opname vrijwel onmogelijk, waardoor systematische fouten

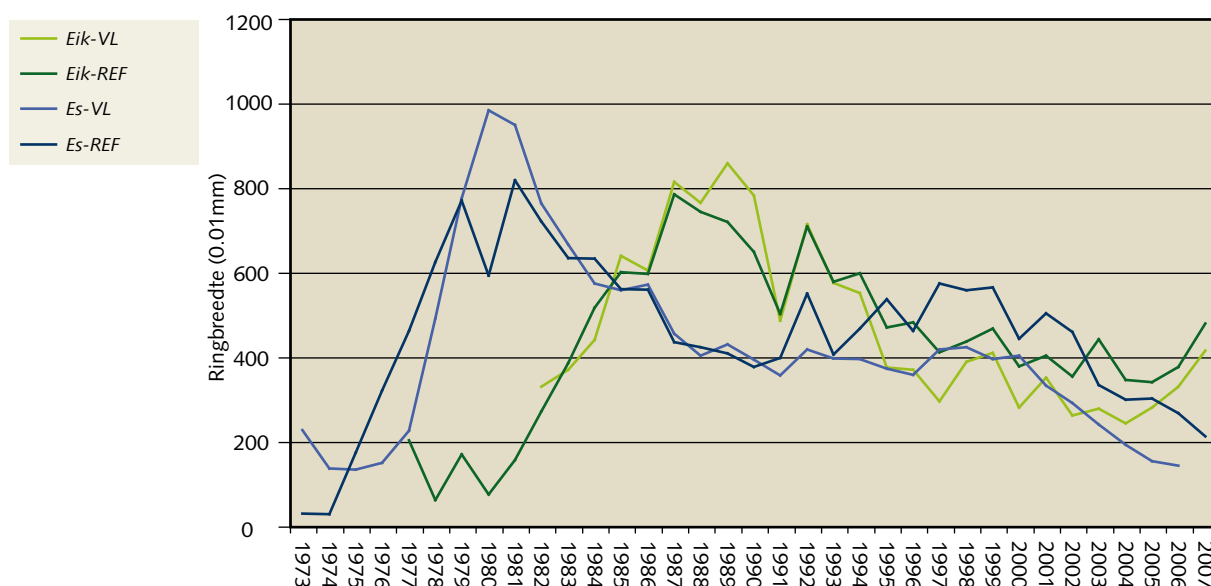


zouden kunnen ontstaan. In 2006 zijn deze afgevallen bladeren niet opgevallen. In 2006 hebben een aantal essen vrij veel zaadvorming in de kroon. Dit is niet verschillend per behandeling. Soms is vrij gelig St.Janslot te zien (net uitgelopen, in alle behandelingen). In de boomtoppen zijn enige bladeren enigszins gekruld, mogelijk door luizenschade of lichte droogte-effecten. Ook hierin waren geen verschillen per behandeling te zien. De scheutlengte, dus de groei tussen 2005 en 2006, was zowel bij eik als bij es niet goed vast te stellen door de dichte kronen (slechts incidenteel kon een gehele scheut bekeken worden). Daarom kon er geen effect van de behandeling vastgesteld worden. Gezien de goede toestand van de bomen overall is een verschil tussen de behandelingen hierin ook niet te verwachten.

In 2006 is de situatie even goed als in 2005. Ondanks het hete weer in 2005 en de droge maand juni in 2006 zijn, zowel in 2005 als in 2006, geen tekenen van verdroging in de boomtoppen waargenomen. Voor alle compartimenten geldt dat de vitaliteitskenmerken en de waterindicator geen schade uitwijzen. Geconcludeerd mag worden dat de inundatie geen effect heeft gehad op de vitaliteit van de bomen. De schade aan de wortels is dus nihil, of zo klein dat dit voor de bovengrondse delen niet relevant is.

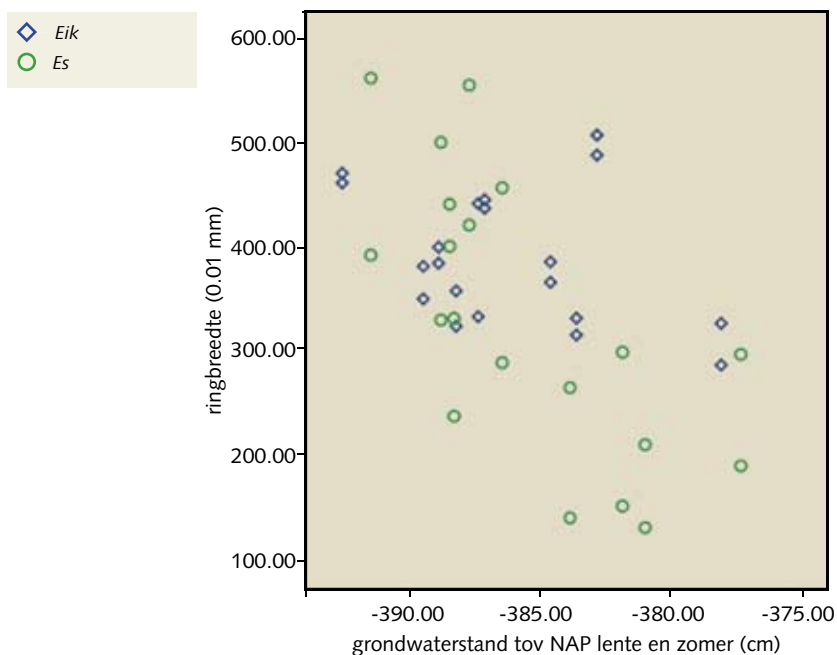
### Jaarringonderzoek

Het jaarringpatroon van eik en es vertoont een karakteristiek verloop met een snelle jeugdgroei gevolgd door een geleidelijke afname van de jaarlijkse radiale groei (Figuur 58). Opvallend is dat de essen in het VL-compartiment aanvankelijk even brede jaarringen hadden als de essen in het referentiecompartiment (Es-Ref), maar dat vanaf ca. 1994 de groei van de essen in Es-VL structureel lager ligt dan in Es-Ref (Figuur 58). De jaarringbreedtes van respectievelijk Eik-VL en Es-VL zijn niet significant verschillend van Eik-Ref en Es-Ref in het jaar van overstroming (2005) of de jaren erna.



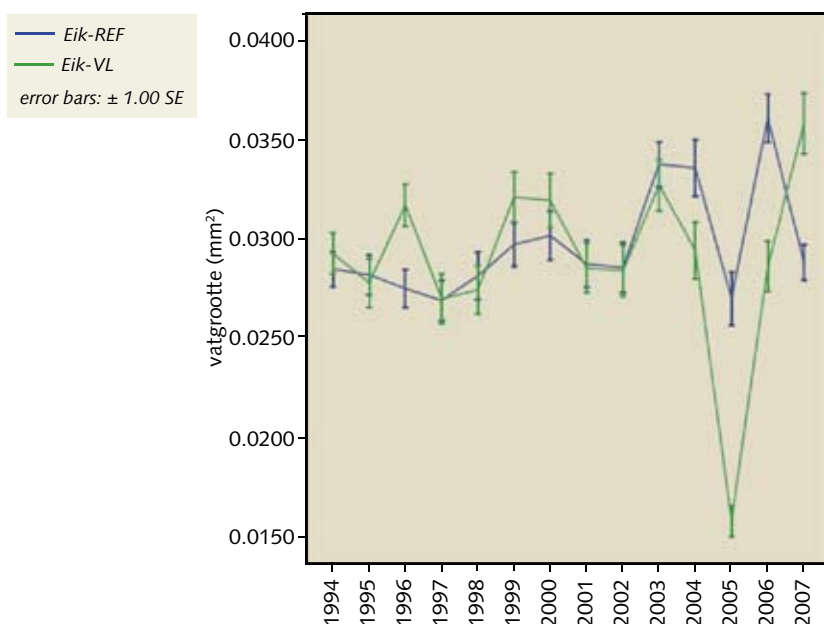
Figuur 58 Gemiddelde ringbreedte van eik en es over de gehele leeftijd van de bomen voor de referentiecompartimenten en de compartimenten Eik- VL en Es-VL.

De jaarringbreedte van eik en es is negatief gecorreleerd met de grondwaterstand in de lente en zomer (Figuur 59). Dit betekent dat de bomen gemiddeld minder hard groeien bij een verhoogde grondwaterstand tijdens het groeiseizoen. Voor es is deze relatie sterker dan voor eik, wat erop wijst dat es sterker reageert op veranderingen in de grondwaterstand. De bomen zouden waterstress kunnen ervaren als het grondwater erg hoog staat.



Figuur 59 Relatie tussen de gemiddelde ringbreedte van eik en es en de gemiddelde grondwaterstand in de lente en zomer in de periode 1998-2007.

De vroeghoutvaten van eik waren in 2005, het inundatiejaar, in het compartiment Eik-VL significant kleiner dan in de andere jaren en in het referentiecompartiment (figuur 14 en 60). In de jaren na de inundatie is er geen effect meer te zien in de grootte van de vroeghoutvaten. Het feit dat kleine vaten wel bij eik maar niet of nauwelijks bij es optreden kan op dit moment niet worden verklaard. Het zou te maken kunnen hebben met het tijdstip van aanleg van de vaten, dat bij es, zoals de bladvorming, mogelijk iets later plaatsvindt dan bij eik.



Figuur 60 Gemiddelde grootte van de vroeghoutvaten van eik voor de compartimenten Eik-Ref en Eik-VL.

Het is aannemelijk dat de vorming van kleine vaten aan de stambasis van de geïnundeerde eiken een direct effect is van de inundatie op de activiteit van het cambium, het weefsel waaruit de vaten worden gevormd. De vroeghoutvaten worden bij ringporige soorten, zoals eik en es, gevormd in de periode voordat de bladeren uitkomen. Dat komt overeen met de tijd van inundatie in het compartiment VL, in april. Zuurstoffekort aan de daadwerkelijk onder water staande stamdelen en wortels - mogelijk in combinatie met aanmaak van stresshormonen (ethyleen) - kan hebben geleid tot de vorming van kleine vaten.

Het is niet bekend of inundaties in de zomer andere effecten op bomen zou sorteren. Onderzoek aan eiken uit een rivierbegeleidend eiken-essen bos in Zuid-Duitsland suggereert dat effecten dan mogelijk sterker zouden zijn. Dit bos stond 's zomers langdurig (100 dagen) tot 1,80 m stamhoogte onder water. Hier was eveneens een duidelijk direct effect te zien op de houtanatomie van eik. In de stamgedeeltes die daadwerkelijk onder water stonden is in de jaarring van het jaar van overstroming een tweede rij vroeghoutvaten in het laathout gevormd (ongepubliceerde onderzoeksresultaten). In hoeverre door de overstroming de vitaliteit van de eiken en essen op deze standplaats is beïnvloed is nog niet duidelijk. Wel heeft de boswachter in de zomer van het jaar van overstroming vitaliteitsproblemen bij veel eiken en vooral essen geconstateerd en deze als droogteschade beschreven.

Het effect van kleinere vaten op de vitaliteit van de boom is moeilijk in te schatten. De grootte van de vroeghoutvaten is bepalend voor de capaciteit van watertransport en transpiratie van de boom tijdens het groeiseizoen. Bij ringporige soorten wordt water voornamelijk in de buitenste jaarring getransporteerd. De kleinere vaten in de jaarring 2005 hebben dus geleid tot een geringere watertransportcapaciteit in dat jaar. Dat kan negatieve gevolgen hebben voor de aanvoer van water naar de bladeren tijdens drogere periodes in de zomer met als gevolg het sluiten van de huidmondjes en het stoppen van de fotosynthese en daarmee de productie van bouwstoffen voor de groei van de boom. Er is echter geen aanwijzing voor een gereduceerde groei in 2005 en de jaren na de inundatie.

#### **4.3.5 Samenvatting vitaliteit en groei bomen**

Zowel in juni 2005 als in juni 2006, zijn er geen verschillen gevonden in de vitaliteit van de bomen in de verschillende proefvlakken. Zowel van eik als van es was de vitaliteit in alle behandelingen gelijk aan de vitaliteit in de referentievlakken zonder inundatie.

In enige proefvlakken waren er in 2005 enige scheuten aanwezig met oranjegele verkleuring, waarschijnlijk St. Janslot (late uitlopers). In 2005 trad dit (zeer marginale) effect bij beide boomsoorten vooral op in de compartimenten met lange inundatie in het voorjaar. Het aantal afgestorven twijgen was zowel in 2005 als in 2006 nihil. Bij een grote transpiratievraag is er eerder vitaliteitsachteruitgang te verwachten als er wortels zouden zijn beschadigd. Zowel in 2005 als in 2006 was sprake van een grote transpiratievraag, waardoor wortelbeschadigingen snel zouden opvallen. Deze droogteschade-effecten zijn niet opgetreden.

Uit het jaarringenonderzoek blijkt dat de lange periode van inundatie in het voorjaar geen aantoonbaar effect heeft gehad op de radiale groei van eik en es. Uit nadere analyse kwam wel naar voren dat eik in het overstroomde compartiment (Eik-VL) duidelijk kleinere vroeghoutvaten heeft gevormd in 2005, het jaar van inundatie. In de jaren na de overstroming keert dit effect niet meer terug en zijn de bomen dus hersteld. Ook is er geen aanwijzing voor een gereduceerde groei in 2005 en de jaren na de inundatie als mogelijk gevolg van kleinere vroeghoutvaten. Aangezien bij ringporige boomsoorten zoals eik en es een jaarring slechts 1 jaar wordt gebruikt voor watertransport hebben de kleinere vaten geen voortdurend effect op de groei. Doordat de proefopzet niet gerepliceerd is kan het inundatie-effect op jaarringbreedte en vatgrootte niet nader worden geanalyseerd.

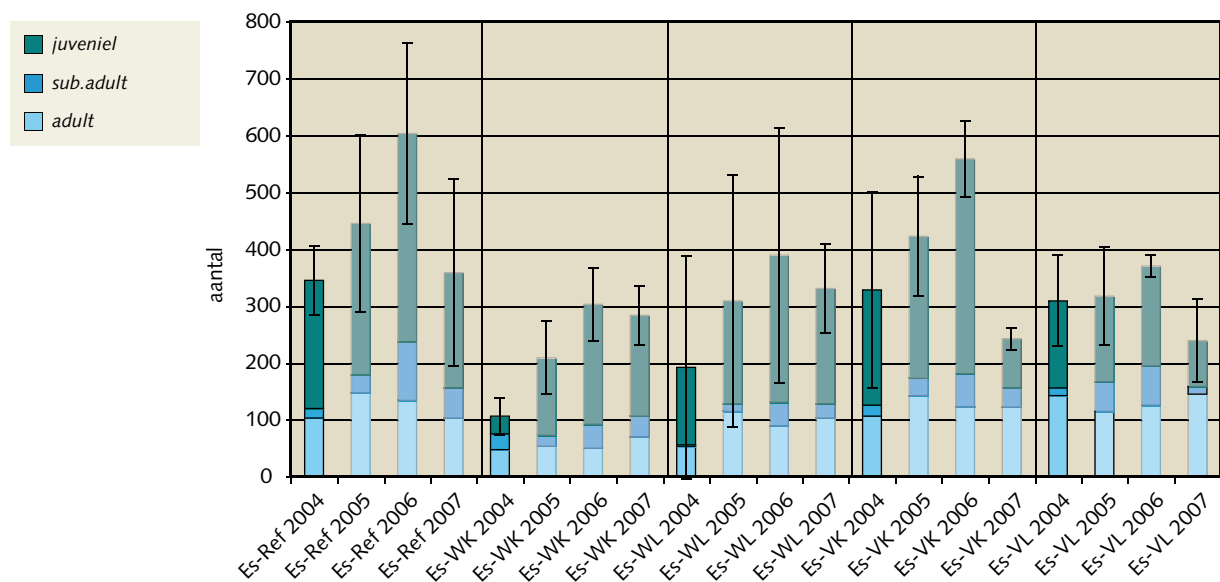
## 4.4 Fauna

### 4.4.1 Bodemfauna (regenwormen)

#### Aantallen essenvak

In het referentiecompartiment van het essenvak werden in 2004 gemiddeld 344 wormen/m<sup>2</sup> aangetroffen (alle soorten samen). In de jaren erna was dit gemiddeld 444 (2005), 603 (2006) en 358 (2007) wormen per m<sup>2</sup>. De ontwikkelingen in de inundatiecompartimenten verliepen gelijk aan die van het referentiecompartiment: een toename van 2004-2005-2006 en een afname in 2007 (figuur 61). In geen van de meetjaren zijn significante verschillen gevonden tussen de vijf compartimenten, zowel wat betreft het totaal aantal wormen als per levensstadium apart. Toch lijkt er een effect te zijn na lange inundatie in het voorjaar. Dit mogelijke inundatie-effect herstelt zich echter weer in twee jaar. Het is hiermee duidelijk dat een (eenmalige) inundatie van maximaal 3 weken in winter of voorjaar geen onomkeerbare effecten heeft op de wormendichtheid in het essenvak.

Hieronder worden de ontwikkelingen in dichtheden per meetjaar beschreven.



Figuur 61 Gemiddeld aantal wormen per m<sup>2</sup> (met standaard deviatie over het totaal aantal wormen per m<sup>2</sup>) in de compartimenten van het essenvak vóór inundatie in 2004 (donker gekleurd) en ná inundatie in 2005, 2006 en 2007 (licht gekleurd). Binnen de kolommen is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levensstadia (onderste deel: adult, middelste deel: subadult en bovenste deel: juveniel).

#### 2004

Hoewel verschillen niet significant waren, bevat het Winter-Kort compartiment wel duidelijk minder wormen dan de andere compartimenten, wat vooral veroorzaakt wordt door een lager aantal adulten. Het gemiddeld aantal wormen (vijf compartimenten) is 256 wormen/m<sup>2</sup>, wat redelijk hoog te noemen is. Peterson & Luxton (1982) vonden een gemiddelde dichtheid van regenwormen tussen 100 en 200 per m<sup>2</sup> in gematigde loofbossen.

#### 2005

In alle compartimenten nam de dichtheid van wormen toe. Deze toename was het laagst in het Voorjaar-Lang compartiment (+3%). Hoewel dit verschil niet significant was kan dit een gevolg zijn van de inundatie in april 2005. Als er inderdaad effecten van inundatie zijn, dan zullen deze waarschijnlijk in dit compartiment het grootst zijn omdat in april de wormengemeenschap zich herstelt van de winter (groei en ontwikkeling van regenwormen komt op gang, cocons komen uit, adulte en sub-adulte wormen komen uit diapauze).

2006

In 2006 neemt de dichtheid van de regenwormen in alle compartimenten toe, vooral veroorzaakt door een toename van het aantal juvenielen en sub-adulten en niet door toename van het aantal adulten. Het VL-compartiment vertoont (evenals in 2005) een iets afwijkend beeld met een veel geringere toename van het aantal wormen ten opzichte van de andere compartimenten.

2007

In 2007 wordt (voor het eerst in de onderzoeksperiode) een afname van de wormendichtheid waargenomen in alle compartimenten van het essenvak. De aanvankelijk aanwezige verschillen in wormendichtheid tussen de compartimenten (2004) lijken in 2007 enigszins genivelleerd te zijn. Het tot 2006 enigszins afwijkende VL-compartiment lijkt zich te voegen naar de andere compartimenten, hoewel dit door de afname van de dichtheid in 2007 lastig te bepalen is. De algemene afname in 2007 zou veroorzaakt kunnen zijn door de droogteperiode in april 2007 (0 mm neerslag en hoge temperaturen), die precies plaatsvond op het moment dat de regenwormen zich herstellen van winterrust. Overigens is deze afname niet dramatisch, de aantallen wormen bevinden zich weer op ongeveer hetzelfde niveau als bij de start van de metingen in 2004 en zijn nog steeds hoog te noemen. Dat de aantallen zo hoog zijn kan worden veroorzaakt door de zeer rijke bodem in het Harderbos (klei).

### **Aantallen eikenvak**

Het gemiddeld aantal wormen van alle compartimenten is 237 wormen/m<sup>2</sup>, wat redelijk hoog te noemen is. De dichtheid van regenwormen is in eikenbossen over het algemeen wat lager dan in essenbossen, omdat het bladmateriaal minder goed verteerbaar is (strooiselkwaliteit). Anders dan in het essenvak is in Eik-ref geen eenduidige toe- of afname van het aantal wormen te zien binnen de meetperiode.

In het referentievak van het eikenvak werden in 2004 gemiddeld 242 wormen aangetroffen (alle soorten samen). In de jaren erna was dit gemiddeld 469 (2005), 356 (2006) en 383 (2007) wormen per m<sup>2</sup>. Zowel in de referentie als in de inundatiecompartimenten vertoont de populatie een redelijk gelijkmatig verloop. In geen van de meetjaren zijn significante verschillen gevonden tussen de vijf compartimenten, zowel wat betreft het totaal aantal wormen als per levensstadium apart. Toch zijn de aantalsontwikkelingen in en tussen de compartimenten variabel. Deze kunnen niet (duidelijk) worden teruggeleid tot het inundatieregime. Mogelijke effecten waren in ieder geval kortstondig (hooguit één jaar). Het is hiermee duidelijk dat de inundaties geen onomkeerbare effecten hadden op de wormendichtheid in het eikenvak.

Hieronder worden de ontwikkelingen in dichtheden per meetjaar (vanaf inundatie) beschreven.

2005

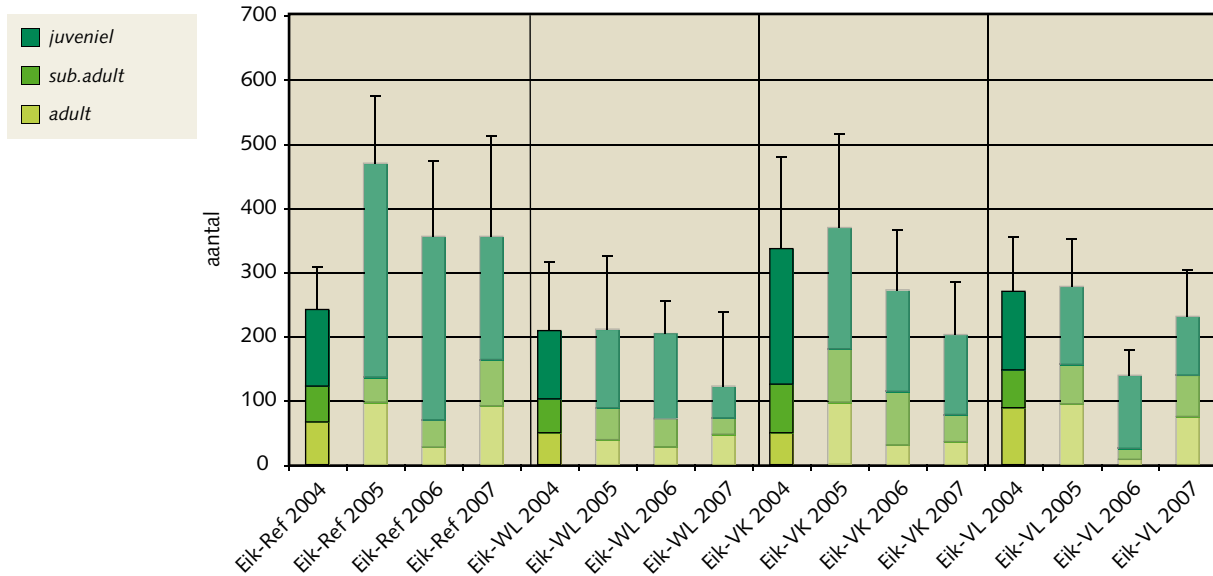
In 2005 nam alleen in het referentiecompartiment het aantal wormen duidelijk toe. Dit lijkt een effect van inundatie (langzaam herstel).

2006

De wormendichtheid neemt in 2006 in alle compartimenten af (hoewel zeer gering in het VL-compartiment). Dit is vooral te wijten aan een afname van het aantal adulten binnen de populatie. In het VL-compartiment is ook een afname van sub-adulten waarneembaar. De gevonden afnames zijn waarschijnlijk geen gevolg (meer) van inundatie (want ook in de referentie nemen aantallen af), maar van een andere externe factor.

2007

De ontwikkeling van de wormendichtheid in het eikenvak laat in 2007 een wisselend beeld zien. Er treedt geen duidelijke afname van de dichtheid op (zoals die optreedt in het essenvak). Aantallen nemen in de WL- en VK-compartimenten wel af, maar in het VL-compartiment is zelfs sprake van een toename. De droge periode in april (0 mm regen en hoge temperaturen) heeft blijkbaar een kleiner effect op de wormen in het eikenvak dan in het essenvak. Er zijn drie factoren die hiervoor een verklaring kunnen bieden. Ten eerste ligt het essenvak aan de rand van



Figuur 62 Gemiddeld aantal wormen per m<sup>2</sup> (± standaarddeviatie over het totaal aantal wormen), in de compartimenten van het eikenvak vóór inundatie in 2004 (donker gekleurd) en ná inundatie in 2005, 2006 en 2007 (licht gekleurd). Binnen de kolommen is onderscheid gemaakt tussen de verschillende levensstadia (onderste deel: adult, middendeel: subadult en bovenste deel: juveniel).

het Harderbos terwijl het eikenvak in het bos ligt. Effecten van droogte en/of warmte zullen daardoor groter zijn in het essenvak. Ten tweede heeft zich in het eikenvak een (dunne) strooisellaag gevormd in 2006-2007. Deze strooisellaag vormt een beschermende laag over de bodem en vertraagt verdamping uit de bodem. Ten derde is er meer ondergroei in het essenvak. Door droogte zullen de planten uit de ondergroei meer water opnemen uit de bovenste bodemlaag, waardoor de verdamping en verdroging van de bodem nog versterkt wordt.

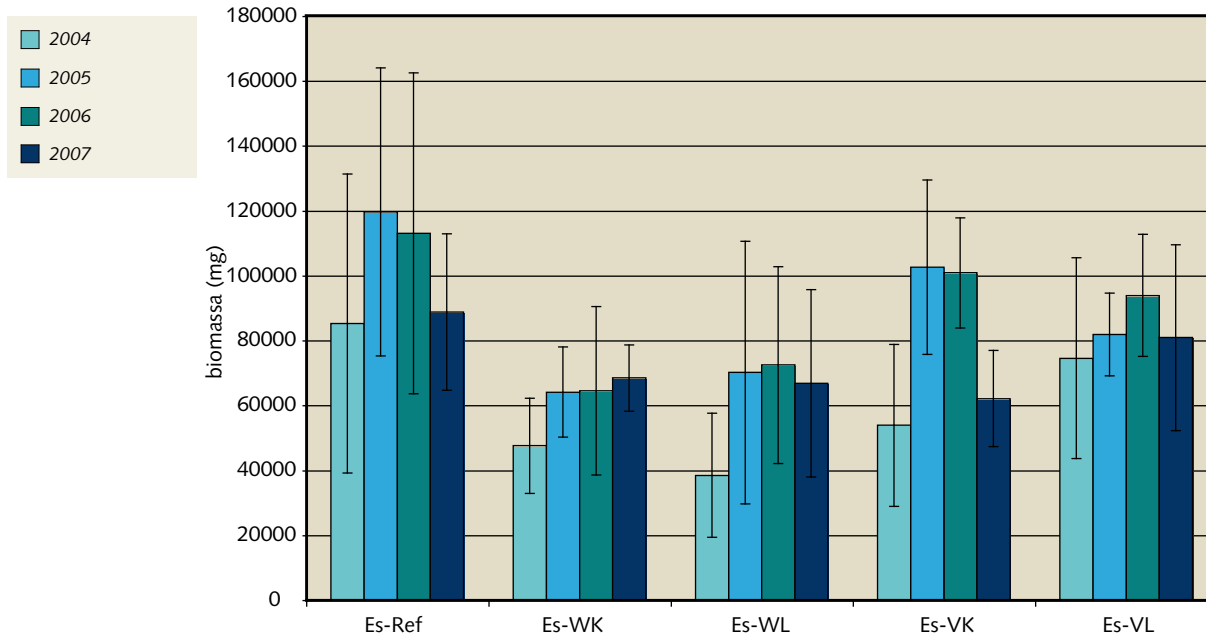
### **Biomassa essenvak**

In de referentie van het essenvak werd in 2004 gemiddeld een regenworm biomassa van ongeveer 85 gram per m<sup>2</sup> gevonden. Het verloop in de jaren daarna was ca. 120 gram/m<sup>2</sup> (2005), 110 gram/m<sup>2</sup> (2006) en 88 gram/m<sup>2</sup> (2007). Er was een duidelijke toename in het jaar van inundatie (in overeenstemming met de toename van de aantallen in 2005), geen verandering in 2006 (dit is niet in overeenstemming met opnieuw een toename van de aantallen wormen in 2006) en een duidelijke afname in 2007 tot het niveau van 2004. De biomassa van regenwormen is in dit referentiecompartiment gedurende de gehele onderzoeksperiode het hoogste van alle compartimenten.

De ontwikkeling in de inundatiecompartimenten verloopt vergelijkbaar met de referentie. In geen van de meetjaren zijn significante verschillen gevonden tussen de ontwikkeling van de biomassa van de regenwormen in het referentiecompartiment en de inundatiecompartimenten. Toch lijkt er een effect van inundatie te zijn na lange voorjaarsinundatie. Dit uit zich in een geringere toename van biomassa net na inundatie (2005) en herstel (onder adulten) in het daaropvolgende jaar. De inundaties hebben dus geen onomkeerbare effecten gehad op de wormen-biomassa in het essenvak.

Hierna worden de ontwikkelingen in biomassa per meetjaar beschreven.





Figuur 63 Gemiddelde biomassa van de wormen per m<sup>2</sup> (± standaarddeviatie), in de compartimenten van het essenvak vóór inundatie in 2004 en ná inundatie in 2005, 2006 en 2007.

#### 2004

De gemiddelde biomassa van het hele essenvak was bijna 60g/m<sup>2</sup> in 2004.

#### 2005

In alle compartimenten neemt de biomassa toe in 2005. Dit is in overeenstemming met de toename van de dichtheid van de wormen. De toename in het Voorjaar-Lang compartiment is het laagst van alle compartimenten. Dit zou een gevolg kunnen zijn van inundatie (hoewel niet significant).

#### 2006

Hoewel de dichtheid van de wormen in 2006 duidelijk toeneemt in alle compartimenten binnen het essenvak, is hiervan bij de biomassa geen sprake. De biomassa blijft bijna overal ongeveer gelijk, met uitzondering van het Es-VL compartiment. Hier neemt de biomassa duidelijk toe. De verklaring hiervoor kan worden gevonden in de populatieopbouw. In het Es-VL compartiment is er een toename van de dichtheid adulten waar te nemen die niet in de andere compartimenten optreedt. De adulte wormen maken, vanzelfsprekend, het grootste deel uit van de totale biomassa van de regenwormen. Dit duidt, binnen dit compartiment, op herstel na de slechts geringe toename van de biomassa in 2005, welke mogelijk was toe te schrijven aan de inundatie in het voorjaar van 2005 (niet significant).

#### 2007

In 2007 is sprake van een grillig verloop van de biomassa van de regenwormen bij vergelijking tussen de compartimenten. Opvallend is dat een grotere afname van de biomassa wordt waargenomen in de compartimenten met de hoogste biomassa in 2006. Het compartiment met de laagste biomassa (WK) laat een toename zien van de biomassa. De afname van de biomassa in Es-VL is relatief klein. De afname van de biomassa wordt vooral veroorzaakt door een grote afname van het aantal juvenielen over de hele linie. Dit verklaart ook waarom de afname van de biomassa relatief klein is ten opzichte van de afname van de dichtheid van de wormen. De verschillen tussen de compartimenten lijken zich in 2007 dus te nivelleren. Een mogelijk effect van de lange inundatie in het voorjaar op de biomassa is in 2007 dus niet meer waarneembaar.

### Biomassa eikenvak

De biomassa in het eikenvak is veel lager dan de biomassa van de wormen in het essenvak. Dit is een beeld dat men vaak ziet in bossen met minder goed verteerbaar strooisel zoals eik en beuk (en in het geval van het Harderbos ook met veel minder ondergroei).

In de referentie van het eikenvak werd in 2004 gemiddeld een regenworm biomassa van ongeveer 37 gram per m<sup>2</sup> gevonden. Het verloop in de jaren daarna was ca. 60 gram/m<sup>2</sup> (2005), 45 gram/m<sup>2</sup> (2006) en 65 gram/m<sup>2</sup> (2007). De biomassa van regenwormen is in dit referentiecompartiment gedurende de gehele onderzoeksperiode het hoogste van alle compartimenten. In het eikenvak lijkt een gevolg van inundatie (vooral lange inundatie) op de biomassa zichtbaar te zijn, hoewel geen significante verschillen kunnen worden aangetoond. Het lijkt er op dat de normale ontwikkeling van de regenwormpopulatie door inundatie van drie weken vertraagd wordt. Dit effect uit zich in het eerste jaar na inundatie (2006) doordat er op dat moment maar weinig juvenielen te vinden zijn. De wormen overleven de inundatie wel. Herstel treedt op in het tweede jaar na inundatie (2007).

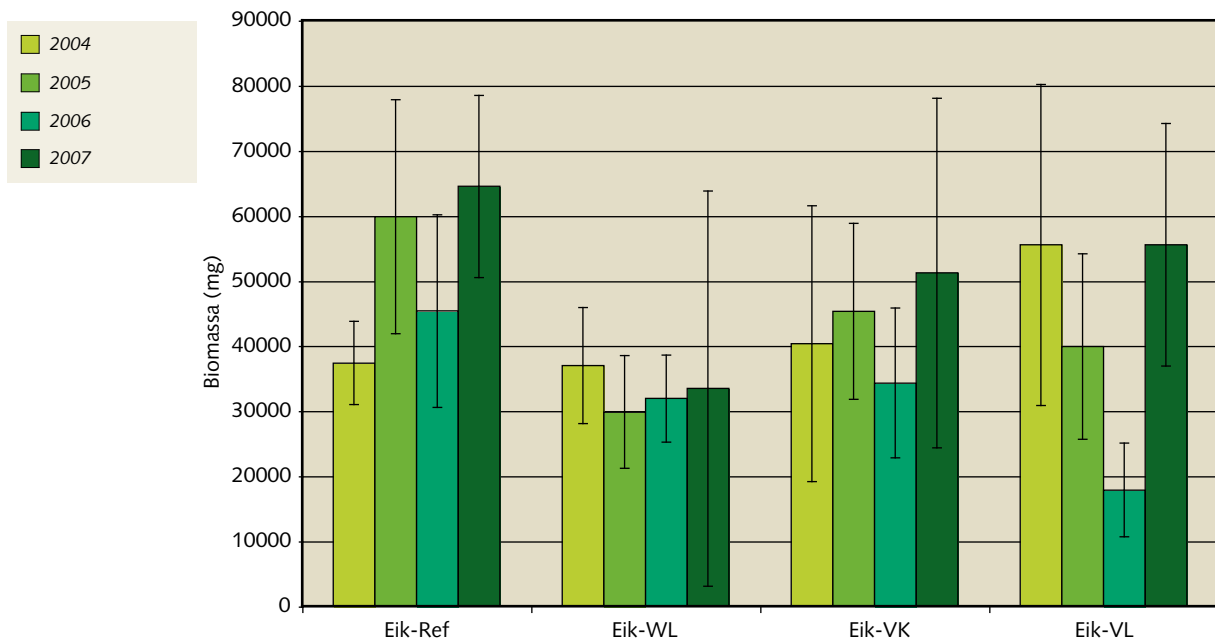
Hieronder worden de ontwikkelingen in biomassa per meetjaar beschreven.

#### 2004

De gemiddelde biomassa van het hele eikenvak in de uitgangssituatie was bijna 40g/m<sup>2</sup>. De hoogste biomassa van de regenwormen werd gevonden in Eik-VL (ongeveer 55g/m<sup>2</sup>).

#### 2005

Evenals de dichtheid van wormen, neemt de biomassa in het inundatiejaar 2005 alleen in het referentiecompartiment duidelijk toe. De verschillen met de inundatiecompartimenten zijn echter meer uitgesproken. Er wordt zelfs een afname van de biomassa waargenomen in de compartimenten die drie weken geïnundeerd zijn. Dit duidt op een gevolg van de (lange) inundatie (alhoewel niet significant).



Figuur 64 Gemiddelde biomassa van de wormen per m<sup>2</sup> ( $\pm$  standaarddeviatie), in de compartimenten van het eikenvak vóór inundatie in 2004 en ná inundatie in 2005 en 2006.

2006

In het referentiecompartiment neemt de biomassa in 2006 af, conform de afname van de dichtheid. Ook de inundatiecompartimenten vertonen wat betreft de biomassa gelijke tred met de dichtheid van de regenwormen. Dit wordt natuurlijk veroorzaakt doordat de afname van de dichtheid vooral veroorzaakt wordt door een afname van het aantal adulten binnen de wormengemeenschap. In Eik-VL is de afname van de biomassa het grootst (en is nu het laagste van alle compartimenten, tegenover de hoogste in de uitgangssituatie).

2007

In 2007 neemt de biomassa van wormen in alle compartimenten toe (weliswaar beperkt in Eik-WL). Het grootst is de toename in Eik-VL. De toename van de biomassa in de compartimenten Eik-WL en Eik-VK vindt plaats ondanks een afname van de dichtheid. In deze compartimenten worden echter meer adulten gevonden dan het jaar ervoor. Ook is in beide compartimenten de spreiding tussen de vier verschillende monsters zeer groot.

### Soorten regenwormen

Door de jaren heen treden verschuivingen op tussen soorten (natuurlijke variatie). Er worden veel soorten wormen gevonden in het Harderbos. Voor de overzichtelijkheid is gekozen om soorten op basis van familiekenmerken te groeperen. De volgende groepen worden onderscheiden (tabel 4).

In figuur 65 en 66 wordt voor respectievelijk es en eik het aandeel van elke groep per jaar gepresenteerd. De bijbehorende tabel (inclusief absolute aantallen) staat in bijlage D.1.

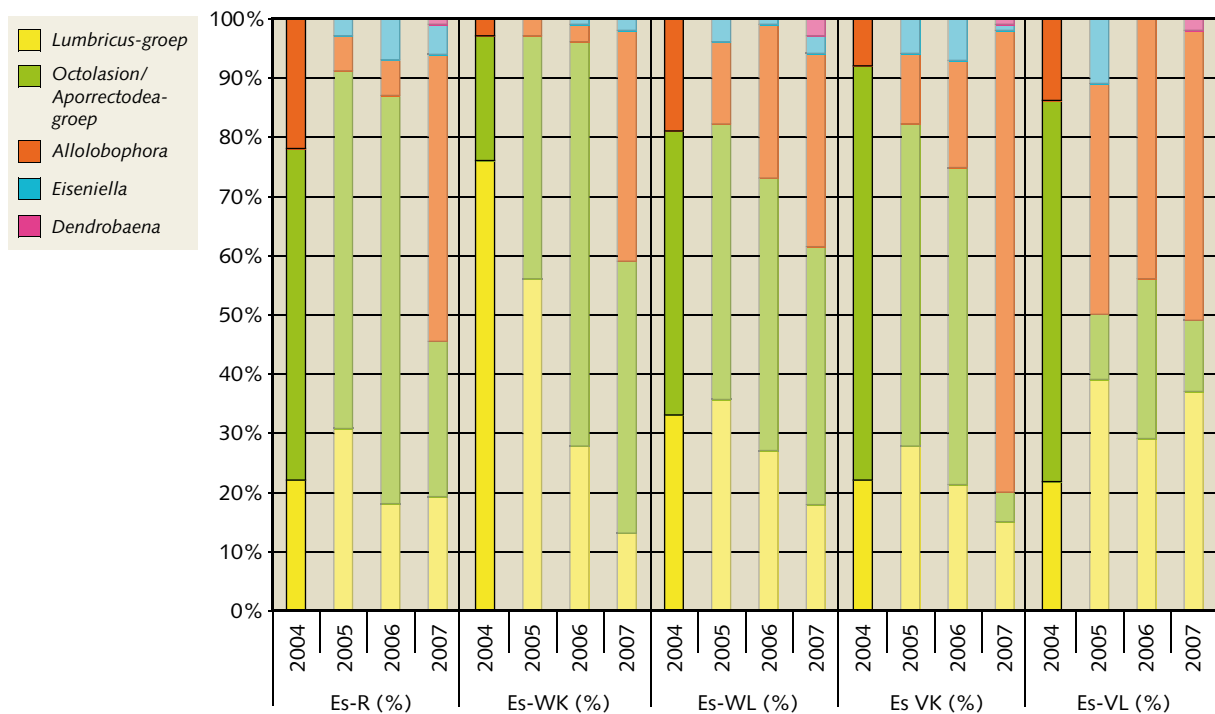
Tabel 4 Groepering van de wormensoorten *L. spec* = juveniele wormen van de *Lumbricus* familie die nog niet naar soort kunnen worden onderscheiden; *A. spec* = juveniele wormen van de familie *Aporrectodea* die nog niet naar soort kunnen worden onderscheiden; *A./O.-spec* = juveniele wormen van de families *Octolasion* of *Aporrectodea* die nog niet kunnen worden onderscheiden.

Groep	Soorten
<i>Lumbricus</i> -groep	<i>L. rubellus</i> , <i>L. castaneus</i> en <i>L. spec</i> .
<i>Octolasion/Aporrectodea</i> -groep	<i>O. tyrtaeum</i> , <i>A. rosea</i> , <i>A. caliginosa</i> , <i>A. spec</i> en <i>A./O. spec</i> .
<i>Allolobophora</i> -groep	<i>A. chlorotica</i> en <i>A. cupulifera</i>
<i>Eiseniella</i>	<i>E. tetraedra</i>
<i>Dendrobaena</i> -groep	<i>D. rubida</i> en <i>D. octaedra</i>

### Essenvak

In het referentiecompartiment is het aandeel van de *Octolasion/Aporrectodea*-groep gedurende de jaren 2004, 2005 en 2006 ongeveer gelijk gebleven (respectievelijk 56, 61 en 69%) (figuur 65). Daarmee was deze groep in het referentiecompartiment de dominante groep. In 2007 is het aandeel van deze groep plotseling teruggevallen tot 26% en heeft de *Allolobophora*-groep de dominante positie overgenomen. Gelijktijdig is de *Lumbricus*-groep ongeveer gelijk gebleven gedurende de gehele onderzoeksperiode.

In 2005, direct na inundatie, is de soort *Eiseniella tetraedra* voor het eerst waargenomen. Deze soort, die ook wel een aquatische regenworm wordt genoemd, is een zeer vochtminnende soort. Mogelijk zijn cocons van deze soort latent aanwezig in de bodem, om zich op het moment dat gunstige omstandigheden zich voordoen, tot ontwikkeling te komen. Het kan ook zijn dat *E. tetraedra* meegekomen is met het oppervlaktewater dat in de compartimenten is gepompt en dat deze zich nu in beide percelen gevestigd heeft. Anderzijds is het referentie compartiment - uiteraard - niet onder water gezet. Het aandeel van *E. tetraedra* blijft hoe dan ook klein en de verwachting is dat de soort weer zal verdwijnen. Doordat de soort slechts in zeer lage dichtheden voorkomt heeft haar aanwezigheid geen invloed op de berekeningen rond de soortensamenstelling.



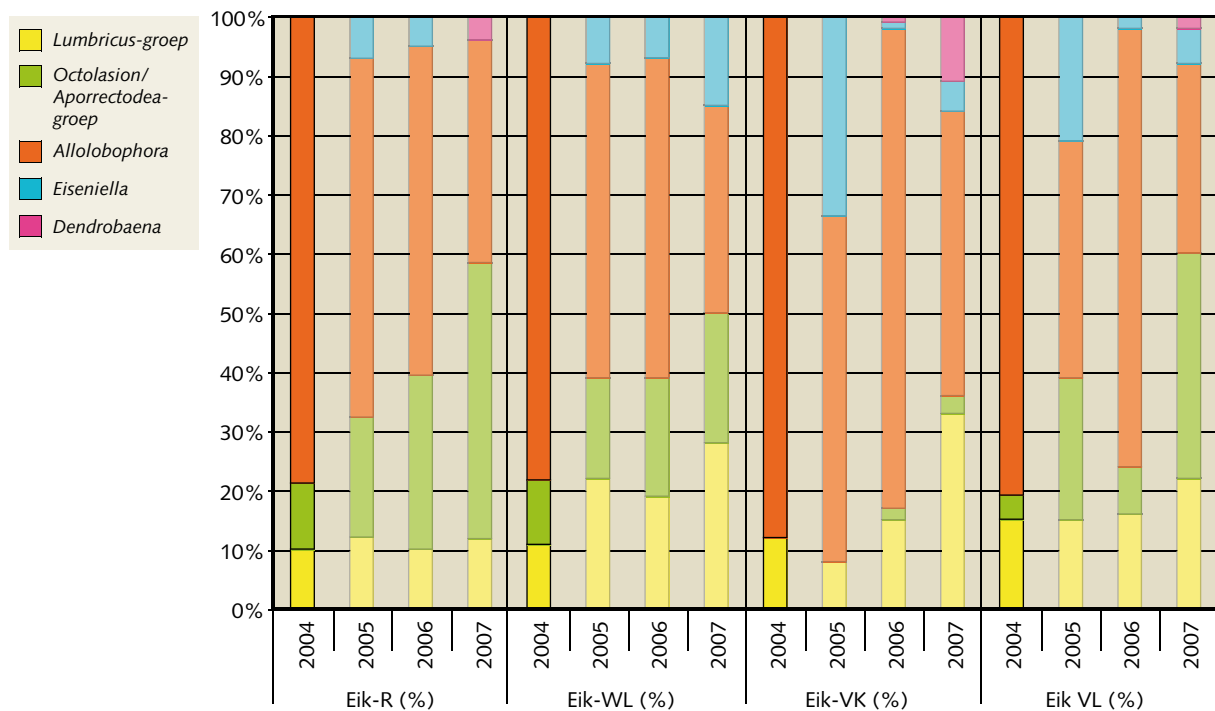
Figuur 65 Gemiddelde soortgroepsamenstelling essenvak per jaar.

In 2007 wordt voor het eerst *Dendrobaena* gevonden in het referentiecompartiment. Deze is er dan ook voor het eerst in drie van de andere compartimenten. Dat deze worm in 2005 niet gevonden is kan te maken hebben met de verstoring van de strooisellaag door de inundatie. Na inundatie was het strooisel onevenredig verdeeld over de bodem van de compartimenten. Doordat de soort slechts in zeer lage dichtheden voorkomt heeft haar aanwezigheid geen invloed op de berekeningen rond de soortensamenstelling.

Ook in de inundatiecompartimenten blijft de *Lumbricus*-groep gedurende de onderzoeksperiode ongeveer op gelijk niveau. Alleen in Es-WK loopt het aandeel *Lumbricus*-groep in de tijd steeds verder terug (van 76% naar 13%). De *Allolobophora*-groep vertoont in alle inundatie compartimenten een opmars, al verloopt het toenemen van deze groep niet in alle compartimenten op dezelfde manier. Opvallend is dat de vochtminnende soort *Allolobophora chlorotica* in het VL-compartiment het eerst duidelijk toenam net na inundatie (2005). Dit gaat 'ten koste' van de *Octolasion/Aporrectodea*-groep. Net als in de referentie verschijnen *E. tetraedra* en *Dendrobaena* voor het eerst in resp. 2005 en 2007. Het lijkt erop dat alleen het verschijnen van *E. tetraedra* toe te schrijven is aan de inundaties.

### Eikenvak

In het referentiecompartiment was de *Allolobophora*-groep in 2004 veruit de dominante groep (78%). Dit aandeel loopt in de jaren daarna geleidelijk terug (naar 38%). Het aandeel van de *Octolasion/Aporrectodea*-groep neemt gedurende de onderzoeksperiode langzaam toe (van 11% naar 47%). De *Lumbricus*-groep heeft een klein aandeel in de populatie en blijft gedurende het onderzoek gelijk. Ook in het eikenvak verschijnt de soort *Eiseniella tetraedra* in het jaar direct na de inundatie. Het aandeel van deze soort blijft klein (maximaal 7% in 2005) en hij is in 2007 weer verdwenen. De *Dendrobaena*-groep wordt in het referentiecompartiment voor het eerst in 2007 aangetroffen.



Figuur 66 Gemiddelde soortgroepensamenstelling eikenvak per jaar.

In de inundatiecompartimenten is eveneens het algemene beeld te zien dat de *Allolobophora*-groep haar dominante positie in de wormenpopulatie verliest, al is het beeld minder overtuigend dan in de referentie. Ook de relatieve toename van de *Octolasion/Aporrectodea*-groep, zoals in het referentiecompartiment, is in de inundatiecompartimenten minder duidelijk.

Anders dan in de referentie lijkt het aandeel van de *Lumbricus*-groep in alle inundatiecompartimenten langzaam toe te nemen.

In vergelijking met het referentiecompartiment is het aandeel van *Eiseniella tetraedra* in de inundatiecompartimenten groter. In Eik-VK wordt direct na inundatie zelfs een maximaal aandeel van 34% gehaald in 2005. In de inundatiecompartimenten is *Eiseniella* nog niet verdwenen in 2007, terwijl dit in het referentiecompartiment wel het geval is.

Eik-VK vertoont een afwijkend beeld ten opzichte van de andere compartimenten, inclusief het referentiecompartiment, omdat de *Octolasion/Aporrectodea*-groep in 2004 en in 2005 ontbreekt.

Er zijn dus twee verschillen tussen referentie en inundatiecompartimenten waargenomen, die mogelijk (deels) een gevolg zijn van de inundaties: een groter aandeel van *E. tetraedra* en een toename van het aandeel *Lumbricus*-groep in de inundatiecompartimenten.

### Soortspecifieke informatie

*Dendrobaena octaedra* is een regenworm die vrijwel alleen in bossen wordt gevonden, en leeft in de bovenste strooisellaag (Efroymsen *et al.*, 1997). Deze worm eet vooral strooisel dat slechts enigszins afgebroken is. De dichtheden van deze worm zijn zeer laag.

Opmerkelijk is dat *Eiseniella tetraedra* in staat is zich in de bodem van het Harderbos te handhaven. Dit wordt ook wel gevonden in andere studies (Zorn *et al.* 2004; Plum 2005). De afname van de dichtheden van deze soort in 2006 en 2007 laat wel zien dat de omstandigheden niet ideaal zijn voor deze soort.

*Allolobophora chlorotica* is een vochtminnende soort die in het algemeen weinig last heeft van inundatie (Zorn *et al.*, 2004). De verwachting was dan ook dat de dichtheid van deze soort weinig zou fluctueren.

*Aporrectodea caliginosa* is een soort waarvan aantallen in hoge mate kunnen fluctueren (vaak is onduidelijk als gevolg waarvan). In de literatuur worden zowel hoge als lage aantallen van deze soort gevonden in gebieden die regelmatig onder water staan, hoewel het hier met name gaat om uiterwaarden van rivieren (Ausden *et al.* 2001; Pizl, 1999).

*Lumbricus rubellus* is een soort die in uiterwaarden veel wordt gevonden, maar die zeer sterk afneemt na inundatie. Herstel is snel: bij inundatie in het voorjaar worden hoge dichtheden alweer in het najaar gevonden (Zorn, 2004). Opbouw van populaties begint vanuit eerder geproduceerde cocons. Deze soort is zeer mobiel, en zeer goed in staat om vluchtgedrag te vertonen en te herkoloniseren.

In bijlage D.1 is meer informatie uit de literatuur over de hier aangetroffen soorten opgenomen.

### Samenvatting en Discussie

Uit de resultaten blijkt duidelijk dat in de onderzochte percelen allerlei verschuivingen plaatsvinden in de wormengemeenschap. Deze verschuivingen hebben betrekking op dichtheden, populatieopbouw en biomassa. Geen van deze veranderingen is echter statistisch gezien afwijkend van de verschuivingen die in de referentie ook plaatsvinden. Het is daarom strikt genomen niet mogelijk deze verschuivingen in verband te brengen met de twee onderzochte variabelen: duur van inundatie (één of drie weken) en inundatieperiode (winter of voorjaar). Anderzijds kunnen de resultaten ook trendmatig worden beschouwd.

In het essenvak lijkt de wormenpopulatie een effect te ondervinden bij lange voorjaarsinundatie. Dichtheden en biomassa nemen in veel mindere mate toe dan in de overige compartimenten. Dit wordt vooral veroorzaakt door een afname van het aantal adulte wormen in dit compartiment. Bij de tweede bemonstering na inundatie (2006) neemt de dichtheid van de wormen weliswaar meer toe dan in 2005, maar weer in veel mindere mate dan de andere compartimenten. Tegelijkertijd neemt de biomassa in dit compartiment sterk toe, wat duidt op een groter aandeel adulte wormen, een gezonde basis voor herstel. Bij de laatste bemonstering (2007) lijkt de populatie hersteld.

In 2005 is de populatieopbouw duidelijk verstoord en vertraagd (minder adulten). In 2006 treedt een voorzichtig herstel op (toename van adulten en sub-adulten). In 2007 reageren de wormen in dit compartiment hetzelfde als de andere compartimenten (minder juvenielen en sub-adulten). In dit compartiment lijkt een vertraging op te treden die zich binnen 2 jaar na inundatie weer hersteld heeft.

Ook de soortensamenstelling ondergaat een dramatische verandering na inundatie die alleen in het VL- compartiment optreedt (grote afname van de *Octolasion/Aporrectodea*-groep; onduidelijk is of hier een relatie is tussen soortenkenmerken en inundatie). In 2005 gaat deze afname gepaard met een toename van de vochtminnende soort *Eiseniella tetraeda* en de *Allolobophora*-groep.



In het eikenvak zijn twee compartimenten aan te wijzen die een afwijkend beeld laten zien ten opzichte van de referentie. Terwijl de dichtheid en biomassa in de referentie toenamen, gebeurde dit niet of nauwelijks in de inundatiecompartimenten. De biomassa van wormen in de compartimenten Eik-WL en Eik-VL namen zelfs af bij de eerste bemonstering in 2005. De soortensamenstelling verandert het meest in Eik-VL (grootste relatieve afname van de *Allolobophora*-groep). Dit duidt op een effect van vooral lange inundatie. Na 2005 wordt het beeld echter onduidelijk en zijn de verschuivingen niet eenvoudig meer te koppelen aan de twee factoren (inundatieduur en inundatieperiode).

De vraag blijft natuurlijk wat de gevonden verschuivingen betekenen voor het gepland inunderen van bossen. Hoewel in vooral de VL-compartimenten wel aan inundatie gerelateerde veranderingen worden gevonden, zijn de verschillen statistisch niet te onderscheiden van de ontwikkeling in de referentiecompartimenten. Mogelijk heeft een aantal factoren die te maken hebben met de proefopzet hier invloed op gehad (wat dus mogelijk een onder- of overschatting van effecten tot gevolg kan hebben):

- In de eerste plaats is vergelijking van aantallen regenwormen tussen twee of meer jaren moeilijk omdat (onder invloed van onder andere klimatologische verschillen) grote fluctuaties in aantallen, biomassa en soortensamenstelling kunnen optreden. In het Harderbos is de natuurlijke variatie binnen deze parameters niet bekend: de uitgangssituatie is slechts op één moment vastgelegd. Een belangrijk ander probleem bij het bepalen van de effecten van inundatie in het Harderbos is het feit dat de bemonstering in 2004 in het najaar heeft plaatsgevonden en in 2005 in het voorjaar, terwijl de populatiesamenstelling zich gedurende een seizoen ontwikkelt.
- Uit de literatuur blijkt dat wormen vlucht of ontwijkingsgedrag vertonen (vooral *L. rubellus*). Dit houdt ook in dat deze worm in staat is te rekoloniseren op het moment dat de omstandigheden weer gunstig zijn. In het Harderbos wordt nauwelijks een effect op *L. rubellus* gevonden. De kans is aanwezig dat deze soort gevlucht is en weer geherkoloniseerd is voor de bemonstering van eind mei<sup>3</sup>. Omdat de compartimenten in het Harderbos relatief klein zijn kan *L. rubellus* gemakkelijk vluchten. Bovendien kan *L. rubellus* (in tegenstelling tot in graslanden) in de vegetatie op de dammetjes tussen de compartimenten vluchten en wachten tot de omstandigheden gunstiger zijn. Ook kan het zijn dat wormen vluchtgedrag tussen compartimenten vertonen en zo de meting van de populatiesamenstelling of van de populatieopbouw verstoren.
- Door praktische redenen (beperkte oppervlakte geschikt proefgebied, financiële overwegingen) was het niet mogelijk de proef te repliceren (van elk regime is maar één compartiment). Eventuele verschillen kunnen dus aan een behandeling liggen, maar kunnen ook 'toevallig' zijn. Harde uitspraken zijn dus niet mogelijk. Anderzijds lijkt het aannemelijk dat de tijdelijke effecten in met name het Es-VL compartiment door inundatie zijn veroorzaakt.

Los gezien van de precieze oorzaak, lijken de verschuivingen in de wormengemeenschap in de proefpercelen niet erg groot of permanent. Er zou daarom geconcludeerd kunnen worden dat het mogelijk is om bospercelen tijdelijk onder water te zetten zonder dat dramatische en onomkeerbare effecten op de wormengemeenschap optreden. Daarbij moeten echter de volgende nuanceringen worden gemaakt.

- Het onderzoek heeft zich beperkt tot twee bospercelen die van nature een uitzonderlijk hoge wormendichtheid hebben. Deze bospercelen zijn mogelijk minder kwetsbaar dan percelen met veel lagere dichtheden.

---

3 In de literatuur wordt beschreven dat effecten het grootst zijn direct na of tijdens de inundatie. Mogelijk dat *L. rubellus* zich dan al opnieuw heeft gevestigd of zich opnieuw heeft ontwikkeld uit in het najaar geproduceerde cocons. In dat laatste geval zouden er meer juvenielen van *L. rubellus* gevonden moeten worden. In slechts één van de es-compartimenten (WK) en in geen van de eik-compartimenten is dit gevonden. Rekolonisatie lijkt derhalve de meest waarschijnlijk optredende strategie in het Harderbos.

- De inundatieduur is vrij kort geweest (maximaal drie weken). Een langere inundatie kan een veel groter effect op de regenwormen hebben. Het is overigens niet bekend of wormen die niet gewend zijn aan regelmatige inundaties (zoals in het Harderbos) net zo lang bestand zijn hiertegen als wormen in gebieden die wel regelmatig overstroomd (uiterwaarden).
- De inundatiecompartimenten in dit onderzoek zijn vrij klein. Mogelijk waren wormen die van nature slecht in staat zijn om te vluchten in de proef hiertoe wel in staat. In grotere waterbergingsgebieden zal zowel vluchten als rekolonisatie moeilijker cq. langzamer verlopen.
- In dit onderzoek was sprake van een eenmalige inundatie die mogelijk een tijdelijk effect veroorzaakte. Mogelijk dat bij herhaling van inundatie binnen de herstelperiode veel grotere effecten worden gevonden.
- Regenwormen hebben een belangrijke functie in de bodem, maar zijn zeker niet de enige bodemorganismen die zullen worden beïnvloed door inundatie. Omdat hier binnen dit onderzoek niet naar gekeken is, is niet bekend hoe deze beïnvloeding aangrijpt op andere organismen.
- In het essenvak is vrijwel geen strooisellaag aanwezig, in het eikenvak een zeer dunne. Een effect van inundatie zou kunnen zijn dat de strooisellaag wegspoelt. De strooisellaag is van cruciaal belang voor de overleving van regenwormen. Effecten kunnen worden versterkt door verdwijnen van de strooisellaag. Aan de andere kant bevinden zich juist in de strooisellaag veel micro-organismen die ervoor kunnen zorgen dat er eerder zuurstofgebrek in het water optreedt, wat de overleving van regenwormen negatief beïnvloedt.
- In relatie met het voorgaande: het beschikbare zuurstofgehalte in de bodem is bij inundatie een belangrijke beperkende factor voor wormen. Dat in dit jonge kleibos zonder of met slechts een kleine strooisellaag de effecten beperkt zijn kan hiermee te maken hebben. In andere bossen met een dikkere strooisellaag is de kans op ongunstiger effecten groter.
- Met de klimaatverandering zullen (geplande) inundaties vaker verspreid over het jaar voorkomen doordat weersextremen vaker zullen voorkomen. Als een dergelijke inundatie in de zomer plaatsvindt, kan verwacht worden dat de gevolgen voor de regenwormgemeenschap groter zullen zijn doordat zuurstofgebrek in het water veel sneller optreedt (hogere activiteit micro-organismen, hogere watertemperatuur, hoger zuurstofgebruik). Bovendien zijn dan soorten niet meer in diapauze maar volop in ontwikkeling (dus kwetsbaarder)<sup>4</sup>.

#### 4.4.2 Overige fauna

Tijdens en na inundatie is het gedrag van verschillende diersoorten binnen de proefpercelen waargenomen.

##### *Tijdens inundatie*

Bij het opzetten van het water vertoonden diverse diersoorten vluchtgedrag. Waargenomen werd dat enkele muizen hoger gelegen plekken opzochten. Diverse soorten loopkevers, snuitkevers, haantjes, kortschildkevers maar ook spinnen en wantsen klommen tegen de stammen omhoog, soms tot 4-5 meter boven de waterspiegel. Daarbij is waargenomen dat diverse exemplaren gericht naar stammen zwommen. Ook wormen, naaktslakken en huisjeslakken zochten hoger gelegen plekken op. Deze verbleven net boven de waterspiegel en verscholen zich veelal in het daar groeiende mos. Enkele dagen na het opzetten van het water werden daar ook de meeste kevers aangetroffen.

Tijdens de inundatieperioden zijn enkele handvangsten gedaan van loopkevers op de bomen. Zie Bijlage D.2 voor meer informatie over de loopkeverinventarisatie.

---

<sup>4</sup> De soort *A. chlorotica* lijkt geen last lijkt te hebben van overstroming en gaat in diapauze om zo een periode van overstroming te overleven. De temperatuur speelt hierbij een belangrijke rol. Omdat de eerste inundatieperiode in de winter heeft plaatsgevonden (kou en sneeuw tijdens de winterinundatie) zijn waarschijnlijk de meeste exemplaren van deze soort al in diapauze zijn gegaan vóór inundatie en zijn dat nog steeds bij de tweede inundatie in april. De populatie is eind mei uit diapauze en is dan volop in ontwikkeling.



Figuur 67 Vluchtende insecten, slakken en muizen tijdens inundatie van Es-WL en Es-VK

### ***Na inundatie***

Na droogval van de proefvakken werd met de vondst van vele lege slakkenhuisjes zichtbaar dat een deel van de fauna verdronken is als gevolg van de inundatie.

Al enkele dagen na droogvallen van de vakken was het alweer moeilijk om loopkevers te vinden, waarschijnlijk omdat de kevers zich weer hadden teruggetrokken op moeilijk vindbare plekken, en mogelijk deels als gevolg van verdrinking.

## 5 Samenvatting en conclusies

In het voorgaande hoofdstuk zijn de resultaten per onderzoeksonderdeel bediscussieerd. In dit hoofdstuk zal de betekenis van deze resultaten worden samengevat, waarbij ook specifiek wordt ingegaan op de onderzoeksvragen. Daarbij worden ook verwachtingen uitgesproken over mogelijke effecten onder andere omstandigheden. (Vanzelfsprekend zijn dit speculaties, gebaseerd op expert judgement.)

Ten aanzien van het verloop van de proef (grondwaterstanden en waterkwaliteit) wordt verwezen naar het vorige hoofdstuk (paragrafen 4.1.6 en 4.1.7). De eerste onderzoeksvraag wordt eerst per onderzoeksonderdeel beantwoord. Tenslotte zal worden ingegaan op 'overgebleven' kennisvragen.

Onderzoeksvragen waren:

- Wat zijn effecten van inundatie op natuur (jong kleibos), en in hoeverre spelen periode en duur een rol?
- Kan dit type bossen worden ingezet voor de opvang (bergen of vasthouden) van water? En biedt dit ook kansen voor de natuur?
- Wat zijn de mogelijkheden voor de ontwikkeling van nieuw bos in gebieden die worden gereserveerd voor waterberging of -vasthouden?
- Wat zijn gevolgen van een waterberging-natuurgebied op de omgeving?

### Wat is het effect van inundatie op bodemchemie en humusprofiel?

Tussen de compartimenten werden duidelijke verschillen in bodemchemie geconstateerd. Gebleken is dat factoren die niet met de inundatie samenhangen grote invloed hierop hebben gehad. Jaarlijkse verschillen in weersomstandigheden en, hieraan gerelateerd, de grondwaterpeilen lijken de invloed van de inundaties te maskeren of overtreffen. Ook lijkt de grote ruimtelijk variabiliteit (van organische stofgehalten en nitraatgehalten) in de bovengrond van invloed. Verder kan onbedoelde uitstraling van inundatiecompartimenten naar de referentie een rol hebben gespeeld. Toch zijn er wel inundatie-effecten gesignaleerd. Het meest duidelijk was een tijdelijke afname van de beschikbaarheid van stikstof.

Ondanks de extreme omstandigheden die de inundaties met zich meebrengen, zijn er niet of hooguit geringe tijdelijke inundatie-effecten geconstateerd op de bodem en humuslaag. De herkomst van het inundatiewater in deze proef was van oppervlaktewater van goede kwaliteit (hoewel er door technische tekortkomingen en veldomstandigheden erg veel, inclusief meegevoerde stoffen, van is aangevoerd). Effecten kunnen anders zijn als inundatiewater voornamelijk bestaat uit regen of uit vervuild oppervlaktewater. De verwachting is echter dat ook dan inundatie-effecten in (voedselrijke) kleibossen weg zullen vallen tegen andere sleutelfactoren als weersinvloeden. Wat betreft de effecten van inundatietijdstip mag verwacht worden dat de grootste effecten vooral in het begin van het groeiseizoen zullen zijn (cf. het huidige regime). Bij een substantieel langere duur van inundatie en/of een grotere frequentie mag verwacht worden dat de effecten op nutriënten- en zuurhuishouding waarschijnlijk groter zullen zijn. Hoe groot deze veranderingen zullen zijn en of deze veranderingen zich in dezelfde richting voltrekken (als hierboven geschetst) zal dan in zekere mate afhangen van de kwaliteit van het inundatiewater. Het blijft twijfelachtig of (realistische) veranderingen van het tijdstip en vergroting van de duur en de frequentie, tot al te grote en ecologisch relevante gevolgen zal leiden in het verloop van de bodemprocessen in deze kalk- en kleirijke omgeving. Pas bij overstromingsregimes vergelijkbaar met die van zachthoutoibossen (zie Wolf *et al.* 2001) zullen de veranderingen van grote invloed zijn.

## Wat is het effect van inundatie op de vegetatie (ondergroei)?

De vegetatie (kruidlaag) ondervond duidelijk gevolgen na lange voorjaarsinundatie (afname van soorten aantal, bedekking kruidlaag, hoogte kruidlaag en aandeel brandnetels). Waarschijnlijk heeft de combinatie van lange duur en tijdstip (voorjaar) geleid tot een direct effect op wortelstokken en zaden en indirect via vertraagde omzetting van organische stof onder zuurstofarme omstandigheden. Bij korte of winterinundatie zijn geen (relevante) effecten op de ondergroei geconstateerd.

Zonder herhaling van inundatie is de verwachting dat de vegetatie weer geheel hersteld is na vijf jaar. Bij een langere inundatieduur dan drie weken is het zeer waarschijnlijk dat effecten veel groter zijn, vooral in het groeiseizoen. Het is moeilijk te zeggen wat de effecten van zomerinundatie zouden zijn; één en ander hangt niet alleen af van inundatieduur maar ook van de inundatiediepte (steekt de plant boven water uit of niet). Verder is deze veldproef uitgevoerd met relatief schoon oppervlaktewater. Met water van een slechte kwaliteit zal ook bij een lage frequentie het lange termijn doel (weg uit de brandnetelfase, vestiging van bosplanten, zie onder) waarschijnlijk niet gehaald worden.

De totale beoordeling van de effecten van inundatie op natuurwaarden in bossen is sterk afhankelijk van de ouderdom van het bos en het substraat. Voor de bossen waarvoor de proef representatief is (jong, voedsel- en kalkrijk, soortenarm) zijn de effecten op korte termijn (tot 10 jaar) overwegend positief: de ruigtevegetatie wordt opengebrouwen zodat, met name onder es, ruimte ontstaat voor meer soorten. Op middellange termijn (10 tot 100 jaar) zijn de effecten neutraal, doordat deze snel zijn uitgedoofd en op lange termijn negatief, in de zin dat de op zich reeds zeer trage ontwikkeling naar een compleet en waardevol ecosysteem verder vertraagd wordt<sup>5</sup>. De effecten bij bos met es zijn op korte termijn duidelijker dan bij bossen van eik, doordat bij eik sprake is van een veel opener vegetatiestructuur, waardoor concurrentie binnen de kruidlaag een geringere rol speelt.

In andere bostypen kunnen effecten van inundatie anders zijn dan in het Harderbos. Omdat deze niet onderzocht zijn kan hierover hooguit gespeculeerd worden dat inundaties (conform het regime in Harderbos) in beekbegeleidende bossystemen (zoals elzenbroek en vogelkersessenbos), zachthoutooibossen, hardhoutooibossen ook tot weinig (blijvende) schade zal leiden en soms zelfs gunstig zullen zijn. In berkenbroekbossen en vooral bossen op voedselarme droge bodem zullen inundaties tot zeer dramatische effecten leiden (hoe ouder de bosbodem des te groter de kans op schade).

---

5 Dit geldt vooral bij herhaalde overstroming (ca. eens in de 10 à 20 jaar). Op een periode van 100 à 200 jaar is een vertraging van de ontwikkeling met enkele jaren natuurlijk verwaarloosbaar.



### Wat is het effect van inundatie op de bomen?

Omdat de inundaties van korte duur en geringe diepte waren werd er geen effect verwacht op de (dikte)groei en de houtanatomie van eik en es. Bij es is er inderdaad geen significant effect van de inundaties op de houtvorming gevonden. Bij eik is echter een duidelijke verandering geconstateerd in het vak met de lange voorjaarsinundatie. De vroeghoutvaten in het jaar van inundatie (2005) zijn significant kleiner dan in andere jaren en dan de eiken in het referentievak. Dit betekent dat de capaciteit om water te transporteren in het jaar van inundatie verminderd was. Dat kan negatieve gevolgen hebben voor de aanvoer van water naar de bladeren tijdens drogere periodes in de zomer met als gevolg het sluiten van de huidmondjes en het stoppen van de fotosynthese en daarmee de productie van bouwstoffen voor de groei van de boom. Er is echter geen aanwijzing voor een gereduceerde groei in 2005 en de jaren na de inundatie. Het is niet bekend of een herhaling van inundatie wel tot blijvende gevolgen van de vitaliteit zou kunnen leiden. Het is waarschijnlijk dat de vorming van kleine vaten in het vroeghout direct in verband staat met het tijdstip van inundatie. Eind april, de periode van de inundatie, is het tijdstip waar de vroeghoutvaten bij eik worden gevormd. Inundatie voor het begin van de houtvorming (in de winter) heeft daarom geen direct effect op de houtvorming. Over het effect van inundatie later in het groeiseizoen kan op basis van dit onderzoek geen uitspraak worden gedaan, maar verwacht mag worden dat effecten van zomerinundatie op de vitaliteit (van eik) dan sterker zullen zijn.

### Wat is het effect van inundatie op fauna?

Tijdens inundatie is vluchtgedrag waargenomen van insecten, slakken en muizen naar hoger gelegen plekken. Een deel van de aanwezige fauna is tijdens het experiment verdronken. Ondanks dat er veel verschuivingen zijn waargenomen in de wormengemeenschap, zijn er geen significante effecten van inundaties op aantallen, biomassa of soortensamenstelling van regenwormpopulaties aangetoond, noch in het essenvak, noch in het eikenvak. Het is daarom strikt genomen niet mogelijk deze verschuivingen in verband te brengen met de twee onderzochte variabelen inundatieduur en -periode. Toch lijken veranderingen na lange inundatie in het voorjaar een gevolg te zijn van de inundatie (met name in het essenvak). Deze veranderingen zijn echter tijdelijk van aard (herstel binnen twee jaar na inundatie).

Los gezien van de precieze oorzaak, lijken de verschuivingen in de wormengemeenschap in de proefpercelen niet erg groot of permanent van aard. Daarom zou geconcludeerd kunnen worden dat het mogelijk is om bospercelen tijdelijk onder water te zetten zonder dat dramatische en onomkeerbare effecten op de bodemfauna optreden. Toch zijn er verschillende factoren, waaronder natuurlijke variatie en proefopzet, die effecten van inundatie (schade én snelheid herstel) deels gemaskeerd kunnen hebben. Daarnaast kunnen effecten heel anders zijn in een andere situatie met betrekking tot inundatie (langere duur, andere periode, herhaling binnen de herstelperiode) en/of systeem (ander type bos, andere vlucht- of herkolonisiemogelijkheden, andere wormengemeenschap). Ook bestaat de bodemfauna uiteraard nog uit andere diersoorten dan wormen. Het is hier niet onderzocht in hoeverre deze reageren op inundatie. Anderzijds mag worden aangenomen dat de bodemfaunagemeenschap in een jong kleibos over het algemeen bestaat uit algemene soorten die zich bij eventuele verstoringen (als inundatie) weer vrij gemakkelijk herstellen (of hervestigen). (De bodemfauna moet vervolgens wel de tijd krijgen om weer te herstellen.)

Alles overwegende mag verondersteld worden dat inundaties van maximaal drie weken, voor wat betreft de wormengemeenschap, toelaatbaar zijn in jonge kleibossen, mits deze niet vaker dan eens per vier jaar plaats vinden.



### **Wat zijn effecten van inundatie op natuur (jong kleibos), en in hoeverre spelen periode en duur een rol?**

In jonge kleibossen lijkt plotselinge inundatie geen grote en onomkeerbare effecten te hebben op bodem, vegetatie of bodemfauna (wormen). Er zijn echter wel inundatie-effecten geweest. Met deze proef is onderzocht in hoeverre het uitmaakt hoe lang en in welke periode een bos (jong kleibos) als waterbergingsgebied wordt ingezet. Daarbij blijkt alleen de combinatie van langere duur (drie weken) in een 'actieve' periode (voorjaar) duidelijk effect te sorteren. In deze proef is gekozen voor 'realistische' inundatiescenario's (1 en 3 weken en winter en voorjaar): noodzaak tot waterberging is meestal niet langer dan enkele weken, en zomerinundaties treden zeldzaam op. In de loop van het project is echter gebleken dat water soms veel langer blijft staan (vergelijk bijvoorbeeld pilot Beerze), en dat (met de klimaatverandering) zomerinundaties vaker kunnen optreden dan verwacht. Omdat in deze proef toch al effecten zijn gesignaleerd na drie weken inundatie in het voorjaar, mag daarom verwacht worden dat bij een langere duur effecten versterkt en de herstelperiode verlengd zullen worden. Dit geldt des te meer indien inundaties in de zomer plaats zullen vinden (al is het aannemelijk dat de effecten op hoogopgroeiende (ruigte)kruiden in de zomer - bij relatief korte inundatieduur - minder groot kunnen zijn dan in het voorjaar).

Uiteraard kan ook de kwaliteit van het inundatiewater een sturende factor zijn. In de huidige proefopzet bestond deze uit vrij schoon oppervlaktewater; dit is wat anders dan regenwater of vervuild oppervlaktewater. Hoewel voedselrijke jonge kleibossen als het Harderbos minder kwetsbaar zijn dan oudere, voedselarmere bossen, zullen ook hier lange termijn doelen niet gehaald worden bij herhaalde inundatie met water van een 'slechte' waterkwaliteit.

### **Kan dit type bossen worden ingezet voor de opvang (bergen of vasthouden) van water? En biedt dit ook kansen voor de natuur?**

Het Harderbos, een jong voedsel- en kalkrijk soortenarm bos, is representatief voor de meeste bosgebieden op zee- en rivierkleigronden, alsmede - zij het in mindere mate - voor bosgebieden op andere bodemtypen die recent uit landbouwkundig gebruik zijn gekomen. Zoals hierboven beschreven zal het opvangen van water in dit type bossen weinig onomkeerbare schade aanrichten. Belangrijk is dat het bos dan wel de kans krijgt zich te herstellen tot een volgende inundatie. Deze hersteltijd is onder meer afhankelijk van de inundatieperiode en -duur en van de waterkwaliteit. Onder de omstandigheden van het experiment in het Harderbos bleek deze periode enkele jaren te zijn.

Vanuit natuuroogpunt is het dus mogelijk dit type bossen in te zetten voor de opvang van water. Maar biedt dit ook kansen voor de natuur? De ontwikkeling van het bos naar een bos met een hogere natuurwaarde zal bij inundatie tijdelijk stop- of teruggezet worden tot de herstelperiode verstreken is. Dan is er dus geen sprake van winst, maar een tijdelijk verlies. Een andere situatie is het als een dergelijk bos zeer regelmatig (jaarlijks) onder water wordt gezet. Dan zal de natuur zich aanpassen en kan er, dankzij de inundaties, een ander bostype ontstaan. Dit betekent dat het beter is te kiezen voor hetzij infrequente inundaties (zodat herstel mogelijk is), hetzij zeer frequente (jaarlijkse) inundaties (zodat de natuur zich aanpast), dan voor een tussenliggende frequentie waarbij noch herstel, noch aanpassing mogelijk is voor de natuur. Deze benodigde hersteltijd zal zeer verschillend zijn tussen verschillende natuurgebieden (zie ook Runhaar *et al.* 2004). Juist in jonge kleibossen als het Harderbos zal de hersteltijd relatief kort zijn, wat dit type natuurgebieden beter geschikt maakt als waterbergingsgebied dan voedselarmere systemen met hogere natuurwaarde.

### **Wat zijn de mogelijkheden voor de ontwikkeling van nieuw bos in gebieden die worden gereserveerd voor waterberging of -vasthouden?**

Het potentiële bosareaal van het essen-iepenbos is in ons land een veelvoud van het huidige areaal. De verwachting is dat in de nabije toekomst aanzienlijke oppervlakten landbouwgrond in kleigebieden een andere bestemming zullen krijgen, waaronder (natuur)bos, al dan niet in combinatie met waterberging. Ook voor de ontwikkelingen in deze nieuwe bossen kan het onderzoek in het Harderbos een referentie zijn.

Bij aanleg van nieuw bos is het wel aan te bevelen in de eerste jaren van ontwikkeling de aanplant te vrijwaren van inundaties. Mogelijk dat aanleg van bos op deze plekken ook een rol kan spelen in het kader van de CO<sub>2</sub>-vastlegging. Gezien de bestaande onzekerheden omtrent ontwikkelingen wordt aanbevolen om dan langjarig te monitoren (eventueel met lage frequentie). Het gaat immers over bossystemen die zich zeer traag ontwikkelen (niet ondanks maar juist vanwege de overmaat aan voedingsstoffen), en prille ontwikkelingen waarin externe factoren veel ruis kunnen veroorzaken.

### **Wat zijn gevolgen van een waterberging-natuurgebied voor de omgeving?**

De fysieke effecten van waterberging op de omgeving zijn sterk afhankelijk van de inrichting van het project en het hydrologisch systeem. In poldergebieden, zoals het Harderbos is door de aanleg van ontwateringsmiddelen de uitstraling naar de omgeving grotendeels te beperken. Waargenomen effecten namen snel af met de afstand tot het geïnundeerde compartiment. (Eventueel kan een extensieve bufferzone gecreëerd worden met de functies recreatie en natuur of beweiding om de invloed op de omgeving te verzwakken.) Wanneer door inundatie de grondwaterstand stijgt tot boven de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket zal een deel van het water door wegzijging naar het grondwater stromen en kan het inundatiewater de kwaliteit van het ondiepe grondwater beïnvloeden. Dit is in deze studie niet onderzocht. Een geheel ander gevolg voor de omgeving betreft de recreatieve waarde. Naar verwachting zal de combinatie van waterberging en bos de recreatieve waarde van met name de kleilandschappen verhogen (zie ook Hommel *et al.* 2005).

### **Wat zijn nog kennisvragen ten aanzien van effecten van waterberging in kleibossen?**

Dit onderzoek biedt enig inzicht in effecten van waterberging in jonge kleibossen. Geconcludeerd kan worden dat er in dit type bossen met de gebruikte regimes bij eenmalige of laag frequente inundatie geen blijvende effecten te verwachten zijn op bodem, vegetatie en bodemfauna (wormen). Er blijven echter nog kennisvragen over:

- Wat is de invloed van de overstromingsfrequentie en/of een langere inundatieduur op het bos? Onder welk regime (frequentie en duur) zijn veranderingen blijvend?
- Bij welk regime van periodieke inundaties wordt op korte tot middellange termijn de dominantie van brandnetels het meest efficiënt doorbroken, zonder dat dit ten koste gaat van de vestigingsmogelijkheden en overlevingskansen voor bosplanten en -fauna?
- Wat zijn de lange termijn gevolgen voor de strooiselvertering en daarmee voor de vestigingskansen van bosplanten in eikenbossen op klei bij herhaalde inundaties (ervan uitgaand dat door actief beheer het eikenbos in stand blijft en niet door successie verandert in een essenbos)?
- Wat zijn de effecten op andere soorten (dan wormen) bodemfauna, en hoe snel treedt herstel op bij inundatie van grotere oppervlakten?
- Welk beheer en inrichting is optimaal bij (de verwachting van) sterk wisselende inundatieregimes? (Hierbij kan o.a. gedacht worden aan het creëren van een eilandenstructuur (reliëf).)



## 6 Referenties

- Ausden, M., Sutherland, W.J. en James, R., 2001. The effects of flooding lowland wet grassland on soil macroinvertebrate prey of breeding wading birds. *Journal of Applied Ecology*, 38, pp. 320-338.
- Barkman, J.J., H. Doing & S. Segal, 1964. Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. *Acta Botanica Neerlandica* 13: 394-419.
- Beylich, A. & U. Graefe, 2002. Annelid coenoses of wetlands representing different decomposer communities. In: *Wetlands in Central Europe. Soil organisms, soil ecological processes and trace gas emissions*. Broll, G., Merbach, W. & Pfeifer, E-M. (eds.). Springer, Berlin.
- Bolt, G.H, M.G.M. Bruggenwert (ed), 1978. *Soil chemistry. A. Basic elements*, Elsevier. Amsterdam.
- Bosveld A.T.C., T.C. Klok, J.M. Bodt & M. Rutgers, 2000. Ecologische risico's van bodemverontreiniging in toemaakdek in de gemeente De Ronde Venen. *Alterra-rapport 151*, Wageningen.
- Delft van, S.P.J., 2004. *Veldgids Humusvormen. Beschrijving en classificatie van humusprofielen voor ecologische toepassingen*. Alterra, Wageningen.
- Doing Kraft, H. 1954. L'Analyse des carres permanents. *Acta Bot. Neerl.* 3: 421-424.
- Efroymson, R.A., M.E. Will & G.W. Suter II, 1997. Toxicological benchmarks for contaminants of potential concern for effects on soil and litter invertebrates and heterotrophic process: 1997 revision. Lockheed Martin Energy Systems Inc. for the U.S. Department of Energy. Report no. ES/ER/TM-126/R2.
- Ente, P.J., J.Koning en R.Koopstra. 1986. Flevovericht nr 258. De bodem van Oostelijk Flevoland. Rijksdienst voor IJsselmeerpolders, Lelystad.
- Giesen en Geurts. 1998. Toelichting bij analyse van humusmonsters uit het Springendal en het Vragenderveen. Opdrachtgever SC-DLO, Wageningen. Giesen & Geurts Biologische Projekten., Ulft
- Giesen en Geurts, 2004. Analyse bodemmonsters in het Harderbos. Giesen en Geurts, Ulft.
- Hommel, P.W.F.M., Th Spek, R.W. de Waal. 2002. Boomsoort, strooiselkwaliteit en ondergroei in loofbossen op verzuringsgevoelige bodem. *Alterra-rapport 509*, Wageningen.
- Hommel, P.W.F.M. & R.W. de Waal, 2003. Rijke bossen op arme bodems. Alternatieve boomsoorten-keuze verhoogt soortenrijkdom op verzuringgevoelige gronden. *Landschap* 20(4): 193-204.
- Hommel, P.W.F.M. & R.W. de Waal, 2004. Bodem, Humus en vegetatie onder verschillende loofboomsoorten op de stuwwal bij Doorwerth. *Alterra-rapport 920*, Wageningen.
- Hommel, P.W.F.M., S.A.M. van Rooij, R.W. de Waal, F. de Vries & C.M. Goossen, 2005. Bos in water, Water in bos. Kansencarten voor multifunctionele natte bossen met meerwaarde voor waterbeheer, natuur en recreatie. *Alterra-Rapport 1267*, Wageningen.

- Kemmers, R.H., P.C. Jansen. & S.P.J. van Delft, 2002. Waterbeheer en indirecte eutrofiëring; Effecten op het Weidekerveldgrasland (*Sanguisorbo-Sillaetum*) in de Hengstpolder nabij Sliedrecht. Alterra-rapport 413, Wageningen.
- Kemmers, R.H., R.W. de Waal, 1999. Ecologisch typering van bodems. Deel1 Raamwerk en humusvormtypologie. Alterra rapport 667-1, Wageningen
- Kemmers, R.H., S.P.J. van Delft, F.P. Sival & P.C. Jansen, 2003. Effecten van bevoeiing op de basen- en voedingstoestand van verzuurde en verdroogde beekdalgraslanden; Mogelijkheden van bevoeiing als effectgerichte maatregel; Alterra-rapport 748, Wageningen.
- Lee, K.E., 1985. Earthworms. Their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press, Sydney.
- Neiryneck, J., S. Mirtcheva, G. Sioen and N. Lust, 2000. Impact of *Tilia platyphyllos Scop.*, *Fraxinus excelsior L.*, *Acer pseudoplatanus L.*, *Quercus robur L.* and *Fagus sylvatica L.* on earthworm biomass and physico-chemical properties of a loamy topsoil. Forest Ecology and Management, 133, pp 275-586.
- Olsthoorn, A.F.M, J. Koping, G.W. Tolkamp, C.A. van den Berg & C.J.F. ter Braak, 2003. Effecten van vernatting in bossen. Conclusies en aanbevelingen voor praktijk en beleid. Rapport EC-LNV nr. 2003/173 O, 30p.
- Petersen, H., M. Luxton, 1982. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition process. *Oikos* 39:288-388
- Pizl, V., 1999. Earthworm communities in hardwood floodplain forests of the Morava and Dyje rivers as influenced by different inundation regimes. *Ekol. Bratislava* 18, pp 197-204.
- Plum, N.M. en Filser, J., 2005a. Floods and drought: Response of earthworms and potworms (*Oligochaeta: Lumbricidae, Enchytraeidae*) to hydrological extremes in wet grassland. *Pedobiologia* 49 (2005), pp. 443-453.
- Plum, N., 2005b. Terrestrial invertebrates in flooded grassland: A literature review. *Wetlands*, Vol 25, No. 3, pp. 721-737.
- Reich, P.B., J.Oleksyn, J. Modrzynski, P. Mrozinski, S.E. Hobbie, D.M. Eissenstat, J. Chorover, O.A. Chadwick, C.M. Hale and M.G. Tjoelker, 2005. Linking litter calcium, earthworms and soil properties: a common garden test with 14 tree species. *Ecology Letters*, 8, pp 811-818.
- Reuver, P.J.H.M. (Ed.) 1998. De vitaliteit van bossen in Nederland in 1998. Verslag meetnet Bosvitaliteit nr. 4. Rapport IKC Natuurbeheer nr. 34, 23p.
- Runhaar, J., G. Arts, W. Knol, B. Makaske en N. van den Brink, 2004. Waterberging en Natuur: kennisoverzicht ten behoeve van de regionale waterbeheerders, STOWA rapport 2004-16, ISBN 90-5773-252-1.
- Sass, U. en D. Eckstein, 1995. The variability of the vessel size of beech (*Fagus sylvatica L.*) and its ecophysiological interpretation. *Trees* 9, pp 247-252.
- Scheffer, F., P. Schachtschabel, H.P Blume, K.H. Hartge, U. Schwertmann, 1982. Lehrbuch der Bodenkunde, 11<sup>e</sup> druk, Enke, Stuttgart.

St. George, S. en E. Nielsen, 2003. Palaeoflood records for the Red River, Manitoba, Canada, derived from anatomical tree-ring signatures. *The Holocene* 13(4), pp 547-555.

Wolf, R.J.A.M., A.H.F.Stortelder en R.W. de Waal, 2001. *Ooibossen. Boscsystemen van Nederland 2*. KNNV Uitgeverij. Utrecht.

Zorn, M., van Gestel, C.A.M., Morrien, E., Wagenaar, M. en Eijsackers, H., 2004a. Flooding responses of *Allolobophora chlorotica*, *Aporrectodea caliginosa* and *Lumbricus rubellus* in a laboratory-controlled environment. In: Zorn, M. (Ed.), *The Floodplain Upside Down: Interactions between earthworm bioturbation, flooding and pollution*. Vrije Universiteit, Amsterdam, pp. 39-54.

Zorn, M.I., van Gestel, C.A.M., Eijsackers, H., 2004b. Species-specific earthworm population responses in relation to flooding dynamics in a Dutch floodplain soil. *Pedobiologia* 49 (2005), pp. 189-198.





# 7 Bijlagen

## A Hydrologie

### A.1 Beschrijving van het weer in de periode 2000 t/m 2007

Bron: [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl)

#### 2000

Het jaar was uitzonderlijk warm, nat en met een normale hoeveelheid zon. Gemiddeld over het land viel een hoeveelheid van 897 mm neerslag. De grootste hoeveelheid, 1055 mm, werd afgetapt op Schiphol (normaal 739 mm), terwijl Lauwersoog in Groningen met 730 mm de minste neerslag kreeg te verwerken. April was met landelijk 43 mm de droogste maand, en oktober de natste met een landelijk gemiddelde van 109 mm.

#### 2001

Dit jaar was opnieuw een zeer warm jaar. Het jaar was tevens zonnig maar wel zeer nat. Gemiddeld over het land viel in 2001 956 mm neerslag, terwijl het langjarig gemiddelde 797 mm bedraagt. De stations bij het Ketelmeer hebben 1149 mm geregistreerd. Mei was met landelijk 34 mm de droogste maand. Gedurende de zomermaanden vielen regelmatig hevige buien. Op 12 dagen werd ergens in het land op tenminste één KNMI-neerslagstation 50 mm of meer afgetapt. September was uitzonderlijk nat met landelijk 177 mm tegen 75 mm normaal.

#### 2002

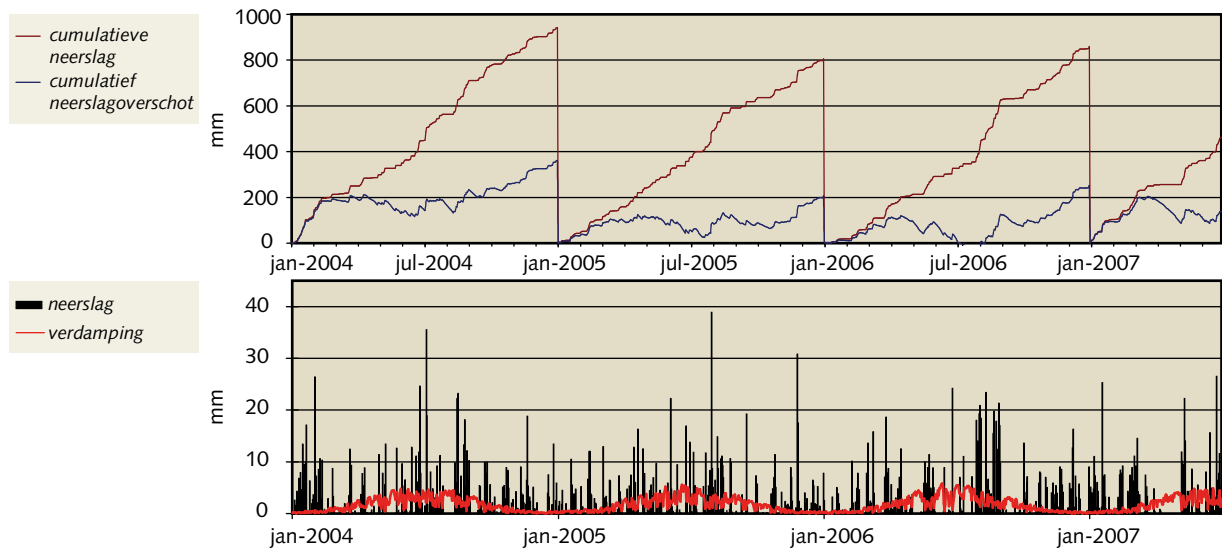
Opnieuw een zeer warm jaar, waarbij het tevens een zonnig maar wel nat jaar was. Het jaar 2002 had een gemiddelde hoeveelheid neerslag van 891 mm. Februari was een zeer natte maand. Van 23 maart tot en met 13 april viel in het grootste deel van het land geen meetbare hoeveelheid neerslag. Gedurende de zomermaanden vielen regelmatig hevige buien. Op 12 dagen werd ergens in het land op tenminste één KNMI-neerslagstation 50 mm of meer afgetapt; een evenaring van het aantal dagen in 2001 en het grootste aantal sinds 1951.

#### 2003

Opnieuw een zeer warm en droog jaar. Niet eerder sinds het begin van de waarnemingen in 1901 telde een jaar zoveel zonuren. Van 31 juli tot en met 13 augustus was er sprake van een hittegolf. Gemiddeld over het land viel 631 mm neerslag, terwijl het langjarig gemiddelde 797 mm bedraagt. De grootste hoeveelheid neerslag (754 mm) werd afgetapt in Marknesse. Met name de zomer was zeer droog, in De Bilt zelfs de droogste in ruim honderd jaar. De geringe hoeveelheid neerslag in combinatie met de grote verdamping leidde met name in het westen tot een groot neerslagtekort en ernstige droogteproblemen voor onder andere de agrarische sector, het waterbeheer en energieproducenten.

#### 2004

Het jaar 2004 was een warm, zonnig en vrij nat jaar. In alle maanden, met uitzondering van mei, juli en december, lag de gemiddelde temperatuur boven normaal. Vooral in april en augustus was de gemiddelde temperatuur hoog: april eindigde op de vijfde en augustus op de negende plaats in de rij van warmste overeenkomstige maanden sinds 1901. Van 2 tot en met 11 augustus was er sprake van een landelijke hittegolf, de 35<sup>e</sup> sinds 1901. Gemiddeld over het land viel in 2004 862 mm neerslag. Daarmee kan het jaar als vrij nat worden gekarakteriseerd. Meest markant was de regionaal overvloedige neerslag in augustus. Op een aantal plaatsen in de westelijke helft van het land viel ruim 200 mm. Ook juli was zeer nat waardoor de zomer (juni, juli, augustus) gemiddeld over het land de natste was sinds tenminste 1951. Het jaar kende ook enkele lange, overwegend droge tijdvakken. Van 11 tot en met 27 april viel landelijk gemiddeld slechts 5 mm neerslag, van 8 tot en met 29 mei maar 4 mm.



Figuur B.1 Neerslag en verdamping gemeten in resp. KNMI-meetstation Harderwijk en Lelystad en jaarlijkse cumulatieve neerslag en neerslagoverschot (= neerslag - verdamping).

### 2005

Het jaar 2005 was zeer warm en zeer zonnig. Vooral in januari, april, september en oktober was de gemiddelde temperatuur hoog. Van 18 tot en met 24 juni was er sprake van een landelijke hittegolf. Gemiddeld over het land viel 785 mm neerslag, terwijl het langjarig gemiddelde 797 mm bedraagt. Op 2 en 3 maart lag er na langdurige sneeuwval in een groot deel van het noorden van het land 20 tot ruim 50 cm sneeuw. Een dergelijk sneeuwdek over zo'n groot gebied is uitzonderlijk voor ons land en doet zich waarschijnlijk minder dan eens per 50 jaar voor. 25 november was een zeer natte dag. In een strook van Noord-Holland naar Gelderland viel overvloedige neerslag, lokaal 50 tot ca. 90 mm in 24 uur. In het westen viel de neerslag als regen, in het oosten en later zuiden als sneeuw waarbij zich een sneeuwdek vormde tot lokaal ca. 20 cm met veel overlast tot gevolg.

### 2006

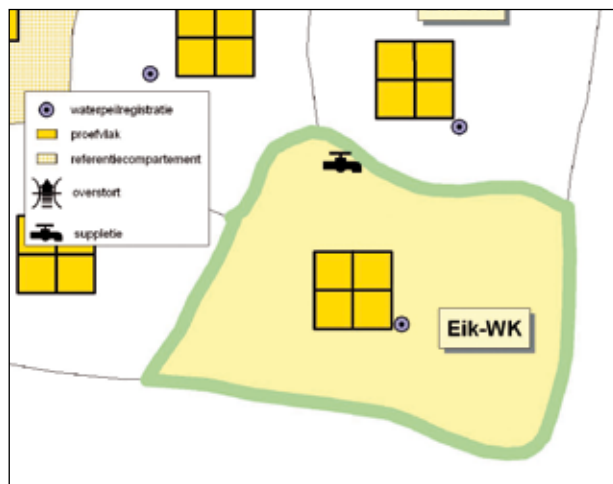
2006 was een zeer warm en zonnig jaar. Met een gemiddelde temperatuur in De Bilt van 11,2 °C tegen een langjarig gemiddelde van 9,8 °C was 2006 het warmste jaar sinds het begin van de regelmatige waarnemingen in 1706. Het jaar begon koud. Januari, februari en maart waren kouder dan normaal. Met uitzondering van augustus verliepen de overige maanden allen warmer dan normaal. Juli en september waren record warm; beide maanden eindigden als warmste in tenminste 300 jaar. Oktober en november eindigden op de tweede plaats in de rij van warmste overeenkomstige maanden sinds 1901. De klimatologische herfst (september, oktober, november) was daardoor de warmste in drie eeuwen. De zomer (juni, juli en augustus) was goed voor een derde plaats sinds 1901. De maand juli kende twee hittegolven. De eerste telde duurde zeven dagen, van 30 juni t/m 6 juli. De tweede hittegolf duurde 16 dagen van 15 t/m 30 juli. Met gemiddeld over het land 765 mm neerslag had 2006 vrijwel de normale hoeveelheid neerslag. Meest opvallend dit jaar was de maand augustus. Met gemiddeld over het land 184 mm neerslag tegen normaal 62 mm was deze maand de natste oogstmaand in 100 jaar.

### 2007 (januari t/m juni)

Op de zachte herfst in 2006 volgde in 2007 een zachte winter. Regelmatig steeg de temperatuur deze winter tot 10 °C of hoger. Januari was een zeer natte maand met landelijk gemiddeld 113 mm tegen 69 mm normaal. Ook februari was nat met landelijk gemiddeld ca 80 mm tegen normaal 47 mm. Het voorjaar (22 maart 2007 tot en met 6 mei 2007) was juist zeer droog in deze periode is in vrijwel het gehele land geen of nauwelijks neerslag gevallen. Het gebrek aan neerslag in combinatie met het vaak zonnige en (zeer) warme weer heeft geleid tot een voor de tijd van het jaar uitzonderlijk groot neerslagtekort. De rest van de maand mei daarentegen was zeer nat, waardoor de lente in totaal vrijwel een normale hoeveelheid neerslag had: gemiddeld over het land 173 mm neerslag tegen normaal 166 mm. Juni tenslotte was een warme, natte zomermaand met gemiddeld over het land 95 mm neerslag.

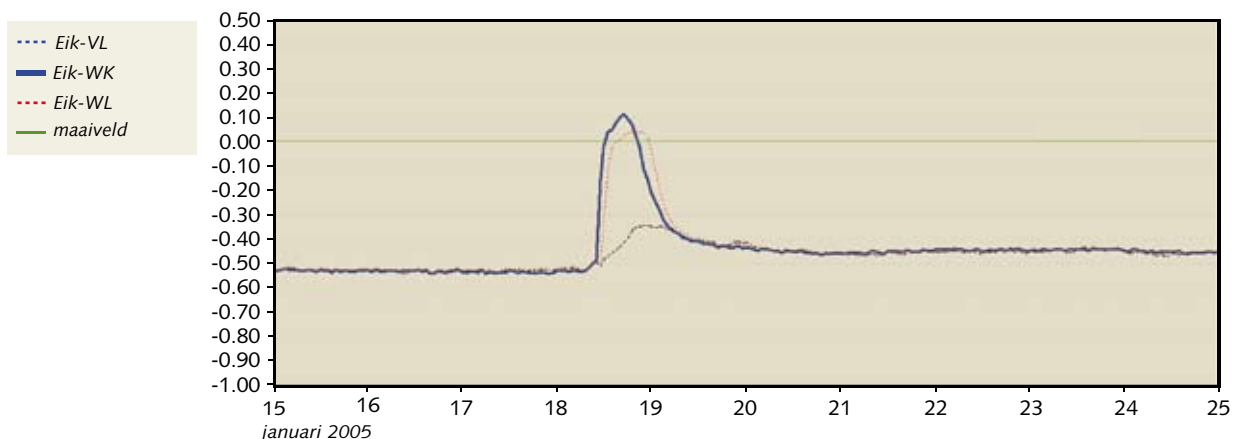
## A.2 Details verloop inundaties

### Eik-WK



Figuur B.2 Inrichting compartiment Eik-WK.

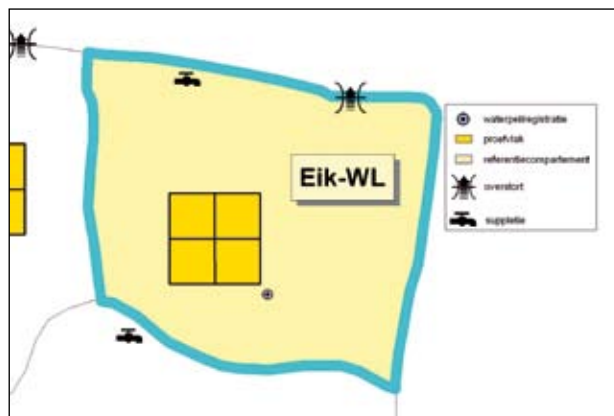
De winterinundatie van het eikenvak is komen te vervallen vanwege technische problemen. Voor de volledigheid wordt hier wel de start van de proef (18 januari) beschreven. Na het begin van de waterinlaat bleek al na enkele uren dat de invloed op het naastgelegen compartiment (aanvankelijk het referentie compartiment) te groot was. Het grondwater was daar gestegen tot boven het maaiveld (Figuur B.3).



Figuur B.3 Peilverloop inundatie Eik-WK en omliggende compartimenten.

Op dat moment is besloten deze inundatie te beëindigen. Het water heeft hier (in het naastgelegen compartiment) gedurende een periode van acht uur boven het maaiveld gestaan, met een gemiddelde diepte van 0,03 m. Hierop is besloten een ander compartiment als referentie aan te wijzen, en het (kort) 'verstoorde' compartiment te gebruiken voor de lange winterinundatie.

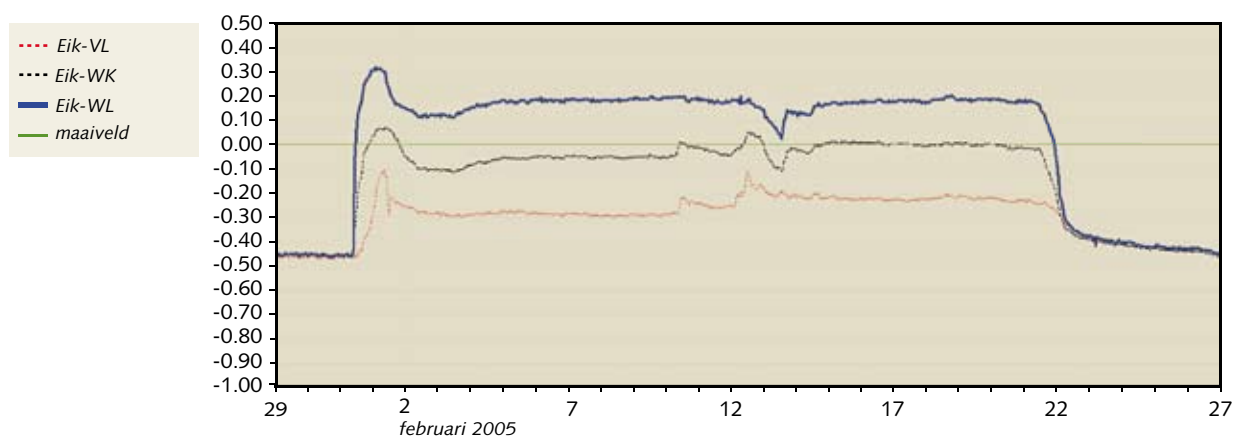
### Eik-WL



Figuur B.4 Inrichting compartiment Eik-WL.

Bij de start van de proef is als overstort een PVC-buis gebruikt, maar door het drijvende materiaal van de bodem van het compartiment is deze afvoer verstopt. Hierdoor was er onvoldoende afvoer en tijdens de eerste nacht van de proef is de inundatiediepte tot boven 0,30 m gestegen. De PVC-buis is direct daarna vervangen door een vrije overstort en de aanvoer is verlaagd. De constructie met de PVC-buis is niet meer toegepast bij de andere compartimenten. Door het te veel uitzakken van het peil is de aanvoer vanaf 2 februari weer verhoogd (Figuur B.5). Het uitzakken op 12 februari is veroorzaakt door een te geringe aanvoer van de pomp. Het euvel is verholpen en tot het einde van de proef is het peil stabiel gebleven. Aan het einde van de proef is de aanvoer gestopt en is het peil uitgezakt als gevolg van wegzijging en zijdelingse afstroming. Het was niet nodig extra water af te laten via het doorgraven van kaden, en na een dag was het grondwater weer meer dan 0,40 m beneden maaiveld.

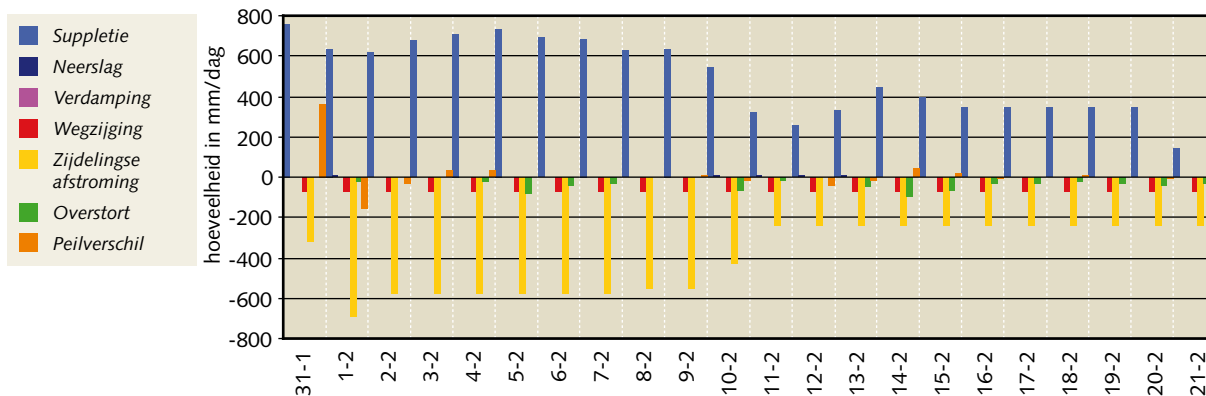
Zoals al eerder is aangegeven, is de (wederzijdse) invloed op het compartiment Eik-WK groot: het grondwater stijgt soms zelfs tot net boven het maaiveld (omdat Eik-WK is komen te vervallen is dit echter verder niet van belang). Ook is er invloed op het andere buurvak Eik-VL, maar hier stijgt het grondwater over het algemeen niet verder dan 0,20 à 0,30 m beneden maaiveld (Figuur B.5).



Figuur B.5 Peilverloop inundatie Eik-WL en omliggende compartimenten.

### Waterbalans

De waterbalans is weergegeven in Figuur B.6. Opvallend is de aanvankelijke forse suppletie die de zijdelingse afstroming compenseert. In dit compartiment is vooral in het begin het verlies naar de omgeving groot. Na ongeveer tien dagen raakt de omgeving verzadigd en wordt daardoor de zijdelingse afstroming geringer. Dit is bevestigd met veldwaarnemingen.

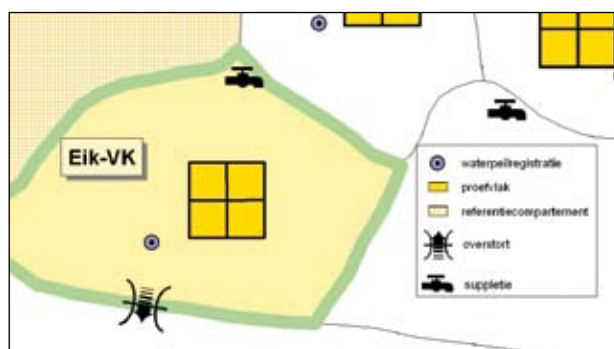


Figuur B.6 Waterbalans van compartiment Eik-WL in mm waterschijf per dag.

### Overzicht gegevens

Inundatie start (begin suppletie)	31-1-2005	8.30 uur
Inundatie eind (stop suppletie/aflaten) water	21-2-2005	10.00 uur
Inundatieduur (water boven maaiveld)	21,4 dagen	
Oppervlakte	1110 m <sup>2</sup>	
maaiveldhoogte gemiddeld	NAP -3,11 m	
maaiveldhoogte laagste	NAP -3,14 m	
maaiveldhoogte hoogste	NAP -3,07 m	
inundatiediepte gemiddeld	0,17 m	
inundatiediepte maximaal	0,32 m	
inundatiediepte minimaal	0,02 m	
Inundatieduur van diepte > 0,30 m	0,5 dagen	2.1 %
Inundatieduur van diepte > 0,25 m	0,7 dagen	3.1 %
Inundatieduur van diepte > 0,20 m	1,0 dagen	4.7 %
Inundatieduur van diepte > 0,15 m	17,3 dagen	81.8 %
Inundatieduur van diepte > 0,10 m	20,6 dagen	96.3 %
Inundatieduur van diepte > 0,05 m	19,9 dagen	99.2 %
Inundatieduur van diepte > 0,00 m	21,4 dagen	100.0 %

### Eik-VK



Figuur B.7 Inrichting compartiment Eik-VK.



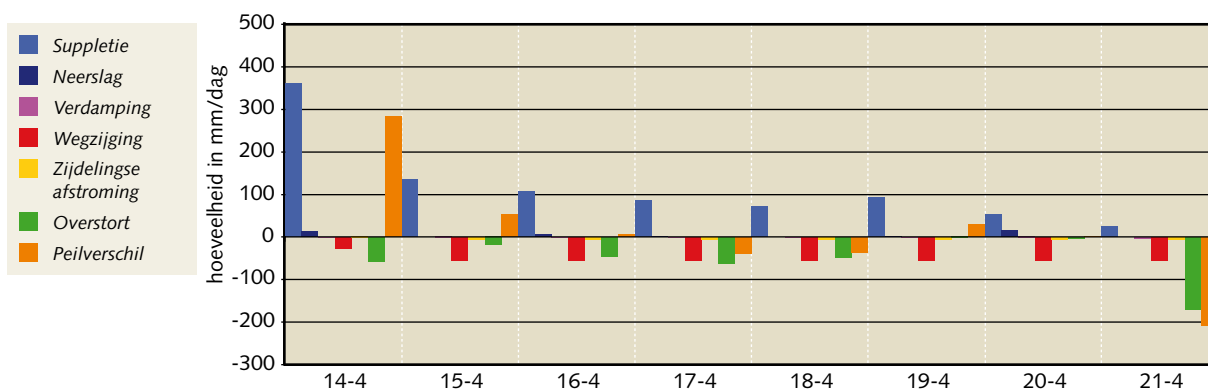
Het compartiment Eik-VK is voorzien van kaden met folie, waardoor de invloed van de suppletie van dit vak op de naastgelegen vakken minimaal is. Het waterpeil wordt bepaald door fluctuatie in aanvoer, neerslag en aanpassingen aan de overstort tijdens de proef. De invloed op het nabijgelegen compartiment Eik-WK is gering (Figuur B.8). De proef is beëindigd door het doorgraven van een klein deel van de zuidelijke kade op 21 april. Hierdoor is het waterpeil langzaam uitgezakt. Een dag later is deze buitenkade inclusief het folie verwijderd. De andere kaden zijn gelijktijdig met de kaden van de overige compartimenten na beëindiging van de gehele proef verwijderd. Het grondwater is eerst niet verder uitgezakt dan 0,20 m beneden maaiveld. Pas na het einde van de inundatie van Eik-VL zakte de grondwaterstand verder uit tot het normale niveau.



Figuur B.8 Peilverloop inundatie Eik-VK en omliggende compartimenten.

#### Waterbalans

Door het aanbrengen van het folie in de kaden is de zijdelingse afstroming in dit compartiment beperkt tot een geringe lekkage (Figuur B.9). Hierdoor is de gemiddelde dagelijkse suppletie met 77% teruggebracht. De grote overstort aan het eind is het gevolg van het leeg laten lopen van het compartiment.

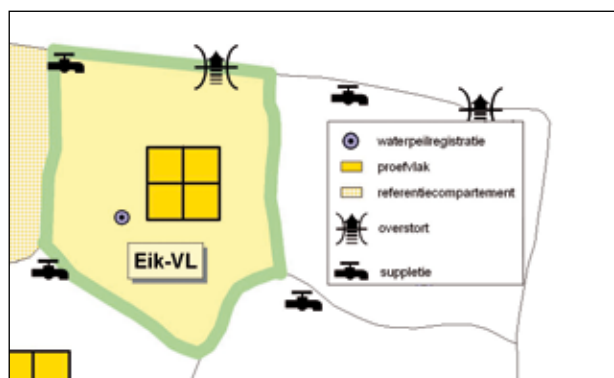


Figuur B.9 Waterbalans van compartiment Eik-VK in mm waterschijf per dag

Overzicht gegevens

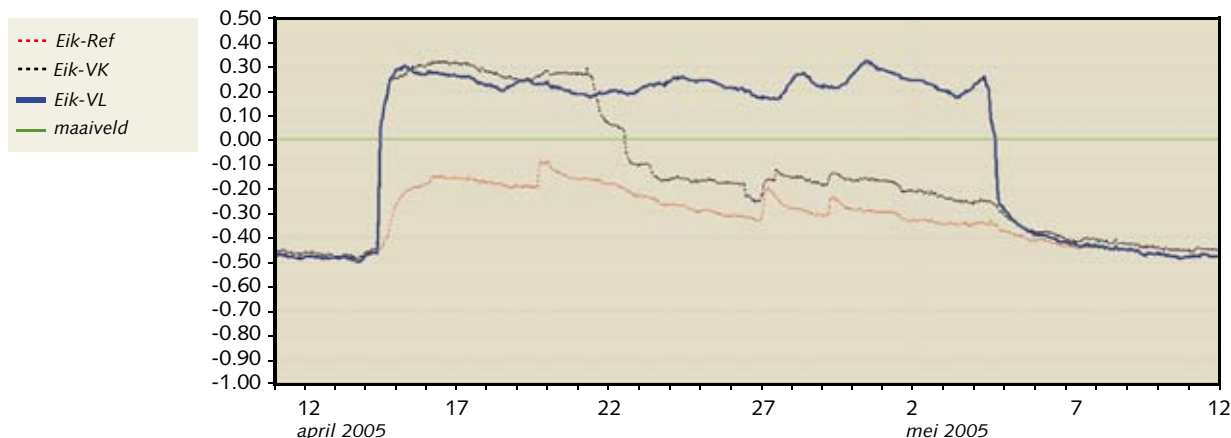
Inundatie start (begin suppletie)	14-4-2005	10.00 uur
Inundatie eind (stop suppletie/aflaten) water	21-4-2005	10.00 uur
Inundatieduur (water boven maaiveld)	8,0 dagen	
Oppervlakte	1305 m <sup>2</sup>	
maaiveldhoogte gemiddeld	NAP -3,06 m	
maaiveldhoogte laagste	NAP -3,11 m	
maaiveldhoogte hoogste	NAP -3,04 m	
inundatiediepte gemiddeld	0,22 m	
inundatiediepte maximaal	0,29 m	
inundatiediepte minimaal	0,21 m	
Inundatieduur van diepte > 0,30 m	0.0 dagen	0,0 %
Inundatieduur van diepte > 0,25 m	2,7 dagen	33,5 %
Inundatieduur van diepte > 0,20 m	6,7 dagen	81,3 %
Inundatieduur van diepte > 0,15 m	6,9 dagen	86,9 %
Inundatieduur van diepte > 0,10 m	7,0 dagen	88,5 %
Inundatieduur van diepte > 0,05 m	7,3 dagen	96,0 %
Inundatieduur van diepte > 0,00 m	8,0 dagen	100,0 %

**Eik-VL**



Figuur B.10 Inrichting compartiment Eik-VL.

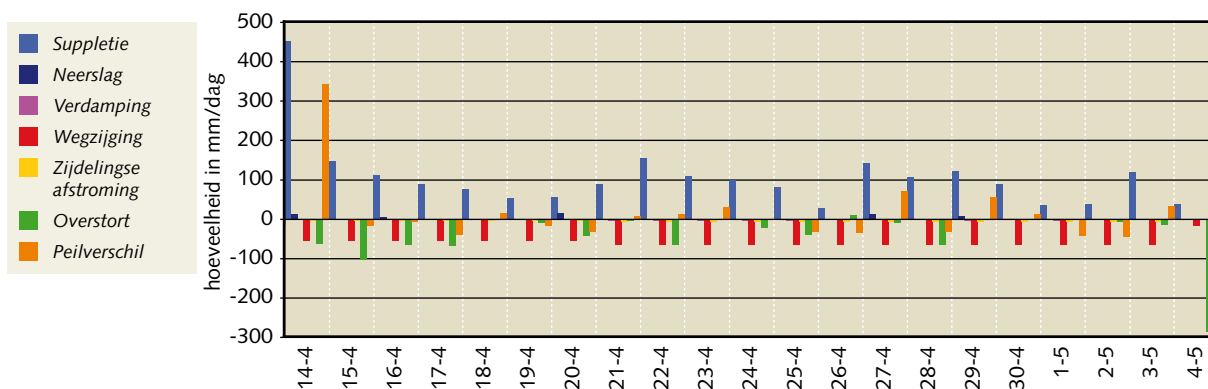
Compartiment Eik-VL is voorzien van kaden met folie, waardoor de zijdelingse afstroming naar de overige compartimenten minimaal is. De inundatiediepte varieerde globaal tussen 0,20 en 0,30 m. De fluctuaties zijn voornamelijk het gevolg van neerslag, schommelingen in aanvoer en overstort. Op 4 mei is 's morgens de kade ter plaatse van de overstort doorgestoken, terwijl later op die dag de kade en het folie van deze kade geheel is verwijderd. Het waterpeil zakte snel uit en is 's avonds al tot dieper dan 0,20 m beneden maaiveld gezakt. De eerste week hebben de gezamenlijke inundaties van Eik-VK en Eik-VL invloed gehad op het grondwater in het referentievak (Figuur B.11). Na beëindiging van de korte voorjaarsinundatie daalt de grondwaterstand in het referentievak weer tot ongeveer 0,30 m - maaiveld.



Figuur B.11 Peilverloop inundatie Eik-VL en omliggende compartimenten.

### Waterbalans

Door het aanbrengen van het folie in de kaden is de zijdelingse afstroming in dit compartiment beperkt tot een geringe lekkage (Figuur B.9). Hierdoor is de gemiddelde dagelijkse suppletie met 77% teruggebracht. De grote overstort aan het eind is het gevolg van het leeg laten lopen van het compartiment.

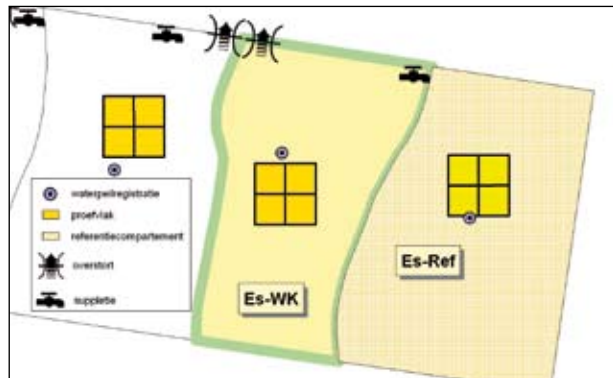


Figuur B.12 Waterbalans van compartiment Eik-VL in mm waterschijf per dag

### Overzicht gegevens

Inundatie start (begin suppletie)	14-4-2005	10.00 uur
Inundatie eind (stop suppletie/aflaten) water)	4-5-2005	8.00 uur
Inundatieduur (water boven maaiveld)	20,2 dagen	
Oppervlakte	1025 m <sup>2</sup>	
maaiveldhoogte gemiddeld	NAP -3,09 m	
maaiveldhoogte laagste	NAP -3,11 m	
maaiveldhoogte hoogste	NAP -3,06 m	
inundatiediepte gemiddeld	0,23 m	
inundatiediepte maximaal	0,32 m	
inundatiediepte minimaal	0,16 m	
Inundatieduur van diepte > 0,30 m	0,5 dagen	2,5 %
Inundatieduur van diepte > 0,25 m	5,4 dagen	26,9 %
Inundatieduur van diepte > 0,20 m	15,3 dagen	76,0 %
Inundatieduur van diepte > 0,15 m	19,8 dagen	98,3 %
Inundatieduur van diepte > 0,10 m	19,9 dagen	99,0 %
Inundatieduur van diepte > 0,05 m	20,1 dagen	99,8 %
Inundatieduur van diepte > 0,00 m	20,2 dagen	100,0 %

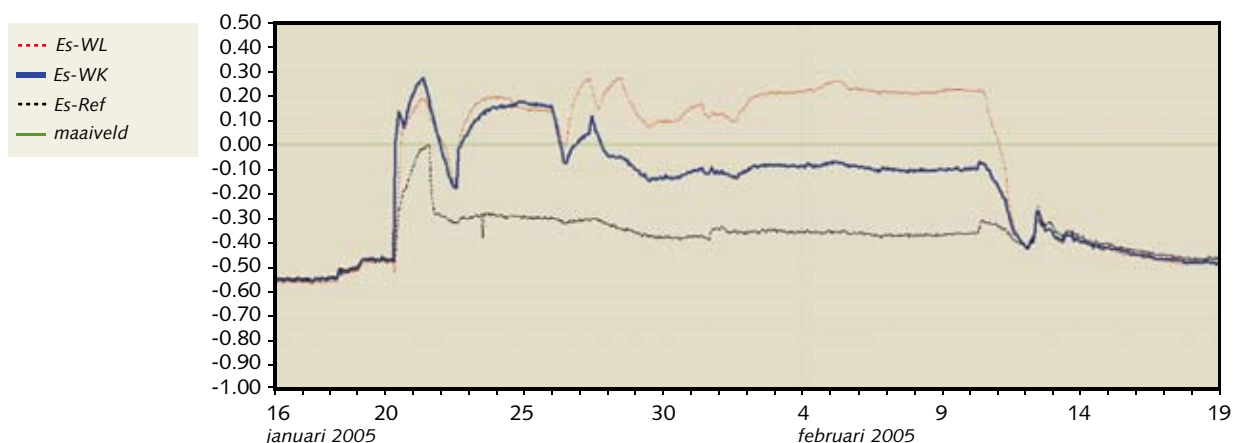
## Es-WK



Figuur B.13 Inrichting compartiment Es-WK.

Na het vullen van het compartiment Es-WK bleek de invloed op de grondwaterstand in het referentievak te groot (figuur B.14). Het grondwater is daar kortstondig gestegen tot net onder het maaiveld. De tweede dag is besloten om langs de essencompartmenten extra te ontwateren. Na het graven van een ontwateringssloot is de grondwaterstand in het referentievak direct gezakt tot ongeveer 0,30 m -maaiveld.

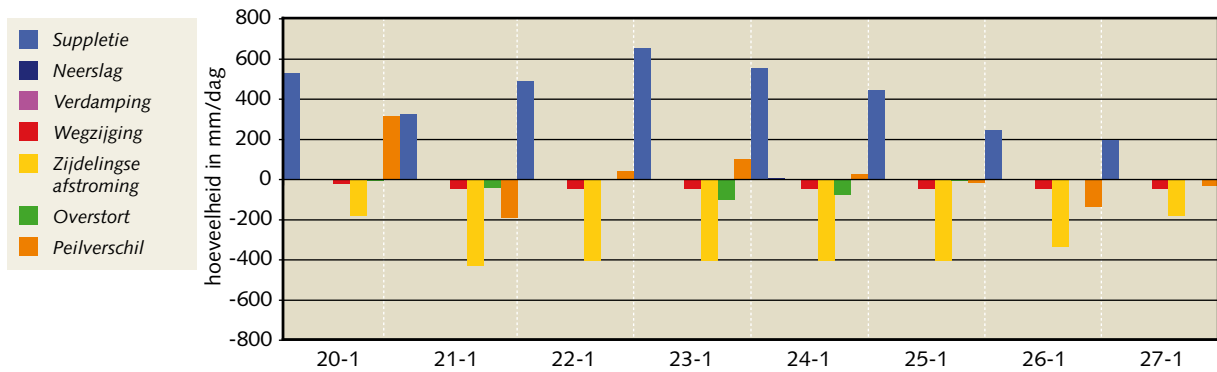
Het waterpeil in Es-WK is tijdens de inundatieperiode twee keer beneden het maaiveld gezakt. De eerste keer (op 22 januari) is de aanvoer te gering geweest om de relatief grote afstroming door de grond te compenseren. De tweede keer (26 januari) is de pompaanvoer over een periode van 12 uur uitgevallen. Er is in totaal gedurende 30 uur geen inundatie geweest. Als de inundatieduur hiermee gecompenseerd wordt, wordt deze 6,2 in plaats van 7,4 dagen. Op 27 januari is de proef beëindigd door het stoppen van de suppletie. Er zijn geen kaden door-gestoken of verwijderd. Het grondwater bleef nog wel onder invloed staan van het naastgelegen inundatie compartiment (Es-WL), en stelde zich tijdelijk in op een diepte van 0,10 tot 0,20 beneden maaiveld. Na beëindiging van de inundatie in Es-WL zakte het grondwater tot het normale niveau.



Figuur B.14 Peilverloop inundatie Es-WK en omliggende compartimenten

### Waterbalans

De waterbalans is weergegeven in figuur B.15. Door het ontbreken van folie in de kaden is in dit compartiment de zijdelingse afstroming een belangrijk post in de waterbalans. Dit verlies en ook de suppletie is hier wel ongeveer 15% minder dan bij het eikenvak Eik-WL.

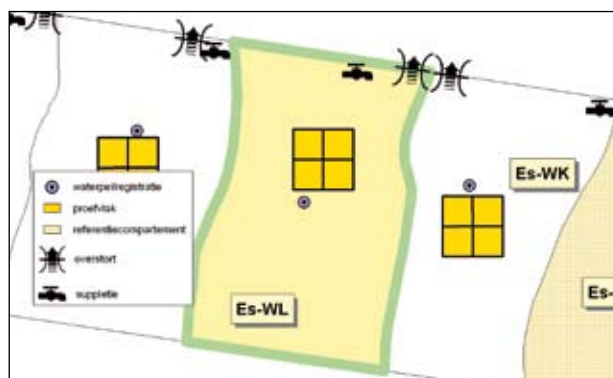


Figuur B.15 Waterbalans van compartiment Es-WL in mm waterschijf per dag.

### Overzicht gegevens

Inundatie start (begin suppletie)	20-1-2005	8.15 uur
Inundatie eind (stop suppletie/aflaten) water	27-1-2005	10.30 uur
Inundatieduur (water boven maaiveld)	7,4 dagen	
Oppervlakte	1345 m <sup>2</sup>	
maaiveldhoogte gemiddeld	NAP -3,05 m	
maaiveldhoogte laagste	NAP -3,10 m	
maaiveldhoogte hoogste	NAP -3,00 m	
inundatiediepte gemiddeld	0,09 m	
inundatiediepte maximaal	0,27 m	
inundatiediepte minimaal	-0,18 m	
Inundatieduur van diepte > 0,30 m	0,0 dagen	0,0 %
Inundatieduur van diepte > 0,25 m	0,2 dagen	2,8 %
Inundatieduur van diepte > 0,20 m	0,6 dagen	7,9 %
Inundatieduur van diepte > 0,15 m	2,8 dagen	37,9 %
Inundatieduur van diepte > 0,10 m	4,0 dagen	54,8 %
Inundatieduur van diepte > 0,05 m	5,0 dagen	67,2 %
Inundatieduur van diepte > 0,00 m	6,1 dagen	83,1 %

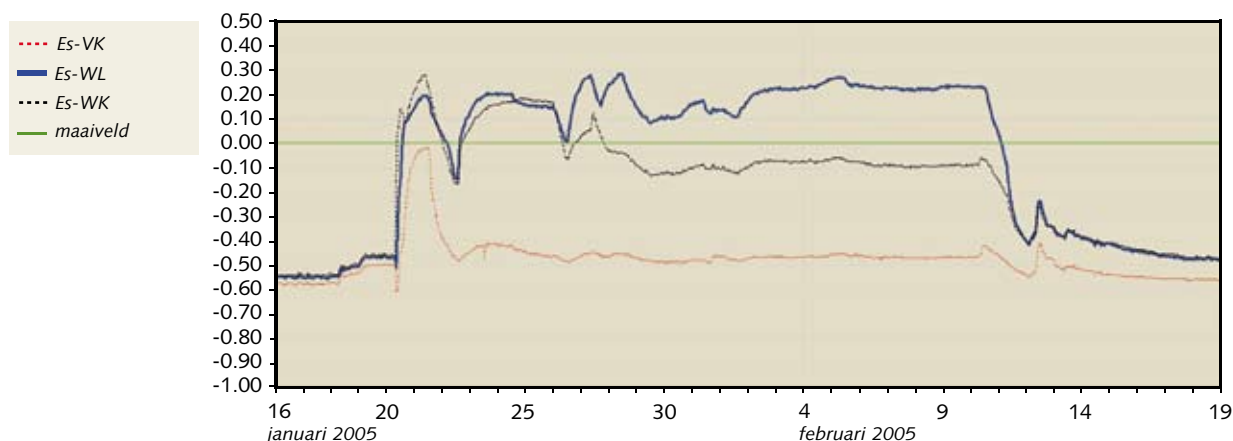
### Es-WL



Figuur B.16 Inrichting compartiment Es-WL.

Na het vullen van compartiment Es-WL bleek de invloed op de grondwaterstand in het referentievak en ook in Es-VK te groot (figuur B.17). Het grondwater is daar kortstondig gestegen tot net onder het maaiveld. De aanleg van extra ontwatering langs de essen compartimenten heeft dit probleem snel verholpen.

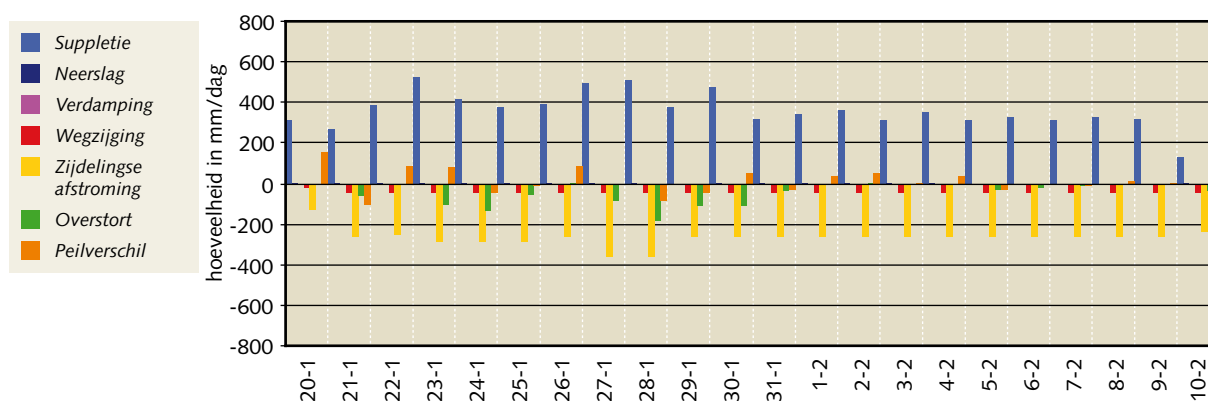
Het waterpeil in Es-WL is op 22 januari door te geringe aanvoer voor een korte tijd beneden het maaiveld gezakt. Op 26 januari is door het uitvallen de pomp het peil weer gezakt tot een niveau net boven het maaiveld. De overige fluctuaties zijn het gevolg van schommelingen in de aanvoer. Op 10 februari is de proef beëindigd door het stoppen van de suppletie. Er zijn geen kaden doorgestoken of verwijderd. Al snel is het grondwater gezakt tot het normale niveau.



Figuur B.17 Peilverloop inundatie Es-WL en omliggende compartimenten

### Waterbalans

De suppletie en de zijdelingse afstroming is groot, maar gemiddeld geringer dan het naastgelegen compartiment Es-WK. Ten opzichte van het eikencompartiment Eik-WL zijn deze posten ongeveer 30% minder.



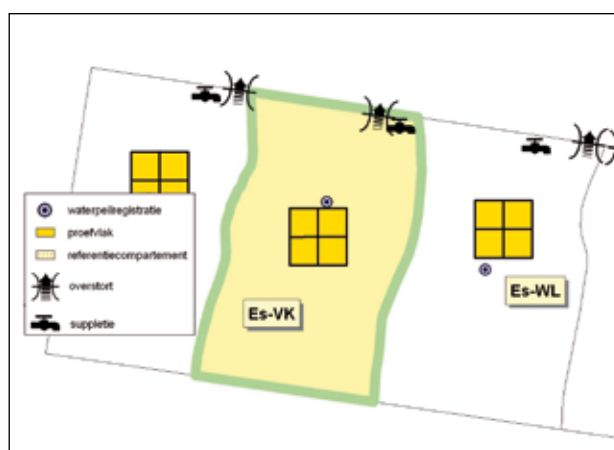
Figuur B.18 Waterbalans van compartiment Es-WL in mm waterschijf per dag



### Overzicht gegevens

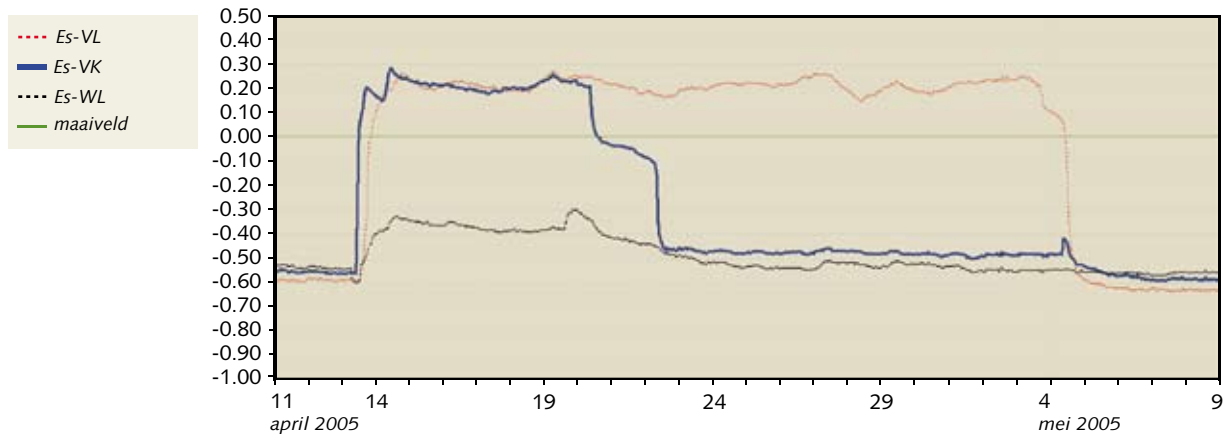
Inundatie start (begin suppletie)	20-1-2005	12.45 uur
Inundatie eind (stop suppletie/aflaten) water)	10-2-2005	12.15 uur
Inundatieduur (water boven maaiveld)	21,5 dagen	
Oppervlakte	1590 m <sup>2</sup>	
maaiveldhoogte gemiddeld	NAP -3,06 m	
maaiveldhoogte laagste	NAP -3,11 m	
maaiveldhoogte hoogste	NAP -3,03 m	
inundatiediepte gemiddeld	0,18 m	
inundatiediepte maximaal	0,28 m	
inundatiediepte minimaal	0,15 m	
Inundatieduur van diepte > 0,30 m	0,0 dagen	0,0 %
Inundatieduur van diepte > 0,25 m	1,6 dagen	7,7 %
Inundatieduur van diepte > 0,20 m	10,1 dagen	49,1 %
Inundatieduur van diepte > 0,15 m	14,3 dagen	69,4 %
Inundatieduur van diepte > 0,10 m	18,2 dagen	88,6 %
Inundatieduur van diepte > 0,05 m	19,5 dagen	94,7 %
Inundatieduur van diepte > 0,00 m	20,1 dagen	97,8 %

### Es-VK



Figuur B.19 Inrichting compartiment Es-VK.

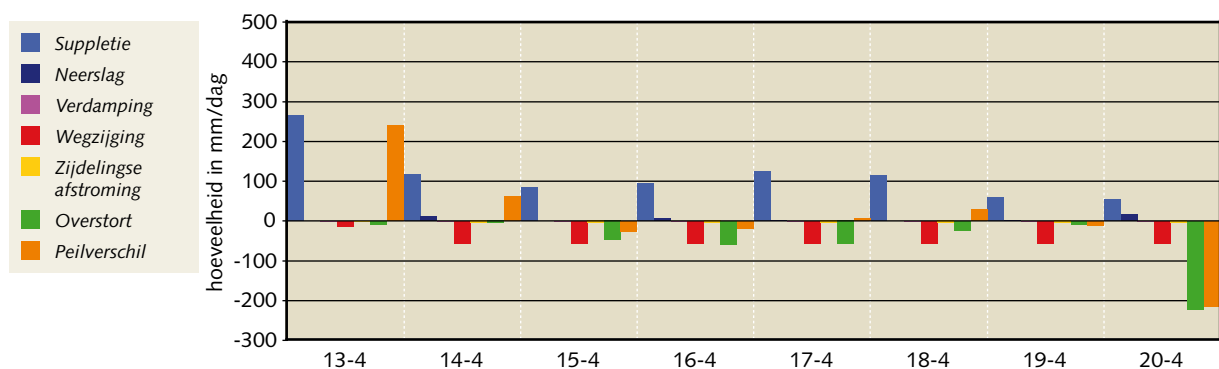
Compartiment Es-VK is voorzien van kaden met folie, waardoor de invloed van de suppletie van dit vak op de naastgelegen vak gering is. Het waterpeil blijft redelijk stabiel met een inundatiediepte van circa 0,20 m. Door het folie is het verlies door de ondergrond gereduceerd met 80 tot 85% ten opzichte van de winterinundaties zonder folie. De invloed op het compartiment Es-WL is dan ook gering (fig. II.12). De proef is beëindigd door het doorgraven van een klein deel van de noordelijke kade op 20 april. Hierdoor is het waterpeil langzaam uitgezakt. Op 22 april is deze buitenkade inclusief het folie in het geheel verwijderd. Het grondwater is hierna verder uitgezakt tot het normale niveau van ongeveer 0,50 m beneden maaiveld. Er is dan ook weinig invloed van het compartiment Es-VL waar de inundatie nog twee weken heeft geduurd. De folieschermen van de overige kaden van dit compartiment zijn na de inundaties verwijderd.



Figuur B.20 Peilverloop inundatie Es-VK en omliggende compartimenten.

### Waterbalans

Door het aanbrengen van folie in de kaden van het compartiment is een belangrijke post van de waterbalans, de zijdelingse afstroming, gereduceerd. Hierdoor is de suppletie beperkt tot ongeveer 30% van de hoeveelheden die in de winter zijn aangevoerd in de essencompartimenten zonder folie.

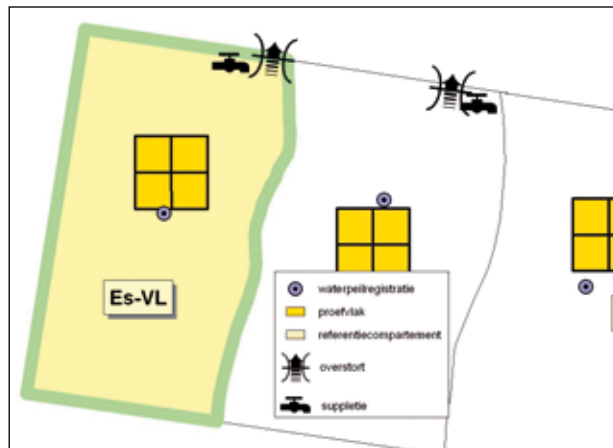


Figuur B.21 Waterbalans van compartiment Es-VK in mm waterschijf per dag.

### Overzicht gegevens

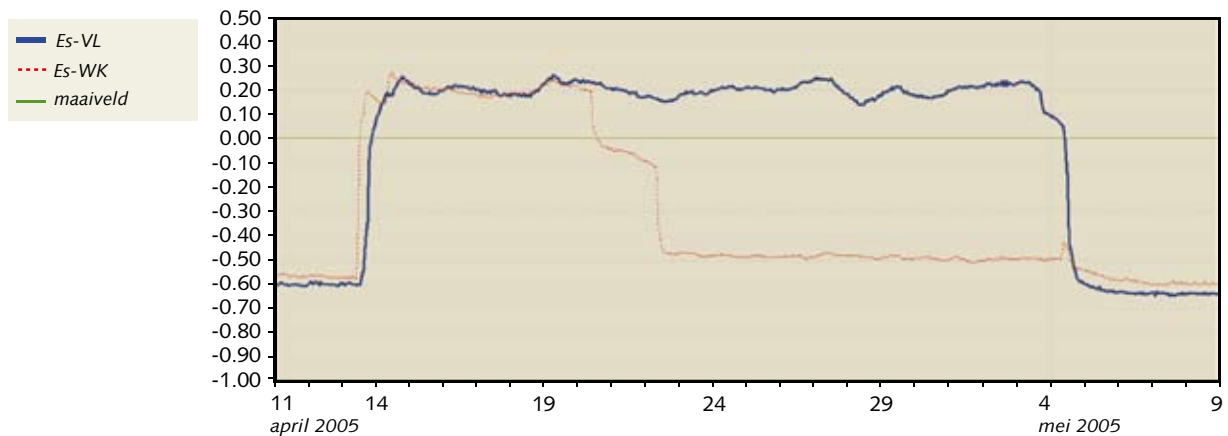
Inundatie start (begin suppletie)	13-4-2005	11.30 uur
Inundatie eind (stop suppletie/aflaten) water	20-4-2005	10.15 uur
Inundatieduur (water boven maaiveld)	7,1 dagen	
Oppervlakte	1550 m <sup>2</sup>	
maaiveldhoogte gemiddeld	NAP -3,04 m	
maaiveldhoogte laagste	NAP -3,08 m	
maaiveldhoogte hoogste	NAP -2,99 m	
inundatiediepte gemiddeld	0,20 m	
inundatiediepte maximaal	0,28 m	
inundatiediepte minimaal	0,15 m	
Inundatieduur van diepte > 0,30 m	0,0 dagen	0,0 %
Inundatieduur van diepte > 0,25 m	0,3 dagen	4,7 %
Inundatieduur van diepte > 0,20 m	4,2 dagen	59,4 %
Inundatieduur van diepte > 0,15 m	6,7 dagen	94,1 %
Inundatieduur van diepte > 0,10 m	6,8 dagen	95,9 %
Inundatieduur van diepte > 0,05 m	7,0 dagen	98,2 %
Inundatieduur van diepte > 0,00 m	7,1 dagen	100,0 %

## Es-VL



Figuur B.22 Inrichting compartiment Es-VL.

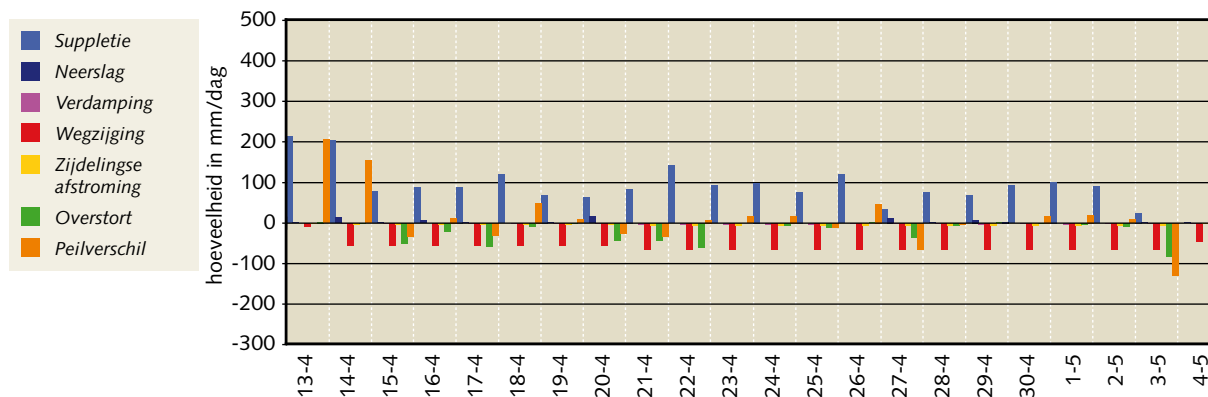
Compartiment Es-VL is voorzien van kaden met folie, waardoor de invloed van de suppletie van dit vak op de naastgelegen vak gering is. Het waterpeil blijft redelijk stabiel met een inundatiediepte van circa 0,20 m. Door het folie is het verlies door de ondergrond gereduceerd ten opzichte van de wintersituatie zonder folie met 80 tot 85%. De invloed op het compartiment Es-WK is dan ook gering (Figuur 88). Fluctuaties van het waterpeil zijn voornamelijk het gevolg van wisselende aanvoer. De proef is beëindigd door het doorgraven van een klein deel van de noordelijke kade op 3 mei, waarna het waterpeil uitzakte. Op 4 mei is deze kade met folie geheel verwijderd. Het folie van de overige kaden zijn enkele weken later verwijderd. Dit was pas mogelijk op het moment dat het terrein beter begaanbaar was voor een kraan.



Figuur B.23 Peilverloop inundatie Es-VL en omliggende compartimenten.

### Waterbalans

Ook bij dit compartiment is aanvoer van water sterk gereduceerd door het nagenoeg volledig beperken van de zijdelingse afstroming. Hier is nog eens 20% minder aangevoerd dan in het aangrenzende vak Es-VK met 1 week inundatie.



Figuur B.24 Waterbalans van compartiment Es-VL in mm waterschijf per dag

### Overzicht gegevens

Inundatie start (begin suppletie)	13-4-2005	15.00 uur
Inundatie eind (stop suppletie/aflaten) water	3-5-2005	17.30 uur
Inundatieduur (water boven maaiveld)	20,6 dagen	
Oppervlakte	1420 m <sup>2</sup>	
maaiveldhoogte gemiddeld	NAP -3,03 m	
maaiveldhoogte laagste	NAP -3,07 m	
maaiveldhoogte hoogste	NAP -2,97 m	
inundatiediepte gemiddeld	0,20 m	
inundatiediepte maximaal	0,26 m	
inundatiediepte minimaal	0,14 m	
Inundatieduur van diepte > 0,30 m	0,0 dagen	0,0 %
Inundatieduur van diepte > 0,25 m	0,2 dagen	1,0 %
Inundatieduur van diepte > 0,20 m	10,4 dagen	50,7 %
Inundatieduur van diepte > 0,15 m	19,3 dagen	93,9 %
Inundatieduur van diepte > 0,10 m	19,8 dagen	96,6 %
Inundatieduur van diepte > 0,05 m	20,5 dagen	99,6 %
Inundatieduur van diepte > 0,00 m	20,6 dagen	100,0 %

### A.3 Berekening waterbalansen

Om inzicht te krijgen in de hydrologische processen zijn waterbalansen opgesteld. De waterbalansen zijn op basis van daggegevens bepaald (foutenmarge  $\pm 5\%$ ). Factoren die onderdeel uitmaken van de waterbalans zijn: suppletie (S), neerslag (N), open water verdamping (Eo), peilverschil (P), wegzijging (W), zijdelingse afstroming/kadekwel (Z), en overstort (O). Hieronder worden deze begrippen uitgelegd, en wordt aangegeven hoe de verschillende factoren berekend zijn.

#### Suppletie

Met behulp van de registraties van het debiet van de pomp is de suppletie voor verschillende tijdstippen bekend. Per dag is met deze informatie de totale hoeveelheid verpompt water bepaald. Er is een inschatting gemaakt van de verdeling van deze totale hoeveelheid over de verschillende compartimenten. Deze inschatting is gemaakt op basis van incidentele controlemetingen van het debiet tijdens de inundaties in de compartimenten, aangevuld met visuele inschattingen. De debieten en de waterverdeling tussen de compartimenten zijn regelmatig gewijzigd (a.g.v. fijnstelling, starten of beëindigen van behandelingen). Hierdoor zijn er belangrijke schommelingen in de (afzonderlijke) debieten gedurende de proefperioden. Door optimalisatie van de sluitpost van de onderlinge balansen, is de verdeling van de aanvoer over de compartimenten op sommige momenten aangepast. De totale aanvoer is niet gewijzigd,

maar alleen de verdeling. Dit is toelaatbaar omdat de verdeling over het algemeen een initiële inschatting tijdens de vulling is geweest. In deze inschatting zit een marge, waarvan soms gebruik is gemaakt bij de vastlegging van de waterbalansen. Deze methode is alleen toegepast als de sluitpost niet binnen reële grenzen lag. De balansen zijn hiermee verbeterd.

#### ***Neerslag***

Hiervoor zijn de dagsommen van KNMI station 516 Harderwijk Sluis gebruikt.

#### ***Open water verdamping***

Hiervoor zijn de verdampinggegevens van KNMI station 269 Lelystad gebruikt. De verdamping heeft nauwelijks invloed op de waterbalans.

#### ***Peilverstil***

Dit is het dagelijks verschil van het open waterpeil dat geregistreerd is met de dataloggers. Dagen lopen van 0 tot 24 uur. Als het vullen start is het grondwater nog beneden maaiveld en moet rekening worden gehouden met het porievolume dat beschikbaar is voor het water. Ook bij het aflaten van het water aan het eind van de proef is hiervoor gecorrigeerd. Hierbij is uitgegaan van de gemiddelde maaiveldhoogte.

#### ***Wegzijing***

De wegzijing is de verticale flux van grondwater naar de Pleistocene ondergrond. De bodem bestaat uit een kleipakket van 0,80 à 1,10 m. Hieronder bevindt zich het Pleistocene zandpakket. Dit pakket is watervoerend en goed doorlatend. Door het opzetten van het grondwaterpeil ontstaat er een behoorlijk verschil in drukhoogte (potentiaalverschil) tussen het freatisch water en het Pleistocene grondwater. Als de onderzijde van het kleipakket niet volledig is afgesloten, stroomt grondwater vanuit de compartimenten naar het Pleistoceen. Bij de proefpercelen bevindt zich aan de onderzijde van het kleiprofiel grotendeels een afsluitende ongerijpte kleilaag van 0,05 à 0,20 m. Er zijn echter ook plekken waar een lokale kortsluiting is, met name kan dit het geval zijn waar boomwortels tot het Pleistoceen reiken. Per saldo resulteert dit in wegzijing.

De mate van wegzijing wordt bepaald door de stijghoogte in het Pleistoceen en de hoogte van het waterpeil. De stijghoogte in het Pleistoceen kan significant beïnvloed worden door de aanvulling als gevolg van wegzijing. De wegzijing kan dan ook variëren tijdens de proeven. Deze variatie is op basis van hydrologische kennis zo goed mogelijk ingeschat. Op enkele tijdstippen tijdens de proeven is het mogelijk geweest de wegzijing (zo goed mogelijk) te meten. Dit was met name in het voorjaar, omdat toen folie in de kaden is aangebracht waardoor de zijdelingse afstroming zeer beperkt is geweest. Op de enkele momenten waarop er geen suppletie, geen overstort en geen neerslag was, is het uitzakken van het waterpeil bepaald. De verdamping is te verwaarlozen, maar er is hierbij wel rekening gehouden met een ingeschat lekverlies door het foliekaden (2,5% van kadekwel zonder folie). Deze gegevens leverden de basis voor de grootte van de wegzijing in de compartimenten.

#### ***Zijdelingse afstroming / kadekwel***

De zijdelingse afstroming is de horizontale afstroming door en onder de kaden naar het bodemprofiel buiten het compartiment. Dit kan een compartiment zijn waar op dat moment geen inundatie is en/of het aangrenzende bosperceel. Met name het bovenste deel van het kleipakket is gerijpt en door de scheuren is het mogelijk dat er als gevolg van verschil in (grond)waterpeil tussen het compartiment en het aanliggende deel een belangrijke grondwaterstroming plaats vindt. Ook door de kaden kan enige afstroming plaats vinden maar de belangrijkste route is via de ondergrond. De kaden zijn namelijk goed verdicht en ook het profiel direct onder de kaden zijn tijdens het maken van de kaden verdicht. De totale zijdelingse afstroming is afhankelijk van de peilverstillen aan de zijden van de compartimenten. Dit kan dus per kade verschillend zijn omdat er sprake kan zijn van een inundatiecompartiment of een deel waar een lagere grondwaterstand heerst. Tijdens de proeven kan het ook variëren omdat de grondwaterstand kan

wijzigen of een inundatie in een naastliggend compartiment beëindigd wordt. Hiermee is zoveel mogelijk rekening gehouden bij het opstellen van de waterbalansen.

Tijdens de proeven in de winter is gebleken dat de verdichting onder de kaden niet het beoogde effect heeft gehad omdat er toch te veel verlies was door zijdelingse afstroming. Om dit te minimaliseren zijn voor de proeven in het voorjaar de kaden voorzien van een foliescherm.

Deze folie is aangebracht tot in de ongerijpte klei, ofwel tot nagenoeg de onderzijde van het kleipakket (ongeveer 0,90 m -mv). Doordat tijdens de voorjaarproeven de wegzijging is bepaald (zie wegzijging), was het mogelijk om op dezelfde wijze als bij de wegzijging (geen suppletie, neerslag en overstort) de basis voor zijdelingse afstroming te bepalen.

### **Overstort**

De overstort is de hoeveelheid water die uit het compartiment stroomt via een overstort in de kade. De hoeveelheid is afhankelijk van het waterpeil en de dimensies van de constructie. De overstorten zijn gedurende de proeven incidenteel aangepast in hoogte en breedte. De hoeveelheden zijn niet gemeten, maar wel is tijdens de proef de mate van overstort visueel geregistreerd. Met deze informatie (afmetingen, overstorthoogte, overstortduur) is met een hydraulische formule het debiet berekend voor verschillende situaties. Dit geeft een grove indicatie van de invloed op de waterbalans. Vervolgens is de overstort berekend als sluitpost van de waterbalans. In deze term zit dus eigenlijk de overstort, aangevuld met de sluitpost (beide factoren zijn niet exact te onderscheiden). Mede de resultaten van berekening van de overstort zijn aanleiding geweest om incidenteel de verdeling van de aanvoer te wijzigen, zodat de overstort voldoet aan de informatie die de visuele waarnemingen geven.

## **A.4 Waterkwaliteit**

### **A.4.1 2004 (voor inundatie)**

parameter	Eenheid	beek	tocht	beek	tocht	beek	tocht	beek	tocht	Eik-VL	Es-WL
		16-aug	16-aug	23-sep	23-sep	19-okt	19-okt	15-nov	15-nov	01-dec	02-dec
pH	DIMSLS	7,4	7,4	7,5	7,4	7,6	7,6	7,2	7,4	7,3	7,25
O2	mg/l	4,7	5,8	6,1	6,4	5	6,2	4,1	5,8		
O2%	%	51	62	58	60	44	56	35	50		
T	oC	19,1	18,1	13,3	12,4	9,8	10,4	8,9	8,3		
GELDHD	mS/m	87	40	90	98	94	98	120	100	180	474
ZICHT	cm	30	>80	>20	>30	>20	>60	>20	>40		
KLEUR	DIMSLS	bruin	helder	licht bruin	helder	bruin	helder	licht bruin	helder		
KjN	mg/l	1,11	0,65	0,8	0,31	0,82	0,58	0,77	1,04		
NH4	mg/l	0,29	0,14	0,26	0,32	0,18	0,26	0,17	0,46		
s_NO3NO2	mg/l	<0,05	0,55	<0,05	0,65	<0,05	0,65	<0,05	0,62		
NO3	mg/l	<0,05	0,49	<0,05	0,61	<0,05	0,62	<0,05	0,59	<0,05	<0,05
NO2	mg/l	0,02	0,06	0,02	0,04	0,02	0,03	0,02	0,03	<0,01	<0,02
P	mg/l	0,18	<0,04	0,12	<0,04	0,11	<0,04	0,23	0,05		
P-tot	mg/l									<0,15	<0,15
PO4	mg/l	0,09	0,01	0,07	0,01	0,09	0,01	0,14	<0,01	<0,05	<0,05
Cl	mg/l	135	130	140	135	145	135	130	135	260	145
HCO3	mg/l									428	474
SO4	mg/l									290	150
Na	mg/l									140	150
K	mg/l									9,6	5
Ca	mg/l									240	130
Mg	mg/l									30	14
totale hardheid (ber.)	mmol/l									7,37	3,94
NH4	mg/l									0,14	0,11
Fe	mg/l									0,11	0,06
D.O.C	mg/l									9	13

#### A.4.2 2005 (tijdens inundatie)

Meetpunt	datum	pH	O2	O2	T	EGV	Cl	KjN	NH4	NO3	NO2	Ptot	PO4	SO4	alkalin.	Ca	K	Mg	Na	Fe
	2005	DIMSLS	mg/l	%	oC	mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
ES-WK	20-jan	7,8		92	8,2	97	130	1,08	0,49	0,35	0,03	0,11	0,04	100	3,6	100	6,6	14	81	0,75
ES-WK	23-jan	7,8	10,4	81	5,5	96	125	1,00	0,60	0,30	0,02	0,07	0,02	100	3,6	100	5,3	14	79	0,97
ES-WK	25-jan	7,9	9,9	69	1,2	98	130	1,03	0,84	0,23	0,02	0,05	0,01	100	3,6	99	4,6	13	81	0,94
ES-WK	27-jan	7,1	8,4	60	2,2	101	135	1,01	0,61	0,33	0,02	0,06	0,02	110	3,6	110	6,7	13	79	0,83
ES-WL	20-jan	7,8	9,6	83	8,3	97	130	1,58	0,68	0,34	0,03	0,08	0,02	110	3,5	100	5,0	14	81	0,89
ES-WL	23-jan	7,7	8,5	66	5,5	96	130	0,98	0,72	0,30	0,02	0,05	0,01	100	3,6	99	4,6	14	80	1,20
ES-WL	25-jan	7,8	10,0	70	2,0	98	130	1,13	0,82	0,25	0,02	0,05	0,02	100	3,5	100	4,6	14	81	1,00
ES-WL	27-jan	7,2	10,0	73	2,5	100	135	1,24	0,94	0,24	0,02	0,06	0,01	120	3,5	100	4,7	14	82	0,98
ES-WL	29-jan	7,2	9,2	69	4,0	104	140	1,52	1,00	0,30	0,02	0,07	0,01	110	3,6	100	4,6	14	85	0,89
ES-WL	1-feb	7,1	9,8	76	5,7	100	135	1,19	0,89	0,31	0,02	0,04	0,01	110	3,6	100	4,5	14	82	0,76
ES-WL	4-feb	7,6	7,4	60	7,2	99	135	1,13	0,82	0,33	0,02	0,04	0,01	110	3,6	110	4,3	13	83	0,79
ES-WL	7-feb	7,7	10,3	77	3,6	102	140	0,98	0,85	0,28	0,02	0,04	0,01	110	3,7	100	4,4	15	90	0,79
ES-WL	10-feb	7,8	10,1	84	7,3	97	135	0,95	0,70		0,02	0,04	0,01	98	3,5	99	4,6	14	84	0,58
ES-VK	14-apr	7,7	10,4	102	10,6	98	135	4,02	0,43	0,20	0,03	0,06	0,01	110	3,4	96	4,8	14	83	0,66
ES-VK	16-apr	7,8	8,8	80	10,6	97	130	0,55	0,10	0,05	0,02	0,08	0,01	100	3,4	97	7,0	14	80	0,30
ES-VK	18-apr	7,9	9,2	86	11,9	99	140	0,97	0,14	0,09	0,02	0,05	0,01	100	3,5	100	5,9	14	84	0,26
ES-VK	20-apr	7,9	9,0	76	9,5	94	130	0,69	0,10	0,05	0,02	0,04	0,01	100	3,3	95	6,5	13	77	0,13
ES-VL	14-apr	7,7	7,4	67	10,8	99	140	1,65	0,47	0,20	0,03	0,05	0,01	110	3,3	95	4,9	14	84	0,58
ES-VL	16-apr	7,9	8,7	78	10,5	98	135	0,52	0,14	0,20	0,02	0,06	0,01	100	3,4	99	5,9	14	82	0,41
ES-VL	18-apr	7,7	9,6	91	12,9	101	135	0,43	0,15	0,14	0,02	0,04	0,01	110	3,6	100	5,1	14	85	0,33
ES-VL	20-apr	7,9	8,3	74	9,5	96	130	0,67	0,16	0,22	0,02	0,06	0,01	100	3,3	96	4,9	13	81	0,27
ES-VL	23-apr	8,0	9,1	81	10,4	100	140	0,77	0,19	0,22	0,03	0,04	0,01	100	3,5	97	4,6	14	84	0,41
ES-VL	26-apr	7,8	7,2	98	13,1	99	140	0,72	0,11	0,14	0,02	0,08	0,01	110	3,4	92	4,9	13	88	0,30
ES-VL	29-apr	8,0	7,9	77	14,4	96	135	1,03	0,19	0,24	0,03	0,06	0,01	95	3,3	94	4,6	14	80	0,33
ES-VL	3-mei	7,6	6,8	64	14,3	100	135	0,72	0,20	0,73	0,03	0,04	0,01	98	3,5	100	4,7	14	81	0,21
Eik-WL	1-feb	7,1	8,6	67	5,4	101	135	1,15	0,84	0,32	0,02	0,05	0,01	110	3,6	100	4,7	14	83	0,77
Eik-WL	3-feb	7,7	9,0	76	8,5	98	135	1,30	0,80	0,37	0,02	0,06	0,01	110	3,3	100	4,4	14	84	0,78
Eik-WL	5-feb	7,7	9,1	70	4,6	103	145	1,06	0,79	0,30	0,02	0,04	0,01	110	3,6	100	4,5	14	92	0,80
Eik-WL	7-feb	7,7	10,0	75	3,6	102	140	1,17	0,86	0,32	0,02	0,04	0,01	110	3,6	100	4,5	15	90	0,84
Eik-WL	10-feb	7,8	9,8	81	7,4	97	135	1,12	0,78	0,35	0,02	0,04	0,01	120	3,5	99	4,5	14	84	0,74
Eik-WL	13-feb	6,9	9,4	76	5,4	90	115	1,21	0,66	0,59	0,02	0,07	0,01	92	3,5	98	4,5	13	70	1,30
Eik-WL	16-feb	6,8	10,1	75	3,4	96	110	1,08	0,78	0,39	0,02	0,04	0,01	120	3,6	100	4,5	14	80	1,00
Eik-WL	18-feb	7,6	8,1	62	3,9	99	130	1,21	0,73	0,33	0,02	0,04	0,01	110	3,6	100	4,5	14	85	0,78
Eik-WL	21-feb	7,7	8,8	66	3,3	98	130	0,93	0,70	0,35	0,02	0,04	0,01	100	3,6	100	4,5	14	84	0,63
Eik-VK	15-apr	7,8	6,9	64	11,7	98	140	2,93	0,32	0,25	0,05	0,41	0,01	110	3,2	94	5,3	14	84	0,53
Eik-VK	17-apr	7,6	6,5	59	10,3	98	135	0,74	0,27	0,40	0,05	0,05	0,01	100	3,3	97	5,0	14	82	0,36
Eik-VK	19-apr	8,0	8,3	79	12,5	99	135	0,93	0,20	0,26	0,04	0,09	0,01	100	3,4	99	4,9	14	84	0,29
Eik-VK	21-apr	7,7	6,5	55	8,4	97	130	0,87	0,17	0,25	0,03	0,05	0,01	100	3,4	96	4,6	13	80	0,28
Eik-VL	15-apr	7,5	7,2	68	12,1	98	135	1,00	0,37	0,32	0,04	0,11	0,01	100	5,3	95	5,1	14	83	0,46
Eik-VL	17-apr	7,5	7,0	64	10,4	98	130	0,68	0,26	0,27	0,05	0,05	0,01	100	3,3	96	5,2	14	82	0,35
Eik-VL	19-apr	7,6	7,8	73	12,5	99	135	0,83	0,20	1,39	0,05	0,08	0,01	100	3,4	99	4,9	14	84	0,31
Eik-VL	21-apr	7,5	7,5	64	8,3	95	130	0,69	0,10	0,24	0,03	0,05	0,01	100	3,3	93	4,9	13	78	0,17
Eik-VL	24-apr	7,8	8,8	79	10,3	101	140	0,81	0,15	0,24	0,03	0,05	0,01	100	3,4	97	4,5	14	86	0,34
Eik-VL	27-apr	7,8	9,2	87	12,6	92	130	0,91	0,10	0,17	0,03	0,09	0,01	95	3,1	88	4,4	13	79	0,26
Eik-VL	30-apr	7,6	9,0	85	12,5	98	135	0,67	0,26	0,22	0,03	0,04	0,01	100	3,3	96	4,3	14	80	0,27
Eik-VL	4-mei	7,3	6,2	58	12,6	101	140	0,73	0,30	1,60	0,04	0,04	0,01	110	3,4	98	4,4	14	85	0,25
Buis1 (eik)	18-jan	7,7	8,5	70	6,2	101	140	1,32	0,97	0,32	0,02	0,05	0,02	110	3,6	100	4,6	14	86	1,10
Buis1 (eik)	31-jan	7,1	6,8	54	7,3	101	135	1,29	0,97	0,33	0,02	0,05	0,01	110	3,6	100	4,3	14	82	0,78
Buis1 (eik)	14-apr	7,8	8,8	86	13,7	98	135	1,30	0,53	0,26	0,03	0,09	0,01	100	3,5	98	4,4	14	84	1,40
Buis2 (es)	20-jan	7,7	10,1	83	7,1	98	130	1,22	0,76	0,32	0,02	0,06	0,01	100	3,6	100	4,5	14	80	1,20
Buis2 (es)	13-apr	7,6	9,4	89	12,9	99	135	0,95	0,51	0,24	0,02	0,04	0,01	110	3,4	96	4,4	14	83	0,60



## B Bodem en humus

### B.1 Bodemkartering



Figuur B.25 De locaties van de bodemkartering in het eikenvak.



Figuur B.26 De locaties van de bodemkartering in het essenvak.

#### **Beschrijving boringen**

Toelichting bij de gebruikte afkortingen

Ala, Alc2+3 = Almere afzetting (klei), volgens publicatie Flevovericht nr. 258, De bodem van Oostelijk Flevoland, Ente, Koning en Koopstra;

Zu = Zuiderzee afzetting (klei), volgens publicatie Flevovericht nr. 258, De bodem van Oostelijk Flevoland, Ente, Koning en Koopstra.

*Eikenvak 123e2*

Boring 8

0-65	klei, 100% gerijpt
65-70	klei, 50% gerijpt
70-80	klei, 10% gerijpt
80->	zand, ongerijpt

#### Boring 18

0-28 bouwvoor, klei, 100% gerijpt  
28-35 Zu, 100% gerijpt  
35-48 Ala, 100% gerijpt  
48-75 Alc2+3, 100% gerijpt tot 73 cm  
75-83 Zand, vP, grijs, 0% rijping op 76 cm  
83-88 veen  
88->95 zand, abP

#### Boring 19

0-25 bouwvoor  
25-32 Zu  
32-57 Ala  
57-82 Alc2+3, 100% gerijpt tot 70, 50% gerijpt tot 80, >80 rijping 0%  
82-91 veen  
91->100 zand, aP

#### Boring 20

0-25 bouwvoor  
25-35 Zu  
35-60 Ala  
60-84 Alc2+3, 100% gerijpt tot 74, 50% gerijpt tot 80, >80 rijping 0%  
84-87 zand, vP  
87->93 veen

#### Boring 21

0-25 bouwvoor  
25-36 Zu  
36-54 Ala  
54-80 Alc2+3, 100% gerijpt tot 76, 15% gerijpt tot 80, >80 rijping 0%  
80->86 zand, aP

#### Boring 24, grondwater 48

0-25 bouwvoor  
25-43 Zu  
43-57 Ala  
57-76 Alc2+3, 100% gerijpt tot 65, 50% -20% gerijpt tot 76, >76 rijping 0%  
>76 zand, vP

#### Boring 25, grondwater 54

0-50 gemengd, bouwvoor/Zu/Ala (verstoord profiel)  
50-58 Ala  
58-76 Alc2+3, 100% gerijpt tot 65, 60% gerijpt tot 70, 15% gerijpt tot 76, >76 rijping 0%  
>76 zand, vP

#### Boring 26, grondwater 48

0-23 bouwvoor  
23-31 Zu  
31-55 Ala  
55-77 Alc2+3, 100% gerijpt tot 62, 60% gerijpt tot 73, 15% gerijpt tot 77, >77 rijping 0%  
>77 zand, vP

Boring 27, grondwater 49

0-30 bouwvoor  
30-41 Zu  
41-65 Ala  
65-83 Alc2+3, 100% gerijpt tot 68, 60% gerijpt tot 75, 10% gerijpt tot 80, >80 rijping 0%  
>83 zand, vP

Boring 28, grondwater 57

0-27 bouwvoor  
27-44 Zu  
44-67 Ala  
67-81 Alc2+3, 100% gerijpt tot 62, 60% gerijpt tot 75, 10% gerijpt tot 77, >77 rijping 0%  
81-82 zand, vP  
82->94 zand, aP

Boring 29, grondwater 49

0-25 bouwvoor  
25-38 Zu  
38-60 Ala  
60-81 Alc2+3, 100% gerijpt tot 62, 60% gerijpt tot 70, >70 rijping 0%  
81-85 zand, vP  
85-95 veen  
95->100 zand, aP

Boring 30, grondwater 48

0-26 bouwvoor  
26-34 Zu  
34-56 Ala  
56-80 Alc2+3, 100% gerijpt tot 67, 80% gerijpt tot 74, 15% gerijpt tot 80, >80 rijping 0%  
>80 zand, vP

Boring 31, grondwater niet bekend

0-26 bouwvoor  
26-33 Zu  
33-59 Ala  
59-79 Alc2+3, 100% gerijpt tot 59, 50% gerijpt tot 69, 10% gerijpt tot 74, >74 rijping 0%  
79-82 zand, vP  
82-89 zand/veen, gelaagd  
89-96 veen  
96->100 zand, aP

Boring 32, grondwater 55

0-26 bouwvoor  
26-36 Zu  
36-57 Ala  
57-83 Alc2+3, 100% gerijpt tot 60, 50% gerijpt tot 74, 10% gerijpt tot 76, >76 rijping 0%  
83-86 zand, vP  
>86 zand, aP

Boring 33, grondwater 48

0-22 bouwvoor  
22-33 Zu  
33-58 Ala  
58-73 Alc2+3, 100% gerijpt tot 61, 60% gerijpt tot 66, 20% gerijpt tot 70, 5% gerijpt tot 76,  
>76 0% rijping  
>73 zand, vP

Essenvak 123j2

Boring 34 grondwater 62

0-25 bouwvoor  
25-40 Zu  
40-62 Ala  
62-93 Alc2+3, 100% gerijpt tot 76, 50% gerijpt tot 85, >85 rijping 0%  
93->100 zand, cP

Boring 35, grondwater niet bekend

0-23 bouwvoor  
23-43 Zu  
43-58 Ala  
58-91 Alc2+3, 100% gerijpt tot 67, 80% - 15% gerijpt tot 83, >83 rijping 0%  
>91 zand, vP

Boring 36, grondwater 52

0-25 bouwvoor  
25-42 Zu  
42-68 Ala  
68-92 Alc2+3, 100% gerijpt tot 71, 80% - 10% gerijpt tot 85, >85 rijping 0%

Boring 37, grondwater 57, maaiveld op plek iets hoger dan de omgeving

0-27 bouwvoor  
27-42 Zu  
42-70 Ala  
70-98 Alc2+3, 100% gerijpt tot 77, 80% - 5% gerijpt tot 85, >85 rijping 0%

Boring 38, grondwater 55

0-23 bouwvoor  
23-45 Zu  
45-74 Ala  
74-99 Alc2+3, 100% gerijpt tot 74, 70% gerijpt tot 77, 5% gerijpt tot 82, >82 0% rijping  
>99 zand, vP

Boring 39, grondwater 55

0-24 bouwvoor  
24-42 Zu  
42-68 Ala  
68-98 Alc2+3, 100% gerijpt tot 68, 70% - 10% gerijpt tot 83, >83 rijping 0%  
>98 zand, vP

Boring 40, grondwater 54

0-26 bouwvoor  
26-39 Zu  
39-74 Ala  
74-102 Alc2+3, 100% gerijpt tot 77, 80% - 15% gerijpt tot 91, >91 rijping 0%  
>102 zand, vP

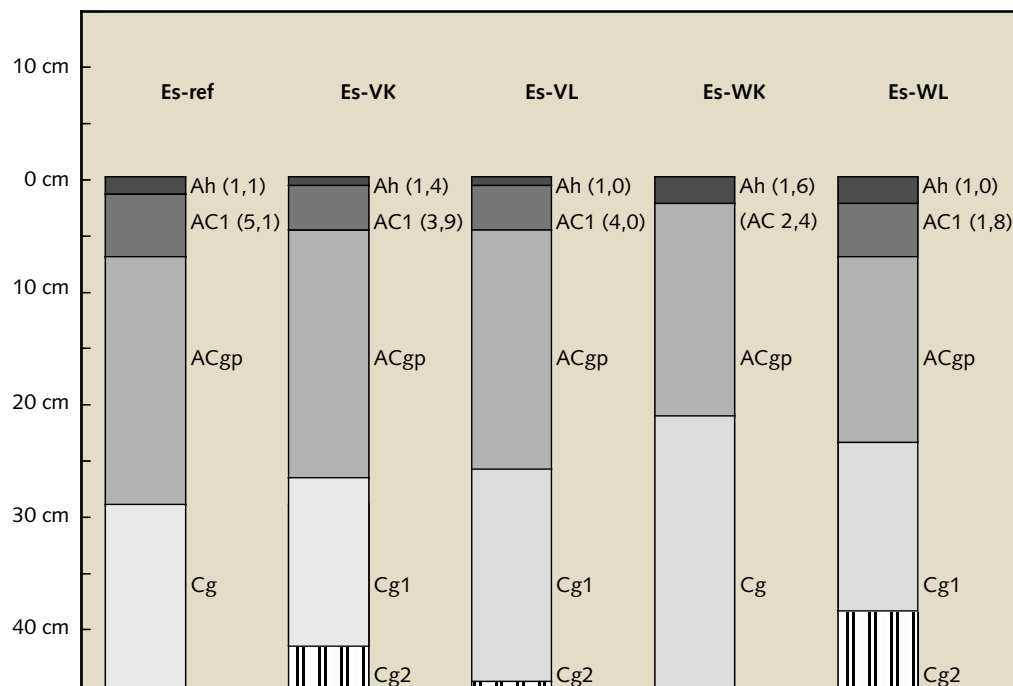
Boring 41, grondwater 52

0-30 bouwvoor  
30-47 Zu  
47-66 Ala  
66-90 Alc2+3, 100% gerijpt tot 76, 60% - 20% gerijpt tot 85, >85 rijping 0%  
>90 zand, vP

## B.2 Humusprofielen

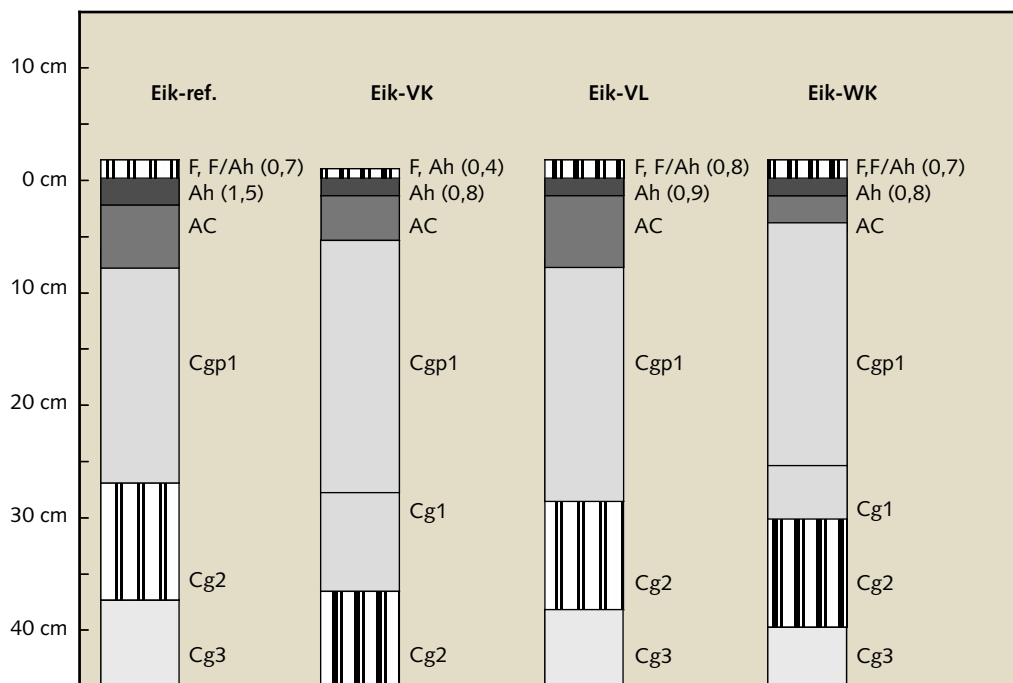
Humusprofielen essenperceel

Humusvormtype: Vaaghydromull



Humusprofielen eikenperceel

Humusvormtype: Vaaghydromull



### B.3 Resultaten analyse bodem en humus

Eik-Ref	2004		2005		2006		2007	
	gem.	sdev	gem.	sdev	gem.	sdev	gem.	sdev
pHKCl	6,86	0,06	6,94	0,03	6,90	0,04	6,66	0,05
pH0-5	6,58	0,13	6,74	0,01	6,89	0,01	6,47	0,06
org st	4,63	0,27	4,53	0,41	5,94	0,97	5,77	1,38
os0-5	6,60	0,82	7,99	0,66	7,73	0,93	8,50	1,57
Pox	9,33	0,52	8,38	0,80	10,24	2,38	10,42	1,01
Feox	85,8	3,89	93,7	7,48	108,5	9,53	90,5	3,25
P/Feox	10,89	0,69	8,93	0,15	9,39	1,61	9,39	1,61
Panorg.	39,11	2,87	35,96	2,72	37,38	7,06	36,60	2,52
Pt	54,35	3,87	51,21	2,98	55,70	8,41	49,55	2,03
Porg	16,93	1,47	15,24	0,99	18,33	3,09	12,94	1,76
Nt	210,6	23,72	199,8	10,78	388,9	128,5	179,9	40,98
NNH4	0,295	0,070	0,478	0,037	0,733	0,068	0,820	0,011
NNO3	0,113	0,039	0,102	0,070	0,117	0,045	0,117	0,045
C/N	11,06	0,93	11,41	1,66	8,02	1,81	16,01	0,43
C/Porg	137,8	15,64	134,6	10,71	162,5	16,50	229,8	78,71
F,F/Ah(d)	0,38	0,25	0,35	0,10	0,31	0,22	0,31	0,22

Eik-VK	2004		2005		2006		2007	
	gem.	sdev	gem.	sdev	gem.	sdev	gem.	sdev
pHKCl	6,97	0,05	6,95	0,01	6,88	0,03	6,68	0,10
pH0-5	6,78	0,05	6,78	0,03	6,86	0,01	6,45	0,03
org st	5,45	0,70	4,39	0,26	6,57	1,04	5,25	0,47
os0-5	8,47	3,69	7,92	1,47	9,39	0,32	10,3	1,78
Pox	8,73	0,41	8,58	0,88	9,26	0,63	8,82	0,93
Feox	84,69	1,40	94,78	1,68	97,48	2,74	92,12	5,68
P/Feox	0,103	0,006	0,091	0,009	0,095	0,005	0,096	0,006
Panorg	36,29	2,19	36,47	3,26	34,73	1,71	32,45	2,95
Pt	53,97	3,22	50,25	1,69	52,80	3,52	46,90	3,71
Porg	17,69	1,47	13,78	2,36	18,07	2,57	14,45	1,83
Nt	241,2	36,0	149,0	10,98	304,9	39,1	142,3	9,1
NNH4	0,397	0,080	0,480	0,027	0,794	0,121	0,780	0,081
NNO3	0,184	0,084	0,106	0,069	0,138	0,060	0,161	0,060
C/N	11,32	0,40	14,74	0,54	10,77	1,18	18,45	1,30
C/Porg	154,0	15,54	162,1	23,02	182,4	23,31	183,1	22,50
F, F/Ahd)	0,38	0,25	0,50	0,35	0,31	0,22	0,31	0,22

Eik-VL	2004		2005		2006	
	gem.	sdev	gem.	sdev	gem.	sdev
pHKCl	6,95	0,01	6,92	0,04	6,91	0,03
pH0-5	6,74	0,08	6,83	0,01	6,88	0,03
org st	5,05	0,62	4,30	0,77	5,75	1,64
os0-5	7,93	2,71	7,47	0,85	7,25	1,35
Pox	8,47	0,36	8,38	1,24	10,45	1,87
Feox	86,63	3,15	98,27	2,26	97,58	4,09
P/Feox	9,78	0,16	8,54	1,41	10,74	2,09
Panorg	34,55	0,53	35,54	3,05	38,63	5,95
Pt	55,40	4,00	49,02	3,06	55,28	8,08
Porg	20,85	3,49	13,48	2,14	16,60	4,03
Nt	220,9	30,30	148,1	28,10	350,3	65,54
NNH4	0,373	0,075	0,461	0,071	0,698	0,081
NNO3	0,121	0,054	0,125	0,104	0,180	0,088
C/N	11,48	0,95	14,55	0,51	8,15	0,74
C/Porg	128,6	10,04	162,2	37,12	174,1	49,78
F,F/Ah(d)	0,80	0,46	0,25	0,29	0,33	0,13

Eik-WL	2004		2005		2006	
	gem.	sdev	gem.	sdev	gem.	sdev
pHKCl	6,85	0,1	6,93	0,05	6,93	0,02
pH0-5	6,79	0,02	6,83	0,01	6,88	0,02
org st	4,53	1,03	4,62	0,37	5,63	0,59
os0-5	6,02	0,70	7,18	0,65	8,76	1,64
Pox	9,87	1,05	10,12	0,93	10,54	0,91
Feox	93,39	4,60	101,0	5,36	102,75	2,97
P/Feox	0,106	0,011	0,100	0,004	0,103	0,007
Panorg	38,33	1,60	40,07	1,30	39,71	2,47
Pt	54,77	11,16	54,88	3,36	55,29	4,40
Porg	16,43	10,38	14,81	2,34	15,58	4,37
Nt	234,04	53,19	153,16	16,33	373,99	93,51
NNH4	0,324	0,062	0,414	0,013	0,687	0,075
NNO3	0,174	0,075	0,114	0,017	0,123	0,017
C/N	9,68	0,37	15,12	0,67	7,80	1,63
C/Porg	167,3	72,98	157,35	12,88	189,25	45,00
F,F/Ah(d)	0,53	0,44	0,00	0,00	0,13	0,05



Es-Ref	2004		2005		2006	
	gem.	sdev	gem.	sdev	gem.	sdev
pHKCl	6,91	0,18	6,63	0,09	6,68	0,10
pH0-5	6,70	0,07	6,88	0,11	6,90	0,01
org st	4,32	0,30	3,97	0,45	5,20	0,47
os0-5	5,39	0,60	6,86	0,66	8,15	2,43
Pox	10,25	0,45	9,05	1,19	10,24	1,33
Feox	82,25	1,34	84,94	5,11	89,61	3,81
P/Feox	12,46	0,67	10,63	0,91	11,40	1,09
Panorg	40,48	1,17	39,83	1,86	38,19	3,12
Pt	58,25	5,57	54,03	5,85	65,83	3,76
Porg	17,80	4,75	14,20	4,21	27,65	6,80
Nt	230,93	8,14	174,28	24,03	375,49	49,26
NNH4	0,350	0,051	0,483	0,081	0,675	0,030
NNO3	0,324	0,063	0,140	0,050	0,144	0,013
C/N	9,36	0,82	11,43	0,99	6,99	0,85
C/Porg	126,60	26,94	147,90	42,13	96,25	14,65
F,F/AH(d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Es-VK	2004		2005		2006	
	gem.	sdev	gem.	sdev	gem.	sdev
pHKCl	6,99	0,03	6,77	0,02	6,89	0,03
pH0-5	6,82	0,02	6,81	0,06	6,90	0,02
org st	5,14	0,40	4,47	0,64	5,28	0,92
os0-5	6,52	1,62	7,73	1,09	7,00	1,22
Pox	10,87	0,31	9,11	1,53	11,41	0,63
Feox	79,93	1,06	77,86	3,46	89,48	5,04
P/Feox	0,136	0,004	0,117	0,017	0,127	0,009
Panorg	42,15	0,26	41,40	5,50	43,14	1,60
Pt	64,42	3,00	56,70	5,90	72,96	6,81
Porg	22,28	2,97	15,33	0,83	29,82	5,90
Nt	250,03	27,73	191,10	26,72	358,58	80,39
NNH4	0,427	0,148	0,460	0,024	0,656	0,060
NNO3	0,426	0,066	0,145	0,056	0,165	0,034
C/N	10,31	0,54	11,70	0,33	7,43	0,56
C/Porg	116,83	19,04	145,58	16,91	89,29	10,89
F,F/Ah(d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Es-VL	2004		2005		2006	
	gem.	sdev	gem.	sdev	gem.	sdev
pHKCl	6,96	0,02	6,90	0,02	6,85	0,01
pH0-5	6,80	0,02	6,72	0,1	6,91	0,01
org st	4,52	0,54	3,78	0,71	4,98	0,45
os0-5	6,22	0,60	8,25	1,57	6,71	6,73
Pox	11,16	0,79	8,13	0,68	9,43	1,22
Feox	83,60	2,27	85,87	9,21	90,16	5,66
P/Feox	0,134	0,010	0,095	0,003	0,114	0,017
Panorg	43,20	1,97	36,82	0,61	40,21	3,64
Pt	59,58	4,30	49,98	2,54	71,00	7,92
Porg	16,40	3,81	13,18	3,00	30,79	4,71
Nt	247,83	18,33	142,40	13,08	401,92	20,83
NNH4	0,312	0,013	0,400	0,049	0,654	0,07
NNO3	0,249	0,045	0,071	0,025	0,125	0,04
C/N	9,12	0,62	13,22	1,52	6,09	0,64
C/Porg	145,68	45,42	146,68	29,26	79,88	2,98
F, F/Ah(d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Es-WK	2004		2005		2006	
	gem.	sdev	gem.	sdev	gem.	sdev
pHKCl	6,96	0,04	6,86	0,01	6,92	0,01
pH0-5	6,75	0,01	6,85	0,03	6,94	0,01
org st	4,16	0,10	4,28	0,29	5,00	0,08
os0-5	6,49	2,37	6,80	1,09	6,45	1,50
Pox	10,01	0,92	9,04	0,65	10,21	1,11
Feox	83,98	1,18	80,55	6,95	91,72	2,80
P/Feox	0,119	0,011	0,112	0,008	0,111	0,011
Panorg	39,38	1,35	40,29	1,58	36,14	2,74
Pt	55,98	2,12	52,90	2,67	56,93	4,79
Porg	16,63	2,10	12,63	2,60	20,79	5,88
Nt	230,55	31,92	184,18	13,99	316,96	23,34
NNH4	0,306	0,066	0,507	0,084	0,656	0,038
NNO3	0,260	0,096	0,194	0,079	0,158	0,021
C/N	9,14	1,09	11,65	0,64	7,90	0,70
C/Porg	126,95	17,98	173,45	26,29	126,50	30,65
F,F/Ahd)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Es-WL	2004		2005		2006	
	gem.	sdev	gem.	sdev	gem.	sdev
pHKCl	6,99	0,02	6,92	0,01	6,93	0,03
pH0-5	6,71	0,04	6,74	0,03	6,87	0,02
org st	3,74	0,36	4,07	0,50	4,85	1,52
os0-5	5,35	0,37	6,25	1,27	5,90	0,39
Pox	10,11	0,67	9,35	1,05	10,83	0,90
Feox	83,48	3,95	79,33	3,83	91,40	3,67
P/Feox	0,121	0,012	0,118	0,013	0,118	0,012
Panorg	40,48	1,22	41,10	2,66	40,48	3,25
Pt	51,70	4,19	57,20	1,96	70,45	8,07
Porg	11,23	4,48	16,10	1,82	29,98	5,85
Nt	241,31	26,52	170,88	19,52	354,24	99,24
NNH4	0,294	0,013	0,438	0,015	0,614	0,067
NNO3	0,353	0,177	0,232	0,160	0,191	0,052
C/N	7,76	0,26	11,90	0,47	6,85	0,32
C/Porg	196,70	104,29	128,38	27,52	81,50	18,88
F,F/Ah(d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

#### B.4 Statistische toets bodem en humus

##### *Dubbelzijdige T-toets*

Getal = overschrijdingskans (< 0,05 =significant)

+ = overschrijdingskans 0,05-0,1 (bijna significant)

Es-ref	2004			2004	2005	2006	2007
	2005	2006	2007	Referentievak in het zelfde jaar			
t.o.v.	2005	2006	2007	n.v.t			
pH	0,008	0,022	0,002				
pH0-5	0,003	0,002	0,008				
O.S.		0,019					
O.S. 0-5	0,016		0,009				
Pox							
Feox		0,011					
Pox/Feox	0,018						
Pt		+	0,087				
Panorg		+					
Porg							
Nt	0,004	0,001	0,001				
NH4	0,031	0,000	0,005				
NO3	0,004	0,001	0,038				
C/N	0,019	0,013	0,000				
C/Porg		+	0,039				

Es-VK	2004			2004	2005	2006	2007
t.o.v.	2005	2006	2007	Referentievak in het zelfde jaar			
pH	0,000	0,003	0,000		0,030	0,008	
pH0-5		0,002	0,000	0,020	+		
O.S.				0,017			
O.S. 0-5							
Pox	+			+			
Feox		0,010	+	0,035	+		+
Pox/Feox	+			0,024			
Pt	0,059	+	0,013	+			
Panorg				0,032		0,030	
Porg	0,004	+	0,017				
Nt	0,022	0,043	0,041				
NH4		0,028	0,003				
NO3	0,001	0,000	0,005	+			
C/N	0,004	0,000	0,001				
C/Porg	+	0,044	0,042				

Es-VL	2004			2004	2005	2006	2007
t.o.v.	2005	2006	2007	Referentievak in het zelfde jaar			
pH	0,004	0,000	0,000		0,002		
pH0-5		0,000	0,000	0,039	0,021		
O.S.							
O.S. 0-5	+		0,006	+			0,004
Pox				+			
Feox		+					
Pox/Feox	0,000	+			0,056		
Pt	0,009	0,044					
Panorg	0,001			+	0,022	0,030	
Porg		0,003					
Nt	0,000	0,000	0,000		+		
NH4	0,014	0,001	0,000				
NO3	0,000	0,007		+	0,050		
C/N	0,002	0,000	0,014		+		0,045
C/Porg		0,028					

Es-WK	2004			2004	2005	2006	2007
t.o.v.	2005	2006	2007	Referentievak in het zelfde jaar			
pH	0,000	0,009	0,000		0,003	0,003	
pH0-5	0,000	0,000	0,000			0,003	+
O.S.		0,000	0,022				
O.S. 0-5							
Pox							0,032
Feox		0,002					
Pox/Feox							
Pt						0,027	
Panorg		+	0,031				+
Porg	+						
Nt	0,037	0,005				+	
NH4	0,010	0,000	0,000				
NO3		+					
C/N	0,007		0,023				0,023
C/Porg	0,027						

Es-WL	2004			2004	2005	2006	2007
t.o.v.	2005	2006	2007	Referentievak in het zelfde jaar			
pH	0,002	0,004	0,000		0,001	0,005	0,008
pH0-5	0,001	0,032	0,000	0,003	0,000	0,030	
O.S.			0,002	0,039			
O.S. 0-5							
Pox							
Feox							
Pox/Feox							
Pt	0,032	0,005		+			
Panorg			0,009				
Porg				+			+
Nt							
NH4	0,000	0,000	0,000	+			
NO3							
C/N	0,000	0,013	0,003	0,013			0,009
C/Porg							+

Eik-ref	2004			2004	2005	2006	2007
t.o.v.	2005	2006	2007	Referentievak in het zelfde jaar			
pH	+		0,003	n.v.t			
pH0-5	+	0,003					
O.S.	0,019	0,038					
O.S. 0-5			0,045				
Pox	+						
Feox		0,005					
Pox/Feox	0,000						
Pt			+				
Panorg							
Porg			0,013				
Nt		0,034					
NH4	0,004	0,000	0,000				
NO3			+				
C/N		0,024	0,000				
C/Porg		+	+				
F,F/Ah (d)							

Eik-VK	2004			2004	2005	2006	2007
t.o.v.	2005	2006	2007	Referentievak in het zelfde jaar			
pH		0,025	0,002	+			
pH0-5		0,0019	0,000	0,034	0,029	0,001	
O.S.	0,030			+			
O.S. 0-5							
Pox							+
Feox	0,000	0,000	0,044			+	
Pox/Feox	+	+					
Pt	+		0,028				
Panorg			+				
Porg	0,030		0,031				
Nt	0,003	+	0,002		0,001		
NH4	+	0,002	0,001				
NO3							
C/N	0,000		0,000		0,000	0,043	0,012
C/Porg		+	+			+	
F,F/Ah (d)					0,020		

Eik-VL	2004			2004	2005	2006	2007
t.o.v.	2005	2006	2007	Referentievak in het zelfde jaar			
pH		+	0,000	0,044			
pH0-5		0,024	0,006	0,057	0,004	+	
O.S.				+			
O.S. 0-5							
Pox				0,039			0,029
Feox	0,001	0,004	0,016			+	
Pox/Feox				0,048			0,028
Pt			0,046				
Panorg							
Porg	+			0,020			
Nt	0,015	0,012	0,019		0,014		
NH4		0,002	0,001				
NO3							+
C/N	0,001	0,001	0,044		0,000		
C/Porg	+			0,014			
F,F/Ah (d)					+		

Eik-WL	2004			2004	2005	2006	2007
t.o.v.	2005	2006	2007	Referentievak in het zelfde jaar			
pH			0,030				
pH0-5	0,030	0,000	0,000	0,021	0,000		
O.S.					0,047		
O.S. 0-5	0,020	0,016	+				
Pox					0,030		
Feox	+	0,014		0,044			+
Pox/Feox				0,028			
Pt					0,017		
Panorg							
Porg							
Nt	0,027	0,041	0,092				
NH4	0,026	0,000	0,000				
NO3							
C/N	0,000	+	0,028	0,033	0,000		
C/Porg					0,035		
F,F/Ah (d)					0,000		

## C Vegetatie

### C.1 2004

#### C.1.1 Synoptische tabel vegetatieopnamen Harderbos 2004

Opstandstype	Gewone es ( <i>Fraxinus excelsior</i> )					Zomereik ( <i>Quercus robur</i> )				
	ES 1	ES 2	ES 3	ES 4	ES R	EK 1	EK 2	EK 3	EK 4	EK R
Aantal opnamen	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Hoogte boomlaag (m)	25	25	25	25	25	15	14	14	14	14
Bedekking boomlaag (%)	78	79	86	79	79	80	85	88	85	78
Hoogte struiklaag (dm)	60	44	57	45	60	70	80	66	75	90
Bedekking struiklaag (%)	36	29	31	24	19	12	18	43	21	47
Hoogte kruidlaag (cm)	39	46	55	41	70	36	28	20	18	14
Bedekking kruidlaag (%)	65	66	59	74	69	20	5	3	2	2
Bedekking moslaag (%)	54	39	45	59	63	1	0	0	1	0
Soortenaantal (totaal)	18	17	17	11	11	14	8	12	11	13
Soortenaantal (niet-houtig)	14	11	11	8	9	8	4	6	6	8
Aandeel rijk strooisel (%)	85	92	99	90	84	14	20	38	29	38
Aandeel arm strooisel (%)	0	0	0	0	0	86	80	60	71	62
<i>Voorkeur voor essenbos:</i>										
Ruw beemdgras	IV (10)	IV (6)	IV (5)	IV (10)	III (2)					
Fijn snavelmos	IV (4)	IV (2)	III (3)	IV (4)	IV (3)					
Klei-snavelmos	IV (14)	III (2)	IV (2)	II (1)	IV (2)			I (1)		I (1)
Pinksterbloem	II (3)	IV (3)	II (6)	IV (2)	III (1)			I (1)	I (1)	
Look-zonder-look	II (6)	III (10)	IV (2)							
Klei-vedermos	II (1)	II (1)								
Haagbeuk	IV (18)									
Struikmos	II (2)									
Eenstijlige meidoorn	I (1)									
Vogelkers		I (30)	II (1)	II (20)	III (20)					
Gewone vlier		I (1)	I (1)							
Am. krentenboompje		II (1)								
Gewoon pluisdraadmos		I (1)								
Akkerdistel		I (1)								
Fluitenkruid			I (1)							
Zoete kers			I (1)							
Geplooid snavelmos					I (1)					
<i>Hoge bedekking in essenbos:</i>										
Gewone es	IV (75)	IV (75)	IV (83)	IV (78)	IV (78)	IV (1)	IV (5)	IV (2)	IV (2)	IV (1)
Kleefkruid	IV (48)	IV (53)	IV (48)	IV (63)	IV (55)	IV (8)	IV (1)	IV (2)	IV (1)	III (1)
Gewoon dikkopmos	IV (45)	IV (38)	IV (45)	IV (55)	IV (60)	III (1)	IV (2)	IV (1)	II (1)	II (1)
Grote brandnetel	IV (28)	IV (35)	IV (43)	IV (35)	IV (43)	IV (11)	IV (1)	IV (2)	III (1)	IV (1)
Geen voorkeur:										
Hazelaar	III (34)	III (27)	III (17)	II (30)		IV (6)	III (20)	III (40)	III (30)	IV (45)
Gewone hennepnetel	I (1)		I (1)	I (1)		I (1)				II (1)
Basterdwederik	I (1)				I (1)	I (1)				I (1)
Paardebloem	I (1)					I (1)				
Gewone esdoorn		II (11)	II (2)			I (1)				
Spaanse aak			I (20)							I (1)
<i>Voorkeur voor eikenbos:</i>										
Zomereik						IV (78)	IV (80)	IV (78)	IV (78)	IV (75)
Wilde lijsterbes						III (1)	IV (8)	I (1)	I (1)	II (1)
Brede wespenorchis	I (1)					IV (1)	IV (1)	II (1)	IV (1)	I (1)
Scherpe boterbloem						I (1)				
Zomerlinde						I (20)		IV (18)	II (16)	
Rode kornoelje								II (6)		
Bitterzoet									I (1)	
Heide-klauwtjesmos										I (1)

Presentieclassen: I: in 1 van de 4 opnamen; II: in 2 van de 4 opnamen; III: in 3 van de 4 opnamen; IV: in 4 van de 4 opnamen. (.): karakteristieke bedekking (%).



### C.1.2 (Statistische) verschillen in vegetatiestructuur, soortenaantal en strooiselkwaliteit.

Bij een foutkans van <5% wordt het verschil tussen de gevonden waarden voor essen- en eikenopstanden als significant beschouwd.

	Gewone es (gemiddelde over vijf proefvlakken)	Zomereik (gemiddelde over vijf proefvlakken)	T-toets		
			1- of 2- zijdig	foutkans (%)	significant hogere waarde onder:
<i>Structuur</i>					
Hoogte boomlaag (m)	25	14	2	0.0	Gewone es
Bedekking boomlaag (%)	80	83	2	25.1	-
Hoogte struiklaag (dm)	53	76	2	0.3	Zomereik
Bedekking struiklaag (%)	28	28	2	98.5	-
Hoogte kruidlaag (cm)	50	23	2	0.4	Gewone es
Bedekking kruidlaag (%)	67	6	2	0.0	Gewone es
Bedekking moslaag (%)	52	0	2	0.0	Gewone es
<i>Soortenaantallen</i>					
Soortenaantal (totaal)	15	12	2	12.6	-
Soortenaantal (niet-houtig)	11	6	2	1.1	Gewone es
<i>Strooiselkwaliteit</i>					
Aandeel rijk strooisel (%)	90	28	1	0.0	Gewone es
Aandeel arm strooisel (%)	0	72	1	0.0	Gewone es

### C.1.3 Resultaten van Anova toets (eenzijdig) op de proefvlakken binnen de proefpercelen.

De oranje kleur geeft aan dat er significante verschillen ( $p < 0.05$ ) zijn binnen het proefperceel. Aangegeven wordt welke proefvlakken verschillen. n.s.: niet significant.

Proefvak	Hoogte boomlaag	Bedekking boomlaag	Hoogte struiklaag	Bedekking struiklaag	Hoogte kruidlaag	Bedekking kruidlaag	Bedekking moslaag	Aantal plantensoorten totaal
Eik-WK	** hoger	n.s.	n.s.	n.s.	** hoger	** hoger	n.v.t.	n.s.
Eik-WL	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.v.t.	n.s.
Eik-VK	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.v.t.	n.s.
Eik-VL	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.v.t.	n.s.
Eik Ref	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	** lager	n.s.	n.v.t.	n.s.
Es-WK	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Es-WL	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	** lager	n.s.
Es-VK	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	** lager	n.s.
Es-VL	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Es Ref	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	** hoger	n.s.	n.s.	** lager

## C.2 2005

### C.2.1 Synoptische tabel ondergroei van de essen-proefvlakken 2005.

(N = presentie; % = karakteristieke bedekking).

Proefvlak	referentie		winter kort		winter lang		voorjaar kort		voorjaar lang	
Bedekking kruidlaag (%)	-	71	-	74	-	60	-	59	-	25
Bedekking moslaag (%)	-	86	-	76	-	50	-	61	-	69
Hoogte kruidlaag (cm)	-	51	-	60	-	55	-	50	-	21
Soortenaantal	-	12	-	10	-	13	-	12	-	10
		<b>N</b>		<b>%</b>		<b>N</b>		<b>%</b>		<b>N</b>
<i>Kruidlaag:</i>										
Grote brandnetel	4	50	4	58	4	48	4	45	4	18
Kleefkruid	4	38	4	35	4	20	4	23	4	1
Ruw beemdgras	4	11	4	20	4	13	4	13	4	7
Gewone es (juv.)	4	10	4	11	4	10	2	1	4	1
Gewone hennepnetel	2	1	-	-	1	0	-	-	-	-
Moerasvergeet-mij-nietje	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Look-zonder-look	1	1	-	-	4	2	2	2	-	-
Gewone paardebloem	1	0	2	1	1	0	1	0	-	-
Vogelkers (juv.)	1	0	1	0	1	0	-	-	-	-
Fluitenkruid	1	0	-	-	2	1	2	1	-	-
Dolle kervel	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Hazelaar (juv.)	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-
Basterdwederik (G)	-	-	-	-	-	-	2	1	1	0
Pinksterbloem	-	-	-	-	-	-	1	0	-	-
Eenstijlige meidoorn (juv.)	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0
<i>Moslaag:</i>										
Gewoon dikkopmos	4	68	4	65	4	48	4	63	4	55
Geplooid snavelmos	4	26	4	5	3	4	1	0	1	0
Klei-snavelmos	4	5	4	3	4	4	4	8	4	16
Fijn snavelmos	4	2	4	6	2	1	2	1	2	1
Klei-vedermos	2	1	2	1	4	6	4	2	4	5
Gewoon kantmos	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Gewone pella	-	-	-	-	1	0	-	-	1	0

N : aantal subplots waarbinnen een soort voorkomt; %: gemiddelde bedekking bepaald over 4 subplots; Soortenaantal inclusief soorten van boom- en struiklaag.

### C.2.2 Synoptische tabel ondergroei van de eiken-proefvlakken 2005.

(N = presentie; % = karakteristieke bedekking).

Proefvlak	referentie		winter lang		voorjaar kort		voorjaar lang	
Bedekking kruidlaag (%)	-	16	-	6	-	8	-	1
Bedekking moslaag (%)	-	1	-	1	-	1	-	0
Hoogte kruidlaag (cm)	-	28	-	15	-	24	-	9
Soortenaantal	-	9	-	8	-	9	-	6
		<b>N</b>		<b>%</b>		<b>N</b>		<b>%</b>
<i>Kruidlaag:</i>								
Grote brandnetel	4	13	4	1	4	4	4	1
Gewone es (juv.)	4	3	4	6	4	4	4	1
Kleefkruid	4	2	2	1	4	1	-	-
Brede wespenorchis	4	1	2	1	2	1	-	-
Gewone esdoorn	2	1	1	0	1	0	-	-
Hazelaar (juv.)	2	1	-	-	1	0	-	-
Gewone hennepnetel	1	0	1	0	-	-	-	-
Scherpe boterbloem	1	0	-	-	-	-	-	-
Zomereik (juv.)	-	-	2	1	-	-	-	-
Akkerkool	-	-	1	0	-	-	-	-
Wilde lijsterbes (juv.)	-	-	1	0	-	-	-	-
Zoete kers (juv.)	-	-	1	0	-	-	-	-
<i>Moslaag:</i>								
Gewoon dikkopmos	4	1	4	2	4	1	4	1
Klei-vedermos	1	0	-	-	3	1	-	-
Klei-snavelmos	1	0	-	-	-	-	-	-
Fijn snavelmos	-	-	-	-	1	0	1	0
Geplooid snavelmos	-	-	-	-	1	0	-	-

N : aantal subplots waarbinnen een soort voorkomt; %: gemiddelde bedekking bepaald over 4 subplots; Soortenaantal inclusief soorten van boom- en struiklaag.

### C.3 2006

#### C.3.1 Synoptische tabel ondergroei van de essen-proefvlakken 2006.

(N = presentie; % = karakteristieke bedekking).

Proefvlak	referentie		winter kort		winter lang		voorjaar kort		voorjaar lang	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Bedekking kruidlaag (%)	-	46	-	66	-	61	-	66	-	35
Bedekking moslaag (%)	-	58	-	53	-	31	-	46	-	36
Hoogte kruidlaag (%)	-	88	-	90	-	84	-	86	-	71
Soortenaantal	-	17	-	20	-	18	-	18	-	18
<i>Kruidlaag:</i>										
Grote brandnetel	4	25	4	28	4	23	4	18	4	11
Kleefkruid	4	20	4	40	4	33	4	43	4	20
Ruw beemdgras	4	16	4	13	4	7	4	6	4	6
Gewone es (juv.)	4	3	4	4	4	3	4	1	4	2
Look-zonder-look	4	2	4	2	4	7	4	4	4	1
Hazelaar (juv.)	3	1	3	1	2	1	1	1	1	1
Dolle kervel	3	1	1	1	1	1	3	1	-	-
Vogelkers (juv.)	2	1	3	1	1	1	1	1	-	-
Gewone hennepnetel	2	1	2	1	3	1	3	1	2	1
Moerasvergeet-mij-nietje	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Eenstijlige meidoorn (juv.)	1	1	-	-	1	1	-	-	-	-
Gewone paardenbloem	1	1	1	1	-	-	-	-	2	1
Pinksterbloem	-	-	1	1	-	-	3	1	3	1
Zoete kers (juv.)	-	-	1	1	-	-	1	1	-	-
Gewone esdoorn (juv.)	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
Gekroesde melkdistel	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
Zomereik (juv.)	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
Brede wespenorchis	-	-	-	-	2	1	1	1	2	1
Fluitenkruid	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
Spaanse aak (juv.)	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
Koninginnenkruid	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
<i>Moslaag:</i>										
Gewoon dikkopmos	4	30	4	28	4	30	4	23	4	15
Fijn snavelmos	4	20	4	18	4	5	4	24	4	23
Geplooid snavelmos	4	9	4	10	4	2	4	3	4	2
Kleisnavelmos	2	2	2	2	3	1	4	2	2	1
Kleivedermos	2	2	3	2	3	1	2	3	3	2
Gewoon kantmos	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Gedrongen kantmos	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Struikmos	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1

N : aantal subplots waarbinnen een soort voorkomt; %: gemiddelde bedekking bepaald over 4 subplots; Soortenaantal inclusief soorten van boom- en struiklaag.

### C.3.2 Synoptische tabel ondergroei van de eiken-proefvlakken 2006.

(N = presentie; % = karakteristieke bedekking).

Proefvlak	referentie		winter lang		voorjaar kort		voorjaar lang	
Bedekking kruidlaag (%)	-	17	-	13	-	15	-	1
Bedekking moslaag (%)	-	1	-	0	-	0	-	0
Hoogte kruidlaag (%)	-	60	-	23	-	60	-	21
Soortenaantal	-	13	-	12	-	11	-	7
	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
<i>Kruidlaag:</i>								
Grote brandnetel	4	15	4	2	4	8	3	1
Gewone es (juv.)	4	4	4	10	4	13	4	2
Kleefkruid	4	2	3	1	4	1	3	1
Brede wespenorchis	4	1	3	1	4	1	-	-
Gewone esdoorn (juv.)	2	1	1	1	-	-	-	-
Spaanse aak (juv.)	1	1	-	-	-	-	-	-
Zomereik (juv.)	1	1	2	1	3	1	-	-
Hazelaar (juv.)	1	1	1	1	3	1	-	-
Scherpe boterbloem	1	1	-	-	-	-	-	-
Wilde lijsterbes (juv.)	-	-	2	1	-	-	-	-
Zoete kers (juv.)	-	-	1	1	-	-	-	-
Zomerlinde (juv.)	-	-	-	-	4	1	-	-
Haagbeuk (juv.)	-	-	-	-	2	1	-	-
Drienerfmuur	-	-	-	-	1	1	-	-
Gewone hennepnetel	-	-	-	-	-	-	2	1
Eenstijlige meidoorn (juv.)	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Moslaag:</i>								
Gewoon dikkopmos	4	2	4	1	4	1	4	1
Fijn snavelmos	3	1	1	1	1	1	2	1
Geplooid snavelmos	1	1	1	1	-	-	-	-
Gewoon kantmos	1	1	-	-	-	-	-	-

## C.4 2007

### C.4.1 Synoptische tabel van de ondergroei in de proefvakken onder es in 2007.

(N = presentie; % = karakteristieke bedekking).

Proefvlak	referentie		winter kort		winter lang		voorjaar kort		voorjaar lang	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Bedekking kruidlaag (%)	30		49		45		40		20	
Bedekking moslaag (%)	65		60		36		55		54	
Hoogte kruidlaag (cm)	75		60		58		90		44	
Soortenaantal	21		20		20		20		20	
<i>Kruidlaag:</i>										
Grote brandnetel	4	15	4	15	4	11	4	20	4	8
Kleefkruid	4	10	4	6	4	6	2	1	2	2
Ruw beemdgras	4	9	4	30	4	30	4	18	4	10
Gewone es	4	3	4	4	4	2	4	1	4	2
Look-zonder-look	4	1	3	1	4	3	4	2	3	4
Heggendoornzaad	4	1	3	1	3	1	3	1	3	1
Hazelaar	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Vogelkers	2	1	2	2	2	1	1	1	-	-
Gewone esdoorn	2	1	1	2	-	-	-	-	-	-
Spaanse aak	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
Pinksterbloem	1	1	3	1	-	-	2	1	2	1
Moerasvergeet-mij-nietje	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Zomereik	1	1	1	1	-	-	-	-	2	1
Gewone hennepnetel	1	1	-	-	3	1	1	1	-	-
Paardenbloem (G)	1	1	-	-	2	1	1	1	1	1
Viltige basterdwederik	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Zoete kers	-	-	1	1	1	1	1	1	2	1
Akkerkool	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
Koninginnenkruid	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
Eenstijlige meidoorn	-	-	-	-	4	1	1	1	1	1
Brede wespenorchis	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-
Gewone vlier	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
Kantige basterdwederik	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
<i>Moslaag:</i>										
Gewoon dikkopmos	4	40	4	38	4	33	4	23	4	23
Fijn laddermos	4	25	4	23	4	6	4	30	4	33
Geplooid snavelmos	4	2	2	2	1	1	4	7	4	3
Kleivedermos	2	1	4	3	3	3	4	3	4	3
Kleisnavelmos	1	1	3	2	3	2	4	2	3	1
Gedrongen kantmos	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Struikmos	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1

N : aantal subplots waarin de soort voorkomt; %: karakteristieke bedekking: gemiddelde bedekking bepaald over de subplots waarin een soort voorkomt.

#### C.4.2 Synoptische tabel van de ondergroei in de proefvakken onder eik in 2007.

(N = presentie; % = karakteristieke bedekking).

Proefvlak	referentie		winter lang		voorjaar kort		voorjaar lang	
Bedekking kruidlaag (%)	25		18		33		6	
Bedekking moslaag (%)	0		0		0		0	
Hoogte kruidlaag (cm)	96		30		109		30	
Soortenaantal	11		14		14		12	
	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
<i>Kruidlaag:</i>								
Grote brandnetel	4	18	4	2	4	11	3	1
Gewone es	4	6	4	15	4	13	4	2
Zomereik	4	2	4	2	4	2	4	1
Kleefkruid	4	1	3	1	4	13	2	2
Brede wespenorchis	3	1	3	1	4	1	1	1
Spaanse aak	2	1	2	1	3	1	4	1
Hazelaar	2	1	-	-	4	1	2	1
Gewone esdoorn	1	1	-	-	-	-	1	1
Zomerlinde	-	-	2	1	1	1	-	-
Ruw beemdgras	-	-	1	1	-	-	-	-
Zoete kers	-	-	1	1	1	1	2	1
Wilde lijsterbes	-	-	1	1	1	1	-	-
Look-zonder-look	-	-	1	1	-	-	-	-
Gewone hennepnetel	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Moslaag:</i>								
Gewoon dikkopmos	4	2	4	1	4	1	4	2
Fijn laddermos	1	1	1	1	1	1	2	1
Gewoon kantmos	1	1	-	-	-	-	-	-
Kleivedermos	-	-	1	1	1	1	-	-
Heideklauwtjesmos	-	-	-	-	1	1	-	-

N : aantal subplots waarin de soort voorkomt; %: karakteristieke bedekking: gemiddelde bedekking bepaald over de subplots waarin een soort voorkomt.



C.5 Veranderingen ondergroei essenvak in 2005, 2006 en 2007 (t.o.v. 2004)

Vak Jaar (20..)	referentie			winter kort			winter lang			voorjaar kort			voorjaar lang		
	05	06	07	05	06	07	05	06	07	05	06	07	05	06	07
Bed. kruidlaag (%)	+2	-23	-39	-	-8	-25	+1	+2	-14	-7	-	-26	-40	-30	-45
Bed. moslaag (%)	+23	-5	+3	+17	-6	+1	+5	-14	-9	+22	+7	+16	+15	-18	-
Hoogte kruidl. (cm)	-19	+18	+5	+19	+49	+19	-	+29	+3	+4	+40	+44	-18	+32	+5
Soortenaantal	+7	+7	+11	+1	+10	+10	+2	+4	+5	-	+4	+6	-6	-	+3
<i>Kruidlaag:</i>															
Akkerdistel	-	-	-	-	-	+0	-	-	-	-0	-0	-0	-	-	-
Akkerkool	-	-	-	-	-	+0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Basterdwederik (G)	-0	-0	-	-	-	-	-	-	+1	-	+0	-	-0	-0	-0
Brede wespenorchis	-	-	-	-	-	-	-	+1	+1	-	+0	-	-0	+1	-0
Eenstijlige meidoorn	-	+0	-	-	-	-	-	+0	+1	-	-	+0	-	-0	-
Gekr. melkdistel	-	-	-	-	+0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gew. hennepnetel	+1	+1	+0	-0	+1	-0	-	+1	+1	-	+1	+0	-0	+1	-0
Gew. paardebloem	+0	+0	+0	+1	+0	-	+0	-	+1	+0	-	+0	-0	+1	-
Gewone es	+10	+3	+2	+10	+3	+3	+9	+2	+2	-	-	-	+1	+2	+2
Gewone esdoorn	-	-	+1	-	+0	+1	-0	-0	-0	-1	-1	-1	-	-	-
Gewone vlier	-	-	-	-	-	-0	-	-	-	-0	-0	-0	-	-	-
Grote brandnetel	+7	-18	-28	+23	-7	-20	+5	-20	-32	+10	-17	-15	-10	-17	-20
Hazelaar	-	+1	+1	-	+1	+1	+1	+1	-	-	+0	+0	-0	-	-
Heggedoornzaad	+1	+1	+1	-	+0	+1	+1	+0	+1	+1	+1	+1	-	-	+1
Kleefkruid	-17	-35	-45	-28	-23	-57	-28	-15	-42	-30	-10	-52	-47	-28	-47
Koninginnenkruid	-	-	-	-	-	+0	-	-	-	-	+0	-	-	-	-
Look-zonder-look	+1	+2	+1	-	+2	+1	-	+5	+2	-6	-4	-6	-3	-2	+0
Moerasv.-mij-nietje	+1	+1	+1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pinksterbloem	-1	-1	-1	-2	-2	-1	-3	-3	-3	-3	-2	-3	-2	-1	-1
Ruw beemdgras	+10	+15	+7	+10	+3	+20	+8	+2	+25	+7	-	+12	-3	-4	+1
Spaanse aak	-	-	+0	-	-	+0	-	+0	+0	-	-	+1	-	-	+1
Vogelkers	+0	+1	+1	-	+1	+1	-1	-1	-	-	+0	+0	-	-	-
Zoete kers	-	-	-	-	+0	+0	-	-	+0	-	+0	+0	-	-	+1
Zomereik	-	-	+0	-	+0	+0	-	-	-	-	-	-	-	-	+1
<i>Moslaag:</i>															
Fijn snavelmos	-1	+17	+22	+2	+14	+18	-1	+3	+4	-1	+22	+28	-3	+19	+28
Gedrongen kantmos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+0	+0
Geplooid snavelmos	+26	+9	+2	+5	+10	+1	+4	+2	+0	-	+3	+7	-	+2	+3
Gew. plakkaatmos	-	-	-	-	-	-	+0	-	-	-	-	-	+0	-	-
Gew. pluisdraadmos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0	-0	-0	-	-	-
Gewoon dikkopmos	+8	-30	-20	+10	-27	-18	+3	-15	-13	+25	-15	-15	+10	-30	-23
Gewoon kantmos	+0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+0	-
Kleisnavelmos	+3	-1	-2	+2	-	+1	+2	-1	-	+6	-	-	+2	-13	-13
Kleivedermos	+1	+1	+1	+1	+1	+3	+6	+1	+2	+1	+1	+3	+4	-	+2
Struikmos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1	-1	-1

De veranderingen in structuur en soortensamenstelling van de proefvlakken zijn bepaald aan de hand van de gemiddelden over alle vier de subplots; het soortenaantal is het totale aantal bepaald over de vier subplots van elk proefvlak samen.

**Groen:** toename in 2007 t.o.v. 2004 met 20% (hoogte kruidlaag: 20 cm) of meer en/of nieuw in proefvlak.

**Blauw:** afname in 2007 t.o.v. 2004 met 20% (hoogte kruidlaag: 20 cm) of meer en/of verdwenen uit proefvlak.

### C.6 Veranderingen ondergroei eikenvak in 2005, 2006 en 2007 (t.o.v. 2004)

Vak	referentie			winter lang			voorjaar kort			voorjaar lang		
	04-05	04-06	04-07	04-05	04-06	04-07	04-05	04-06	04-07	04-05	04-06	04-07
Jaar (20..)												
Bedekking kruidlaag (%)	-4	-3	+5	+5	+11	+16	+3	+10	+28	-2	-2	+3
Bedekking moslaag (%)	-0	+0	-1	+0	-0	-0	+1	-0	-0	-	-0	-0
Hoogte kruidlaag (cm)	-9	+24	+60	+1	+9	+17	-4	+33	+81	-11	-1	+10
Soortenaantal	-	+2	-	-	+1	+3	+4	+5	+8	-4	-1	+4

#### Kruidlaag:

Akkerkool	-	-	-	+0	-	-	-	-	-	-	-	-
Basterdwederik (G)	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-	-	-	-	-	-
Brede wespenorchis	-0	+0	-1	+0	+1	+1	-1	-	-	-1	-1	-0
Drienerfmuur	-	-	-	-	-	-	-	+0	-	-	-	-
Eenstijlige meidoorn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+0	-
Gewone es	+1	+3	+5	+4	+9	+14	-1	+8	+8	-1	-	-
Gewone esdoorn	+0	+0	-	+0	+0	-	+0	-	-	-	-	+0
Gewone hennepnetel	-	-0	-0	-0	-1	-1	-	-	-	-	+1	+0
Gewone paardebloem	-0	-0	-0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grote brandnetel	+3	+5	+7	-	+1	+1	+2	+7	+10	-1	-1	-1
Haagbeuk	-	-	-	-	-	-	-	+1	-	-	-	-
Hazelaar	+0	-	+0	-	+0	-	-	+1	+1	-	-	+1
Kleefkruid	-16	-16	-17	-0	-	-	+0	+0	+12	-2	-1	-1
Look-zonder-look	-	-	-	-	-	+0	-	-	-	-	-	-
Pinksterbloem	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0	-0	-0
Rode kornoelje	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0	-0	-0
Ruw beemdgras	-	-	-	-	-	+0	-	-	-	-	-	-
Scherpe boterbloem	-	-	-0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Spaanse aak	-	+0	+1	-0	-0	+0	-	-	+1	-	-	+1
Wilde lijsterbes	-	-	-	-	+0	-	-	-	+0	-	-	-
Zoete kers	-	-	-	+0	+0	+0	-	-	+0	-	-	+1
Zomereik	-	+0	+2	+1	+1	+2	-	+1	+2	-	-	+1
Zomerlinde	-	-	-	-	-	+1	-	+1	+0	-	-	-

#### Moslaag:

Gewoon dikkopmos	-	+1	+1	+1	+1	+1	-0	-0	-0	+0	+0	+1
Fijn snavelmos	-	+1	+0	-	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+1	+1
Geplooid snavelmos	-	+0	-	-	+0	-	+0	-	-	-	-	-
Gewoon kantmos	-	+0	+0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kleisnavelmos	+0	-	-	-0	-0	-0	-	-	-	-0	-0	-0
Kleivedermos	+0	-	-	-	-	+0	+1	-	+0	-	-	-
Heideklauwtjesmos	-	-	-	-0	-0	-0	-	-	+0	-	-	-

De veranderingen in structuur en soortensamenstelling van de proefvlakken zijn bepaald a.d.h.v. de gemiddelden over alle vier de subplots; het soortenaantal is het totale aantal bepaald over de vier subplots van elk proefvlak samen.

**Groen:** toename in 2007 t.o.v. 2004 met 20% (hoogte kruidlaag: 20 cm) of meer en/of nieuw in proefvlak.

**Blauw:** afname in 2007 t.o.v. 2004 met 20% (hoogte kruidlaag: 20 cm) of meer en/of verdwenen uit proefvlak.

## C.7 Vitaliteit bomen

### C.7.1 Afwijkingen in de kronen van es en eik in het Harderbos in juni 2005 en 2006

Weergegeven in klassen <1%, 1-15%, 15-50%, 50-85%, 85-99% en >99%.

Proef vlak	Boomsoort	Waterindicator		Bladverlies		BladVerkleuring		Opmerkingen
		'05	'06	'05	'06	'05	'06	
Es Ref	Es	<1	<1	0	0	0	0	-
Es WK	Es	<1	<1	0	0	0	0	-
Es WL	Es	<1	<1	0	0	0	0	-
Es VK	Es	<1	<1	0	0	0	0	-
Es VL	Es	<1	<1	0	0	0	0	'05: 1 gele uitloper onderin kroon
Eik Ref	Eik	<1	<1	0	0	0	0	-
	Hazelaar	<1	<1	0	0	0	0	-
	Zomerlinde	<1	<1	0	0	0	0	-
Eik VL	Eik	<1	<1	0	0	0	0	'05: Paar dode bladeren, paar oranjegele uitlopers; '06: idem, zeer weinig vreterij in blad
	Hazelaar	<1	<1	0	0	0	0	-
	Zomerlinde	-	<1	-	0	0	0	Onderdrukt
Eik VK	Eik	<1	<1	0	0	0	0	'05: Klein aantal oranjegele uitlopers (St.Janslot), nerven groen; '06: -
	Hazelaar	-	<1	-	0	0	0	Onderdrukt
	Zomerlinde	<1	<1	0	0	0	0	-
	Lijsterbes	-	-	-	-	0	0	Onderdrukt
Eik WL	Eik	<1	<1	0	0	0	0	'05: Klein aantal oranjegele uitlopers (St.Janslot), nerven groen; '06: idem + paar verdroogde blaadjes
	Zomerlinde	<1	<1	0	0	0	0	'05: Klein aantal oranjegele uitlopers, paar verdroogde blaadjes; '06: idem zonder verdroogde blaadjes
	Hazelaar	-	<1	-	0	-	0	

## D Fauna

### D.1 Regenwormen

#### D.1.1 Soortensamenstelling essenvak

Gegroepeerde procentuele soortensamenstelling. Dominante groepen zijn vet gedrukt.

De kleuren van de verschillende groepen komen overeen met de kleuren in de figuren in 4.4.1.

Soortgroep 2004	Es-R (%)	Es-WK (%)	Es-WL (%)	Es-VK (%)	Es-VL (%)
<i>Lumbricus</i> -groep	22	<b>76</b>	33	22	22
<i>Octolasion/Aporrectodea</i> -groep	<b>56</b>	21	<b>48</b>	<b>70</b>	<b>65</b>
<i>Allolobophora</i> -groep	22	3	19	8	14
<i>Eiseniella</i>	-	-	-	-	-
<i>Dendrobaena</i> -groep	-	-	-	-	-

Soortgroep 2005	Es-R (%)	Es-WK (%)	Es-WL (%)	Es-VK (%)	Es-VL (%)
<i>Lumbricus</i> -groep	31	<b>56</b>	36	28	<b>39</b>
<i>Octolasion/Aporrectodea</i> -groep	<b>61</b>	41	<b>47</b>	<b>55</b>	11
<i>Allolobophora</i> -groep	6	3	14	12	<b>39</b>
<i>Eiseniella</i>	3	0	4	6	11
<i>Dendrobaena</i> -groep	-	-	-	-	-

Soortgroep 2006	Es-R (%)	Es-WK (%)	Es-WL (%)	Es-VK (%)	Es-VL (%)
<i>Lumbricus</i> -groep	18	28	27	21	29
<i>Octolasion/Aporrectodea</i> -groep	<b>69</b>	<b>69</b>	<b>46</b>	<b>53</b>	27
<i>Allolobophora</i> -groep	6	3	26	18	<b>44</b>
<i>Eiseniella</i>	7	1	1	7	0
<i>Dendrobaena</i> -groep	-	-	-	-	-

Soortgroep 2007	Es-R (%)	Es-WK (%)	Es-WL (%)	Es-VK (%)	Es-VL (%)
<i>Lumbricus</i> -groep	19	13	18	15	37
<i>Octolasion/Aporrectodea</i> -groep	26	<b>46</b>	<b>44</b>	5	12
<i>Allolobophora</i> -groep	<b>48</b>	39	33	<b>78</b>	<b>49</b>
<i>Eiseniella</i>	5	2	3	1	0
<i>Dendrobaena</i> -groep	1	0	3	1	2

Absolute aantallen per soort.

soort	Es Ref	Es WK	Es WL	Es VK	Es VL
<b>2004</b>					
<i>Lumbricus rubellus</i>	22	47	19	36	58
<i>Lumbricus castaneus</i>	0	0	0	0	0
<i>Lumbricus spec.</i>	53	19	53	28	22
<i>Allolobophora chlorotica</i>	75	42	25	36	3
<i>Allolobophora cupulifera</i>	0	0	0	0	0
<i>Octolasion tyrtaeum</i>	67	92	61	0	8
<i>Aporrectodea rosea</i>	0	8	33	8	0
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	14	0	0	3	6
<i>Aporrectodea spec.</i>	0	0	0	0	0
<i>Octolasion/Aporrectodea spec.</i>	114	100	136	81	8
<i>Eiseniella tetraedra</i>	0	0	0	0	0
<b>TOTAAL</b>	<b>344</b>	<b>308</b>	<b>328</b>	<b>192</b>	<b>106</b>
<b>2005</b>					
<i>Lumbricus rubellus</i>	47	42	42	44	61
<i>Lumbricus castaneus</i>	11	6	3	0	0
<i>Lumbricus spec.</i>	78	69	67	72	61
<i>Allolobophora chlorotica</i>	25	6	42	50	125
<i>Allolobophora cupulifera</i>	0	0	0	0	0
<i>Octolasion tyrtaeum</i>	228	14	6	114	25
<i>Aporrectodea rosea</i>	3	0	58	25	6
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	8	22	0	22	0
<i>Aporrectodea spec.</i>	31	50	81	69	6
<i>Octolasion/Aporrectodea spec.</i>	0	0	0	0	0
<i>Eiseniella tetraedra</i>	14	0	11	25	33
<b>TOTAAL</b>	<b>444</b>	<b>208</b>	<b>308</b>	<b>422</b>	<b>317</b>
<b>2006</b>					
<i>Lumbricus rubellus</i>	53	33	33	42	72
<i>Lumbricus castaneus</i>	14	6	8	3	6
<i>Lumbricus spec.</i>	39	44	64	75	28
<i>Allolobophora chlorotica</i>	33	8	100	103	164
<i>Allolobophora cupulifera</i>	6	0	0	0	0
<i>Octolasion tyrtaeum</i>	86	39	17	117	81
<i>Aporrectodea rosea</i>	0	0	33	11	3
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	108	28	3	17	3
<i>Aporrectodea spec.</i>	142	100	0	0	0
<i>Octolasion/Aporrectodea spec.</i>	78	42	128	153	14
<i>Eiseniella tetraedra</i>	44	3	3	39	0
<b>TOTAAL</b>	<b>603</b>	<b>303</b>	<b>389</b>	<b>558</b>	<b>369</b>
<b>2007</b>					
<i>Lumbricus rubellus</i>	31	3	17	22	53
<i>Lumbricus castaneus</i>	6	0	0	0	0
<i>Lumbricus spec.</i>	33	33	42	14	36
<i>Allolobophora chlorotica</i>	169	97	83	153	81
<i>Allolobophora cupulifera</i>	3	14	25	36	36
<i>Octolasion tyrtaeum</i>	0	3	53	6	14
<i>Aporrectodea rosea</i>	0	0	0	0	0
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	19	31	0	0	0
<i>Aporrectodea spec.</i>	47	97	17	6	0
<i>Octolasion/Aporrectodea spec.</i>	28	0	75	0	14
<i>Eiseniella tetraedra</i>	19	6	11	3	0
<i>Dendrobeana rubida</i>	3	0	0	0	0
<i>Dendrobeana octaedra</i>	0	0	8	3	6
<b>TOTAAL</b>	<b>358</b>	<b>283</b>	<b>331</b>	<b>242</b>	<b>239</b>

### D.1.2 Soortensamenstelling eikenvak

Gegroepeerde procentuele soortensamenstelling. Dominante groepen zijn vet gedrukt. De kleuren van de verschillende groepen komen overeen met de kleuren in de figuren in 4.4.1.

Soortgroep 2004	Eik-R (%)	Eik-WK (%)	Eik-WL (%)	Eik-VK (%)	Eik-VL (%)
<i>Lumbricus</i> -groep	10	13	11	12	15
<i>Octolasion/Aporrectodea</i> -groep	11	23	11	0	4
<i>Allolobophora</i> -groep	<b>78</b>	<b>64</b>	<b>79</b>	<b>88</b>	<b>80</b>
<i>Eiseniella</i>	-	-	-	-	-
<i>Dendrobaena</i> -groep	-	-	-	-	-

Soortgroep 2005	Eik-R (%)	Eik-WK (%)	Eik-WL (%)	Eik-VK (%)	Eik-VL (%)
<i>Lumbricus</i> -groep	12	-	22	8	15
<i>Octolasion/Aporrectodea</i> -groep	20	-	17	0	24
<i>Allolobophora</i> -groep	<b>60</b>	-	<b>53</b>	<b>59</b>	<b>40</b>
<i>Eiseniella</i>	7	-	8	34	21
<i>Dendrobaena</i> -groep	-	-	-	-	-

Soortgroep 2006	Eik-R (%)	Eik-WK (%)	Eik-WL (%)	Eik-VK (%)	Eik-VL (%)
<i>Lumbricus</i> -groep	10	-	19	15	16
<i>Octolasion/Aporrectodea</i> -groep	29	-	20	2	8
<i>Allolobophora</i> -groep	<b>55</b>	-	<b>54</b>	<b>81</b>	<b>74</b>
<i>Eiseniella</i>	5	-	7	1	2
<i>Dendrobaena</i> -groep	0	-	0	1	0

Soortgroep 2007	Eik-R (%)	Eik-WK (%)	Eik-WL (%)	Eik-VK (%)	Eik-VL (%)
<i>Lumbricus</i> -groep	12	-	28	33	22
<i>Octolasion/Aporrectodea</i> -groep	<b>47</b>	-	22	3	<b>38</b>
<i>Allolobophora</i> -groep	38	-	<b>35</b>	<b>48</b>	32
<i>Eiseniella</i>	0	-	15	5	6
<i>Dendrobaena</i> -groep	4	-	0	11	2

Absolute aantallen per soort.

soort	Eik Ref	Eik WL	Eik VK	Eik VL
<b>2004</b>				
<i>Lumbricus rubellus</i>	19	14	14	31
<i>Lumbricus castaneus</i>	0	0	0	0
<i>Lumbricus spec.</i>	6	11	8	11
<i>Allolobophora chlorotica</i>	189	122	164	217
<i>Allolobophora cupulifera</i>	0	0	0	0
<i>Octolasion tyrtaeum</i>	0	0	0	0
<i>Aporrectodea rosea</i>	11	17	6	3
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	0	0	0	0
<i>Aporrectodea spec.</i>	0	0	0	0
<i>Octolasion/Aporrectodea spec.</i>	17	28	17	8
<i>Eiseniella tetraedra</i>	0	0	0	0
<i>Dendrobeana rubida</i>	0	0	0	0
<b>TOTAAL</b>	<b>242</b>	<b>192</b>	<b>208</b>	<b>269</b>
<b>2005</b>				
<i>Lumbricus rubellus</i>	28	14	17	11
<i>Lumbricus castaneus</i>	8	0	3	8
<i>Lumbricus spec.</i>	22	33	8	22
<i>Allolobophora chlorotica</i>	283	111	217	111
<i>Allolobophora cupulifera</i>	0	0	0	0
<i>Octolasion tyrtaeum</i>	0	0	0	0
<i>Aporrectodea rosea</i>	39	11	0	3
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	0	0	0	31
<i>Aporrectodea spec.</i>	56	25	0	33
<i>Octolasion/Aporrectodea spec.</i>	0	0	0	0
<i>Eiseniella tetraedra</i>	33	17	125	58
<i>Dendrobeana rubida</i>	0	0	0	0
<b>TOTAAL</b>	<b>469</b>	<b>211</b>	<b>369</b>	<b>278</b>
<b>2006</b>				
<i>Lumbricus rubellus</i>	11	8	11	3
<i>Lumbricus castaneus</i>	0	0	6	0
<i>Lumbricus spec.</i>	25	31	25	19
<i>Allolobophora chlorotica</i>	197	111	219	103
<i>Allolobophora cupulifera</i>	0	0	0	0
<i>Octolasion tyrtaeum</i>	0	0	3	0
<i>Aporrectodea rosea</i>	19	19	0	0
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	0	3	0	0
<i>Aporrectodea spec.</i>	83	19	3	11
<i>Octolasion/Aporrectodea spec.</i>	0	0	0	0
<i>Eiseniella tetraedra</i>	19	14	3	3
<i>Dendrobeana rubida</i>	0	0	3	0
<b>TOTAAL</b>	<b>356</b>	<b>206</b>	<b>272</b>	<b>139</b>
<b>2007</b>				
<i>Lumbricus rubellus</i>	19	25	28	31
<i>Lumbricus castaneus</i>	0	0	3	0
<i>Lumbricus spec.</i>	25	11	36	19
<i>Allolobophora chlorotica</i>	3	8	0	3
<i>Allolobophora cupulifera</i>	142	36	97	69
<i>Octolasion tyrtaeum</i>	108	11	0	61
<i>Aporrectodea rosea</i>	0	0	0	0
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	0	0	0	0
<i>Aporrectodea spec.</i>	72	17	6	25
<i>Octolasion/Aporrectodea spec.</i>	0	0	0	0
<i>Eiseniella tetraedra</i>	0	19	11	14
<i>Dendrobeana rubida</i>	3	0	0	0
<i>Dendrobeana octaedra</i>	11	0	22	6
<b>TOTAAL</b>	<b>372</b>	<b>128</b>	<b>181</b>	<b>222</b>



### D.1.3 Literatuuronderzoek regenwormen

Regenwormen hebben verschillende strategieën om overstroming (voor het belangrijkste deel veroorzaakt door gebrek aan zuurstof) te overleven (Lee, 1985): gereduceerd metabolisme (diapauze), vlucht of ontwijkingsgedrag en coconproductie (Plum, 2005). Regenwormen kunnen door deze strategieën een aantal weken overleven in overstromde bodems en de populatie kan zich na een overstroming zeer snel herstellen. De soorten *Allolobophora chlorotica* en *Aporrectodea caliginosa* vertoonden in laboratorium experimenten tolerantie voor overstroming, hoewel hun conditie verslechterde en er een neiging tot vluchtgedrag werd waargenomen. De soort *Lumbricus rubellus* was gevoelig voor overstroming, vlucht en ontwijkingsgedrag leek de enige overlevingsstrategie voor deze soort te zijn. *L. rubellus* was wel in staat om gedurende 42 dagen te overleven ondanks een sterk verminderde conditie (Zorn, 2004a). In een veldsituatie (grasland, uiterwaarden) bleek overstroming een sterke reductie van de regenwormpopulatie te veroorzaken. Temperatuur (lagere temperatuur, minder reductie, doordat het zuurstofverbruik van de wormen lager is en koud water meer zuurstof kan bevatten), organisch stof gehalte (meer organisch materiaal, grotere reductie, meer organisch materiaal betekent ook meer microbiële activiteit, waardoor zuurstof sneller een beperkende factor wordt) en lengte van de overstroming (kortere overstroming, minder reductie, zuurstof is dan minder een beperkende factor) bleken van invloed te zijn op de reductie van de regenwormpopulatie (Plum, 2005). In deze studie werden verschillen tussen soorten gevonden. Deze verschillen werden beïnvloed door het gedrag van de wormen en de grootte van het overstromde gebied: wormen die vlucht- of ontwijkingsgedrag als belangrijkste mechanisme vertonen maken bij een grootschalige overstroming minder kans om te overleven (dit treedt voornamelijk op bij *L. rubellus*). Deze soort produceert echter zeer veel cocons (die zeer tolerant zijn voor overstroming) en is na overstroming in staat zeer snel populatieherstel te vertonen. In een andere veldstudie (grasland, uiterwaard) werden vergelijkbare effecten gevonden (Zorn, 2004b): *L. rubellus* vertoonde een sterke reductie aan het einde van een overstromingsperiode maar herstelde volledig vóór de volgende overstroming, *A. chlorotica* werd niet beïnvloed door overstroming, *A. caliginosa* vertoonde grote schommelingen in aantal, maar deze waren niet gerelateerd aan de overstromingen. In een andere veldstudie naar de effecten van overstroming van graslanden in uiterwaarden (UK) werd gevonden dat de biomassa aan het begin van een overstroming sterk werd gereduceerd als gevolg van vluchtgedrag van regenwormen. Tevens werd vastgesteld dat regenwormen in staat zijn overstromingen gedurende 120 dagen te overleven (Ausden *et al.* 2001). Regenwormen zoeken in natte perioden ook wel onconventionele schuilplaatsen. In het Roggebotsebos werden in natte perioden regenwormen aangetroffen in opeenhopingen van dennennaalden op 3 meter hoogte in Grove Den (mondelinge mededeling Jack Faber). In het algemeen worden meer macro-invertebraten (waaronder regenwormen) gevonden in graslanden die minder frequent overstromen (Plum, 2005b).

Hoewel alleen onderzoek is beschreven naar de effecten van inundatie in graslanden in uiterwaardgebieden wordt algemeen vastgesteld dat grote effecten op dichtheden, biomassa en conditie van wormen door inundatie kunnen worden veroorzaakt. Er zijn echter grote response verschillen tussen wormensoorten op basis van hun overlevingsstrategie.

### D.2 Loopkeverinventarisatie

Loopkevers zijn verzameld middels handvangsten voor, tijdens en na inundatie. In de droge/drooggevallen compartimenten zijn kevers gezocht onder schors van op de grond liggende (en vergaande) bomen en aan de voet van levende stammen. Bij inundatie zijn zwemmende en op staande en drijvende stammen/takken/bladeren aanwezige loopkevers meegenomen. In totaal zijn 29 soorten aangetroffen waarvan er 23 gebonden zijn aan vochtige terreintypen (zie tabel). De aangetroffen soorten zijn vooral soorten die aangepast zijn aan dynamische omstandigheden. De meeste (23 soorten) zijn matig tot zeer eurytoop (wat betekent dat ze in diverse habitats kunnen worden aangetroffen en (over)leven). Drie soorten zijn stenotoop (sterke binding met een habitat): 2 bossoorten (*Calodromus spilotus* en *Leistus fulvibarbis*) en 1 oeversoort (*Bembidion pustulatum*). Een globale indeling naar habitattypen waarin de soorten

bij voorkeur toeven, levert 7 oeversoorten op, 9 soorten die als cultuurvolgers/soorten van ruderaal terreinen te boek staan en 13 soorten van bossen of anderszins beschaduwde terreinen. De samenstelling geeft dus ook aan dat de meeste soorten hun domein vinden in een dynamische omgeving.

De meeste soorten (25) zijn gevleugeld of kennen gevleugelde en ongevleugelde exemplaren. 24 soorten overwinteren als imago, 1 ervan kan ook als larve overwinteren.

De meeste soorten (29) zijn gevleugeld of kennen gevleugelde en ongevleugelde exemplaren. 27 soorten overwinteren als imago, 3 ervan kunnen ook als larve overwinteren.

Tijdens inundatie werden duidelijk meer soorten en aantallen loopkevers gevonden dan voor de inundatie, wat aangeeft dat er meer diversiteit en aantallen loopkevers (en andere ongewervelden) voorkomen dan wat op basis van inventarisaties (onder normale omstandigheden) verwacht mag worden. De meeste van de in het bos gevangen loopkeversoorten zijn aangepast aan leven in dynamische gebieden (bezit vliegvermogen, imago-overwintering, mate van eurytopie). Ze bezitten diverse mogelijkheden om te overleven. Naast wegvliegen is aangetoond dat diverse soorten bij een lage watertemperatuur ook lange tijd (variërend van enkele dagen tot 5-8 weken) onder water kunnen overleven (Gerken 1981, Palmén 1945 en 1948, Siepe 1994, Thiele 1977). Ook kennen sommige soorten strategieën om als ei of larve onder water te overleven. Verwacht mag worden dat deze soorten een kortdurende overstrooming dus kunnen overleven. Siepe (1994) zag een verschil tussen adulten van stenotopie bossoorten en dynamische oeversoorten: bossoorten zwommen in water ongericht rond, terwijl soorten van dynamische gebieden (oevers) gericht naar boven water uitstekende plekken zwommen, en daardoor een betere overlevingskans hebben.

In West-Europese bossen worden vaak rond de 70 soorten aangetroffen. De handvangsten geven waarschijnlijk geen volledig overzicht van de soortenrijkdom aan loopkevers in het Harderbos. Van de soorten die meestal als larve overwinteren zijn in april en mei een gering aantal nog verse (jonge) imago's aangetroffen. Diverse soorten die nog niet van gedaante verwisseld zijn, zullen gemist zijn. Verder brengt een deel van de soorten de winterperiode elders door (bijvoorbeeld in holle stengels of in diepere scheuren in stammen) of ze overwinteren in de bodem (30-50 cm. diep). Ook die zullen niet alle aangetroffen zijn.

#### Referenties

- Gerken B (1981) Zum Einfluss periodischer Überflutungen auf bodenlebende Coleopteren in Auewäldern am südlichen Oberrhein. Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent. 3: 130-134.
- Palmén E (1945) Über Quartierwechsel und submerse Überwinterung einiger terrestrischen Uferkäfer. Ann. Entom. Fennici 11: 22-34.
- Palmén E (1948) Felduntersuchungen und experimente zur Kenntnis der Überwinterung einiger Uferarthropoden. Ann. Entom. Fennici 14: 169-179.
- Siepe A (1994) Das "Flutverhalten" von Laufkäfern (Coleoptera: Carabidae), ein Komplex von öko-ethologischen Anpassungen an das Leben in der periodisch überfluteten Aue - I: Das Schwimmverhalten. Zool.Jb.Syst. 121: 515-566.
- Thiele HU (1977) Carabid Beetles in their Environment. A study on Habitat Selection by Adaptations in Physiologie and Behaviour. Springer, Berlin.

loopkeversoort	es	es	es	es	eik	eik	eik	eik	eik	Ecologie soorten					voorkeur terrein-type	
	nat	droog	droog	droog	nat*	droog	droog	nat	nat	droog	TU	mEU	VLGV	REP		W
	21 jan.	28 jan.	22 apr.	22 apr.	18 jan.	21 jan.	28 jan.	15 apr.	22 apr.	8 apr.						
<i>Agonum afrum</i>	4					1					G4	7	DIMF	vj	1	w
<i>Agonum muelleri</i>	1						1				EU	9	MACR	vj	1	a
<i>Amara similata</i>	2	2	1	2				1			H1	7	MACR	vj	1	a
<i>Anisodactylis binotatus</i>	1	1	1								H2	7	MACR	vj	1	a
<i>Asaphidion flavipes</i>	1										EU	8	MACR	vj	2	r
<i>Badister lacertosus</i>	3		2					2			EU	6	macr	vj		a
<i>Badister sodalis</i>							1	19	8		F2	5	macr	vj	1	w
<i>Bembidion quadripustulatum</i>									1		HZ	2	MACR	vj	1	r
<i>Bembidion tetracolum</i>	3							2			EU	8	DIMF	vj	1	r
<i>Caladromus spilotus</i>	1	1									B1	3	MACR	vj	1	w
<i>Carabus granulatus</i>	1	6				1	7			1	G2	7	brach	vj	1	a
<i>Clivina fossor</i>								3			EU	9	POLY	vj	1	a
<i>Dromius quadrimaculatum</i>	7	2									E1	5	MACR	vj	1	a
<i>Leistus fulvibarbis</i>	3		1						2		D2	4	macr	he		w
<i>Limodromus assimilis</i>				1		2	2				EU	7	MACR	vj	1	w
<i>Loricera pilicornis</i>	10	1			4	2	2				EU	10	MACR	vj	1	r
<i>Nebria brevicollis</i>	3	1			1	1		2	2		EU	10	MACR	he		w
<i>Notiophilus biguttatus</i>	1				1				1		EU	9	DIMF	vj	1	w
<i>Oxypselaphus obscurus</i>	40	7					2	6	23	2	EU	8	dimf	vj	3	w
<i>Patrobus atrorufus</i>								4	4		F2	5	brach	he	2	w
<i>Poecilus cupreus</i>								1	1		H2	7	MACR	vj	1	r
<i>Pterostichus melanarius</i>				1				2			EU	9	DIMF	he	3	a
<i>Pterostichus niger</i>	1								1	1	EU	9	MACR	he	3	w
<i>Pterostichus nigrita</i>	4						1	6			EU	9	POLY	vj	1	r
<i>Pterostichus oblongpunctatus</i>								1	6		D3	7	MACR	vj	1	w
<i>Pterostichus strenuus</i>	42	4	2	1		1	27	34	41		EU	9	POLY	vj	1	w
<i>Pterostichus vernalis</i>			1				11	3	9		EU	9	POLY	vj	1	r
<i>Stomis pumicatus</i>								3	10		D2	6	brach	vz	1	w
<i>Trechus obtusus</i>	12		1		6			5	2		EU	8	brach	he/vj	2	a
<b>aantal individuen</b>	<b>140</b>	<b>25</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>54</b>	<b>94</b>	<b>111</b>	<b>4</b>						
<b>aantal soorten</b>	<b>19</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>3</b>						

\*: slechts korte tijd bemonsterd

Toelichting ecologie soorten:

TU: ecologische groep volgens Turin et al. (1991) en Turin (2000).

Soorten van: B1: duinen en vegetaties met buntgras; D2: kalkgraslanden en bossen; D3: bossen; E1: ruderaal terreinen en natte bossen; EU: eurytope soorten die in zeer veel terreintypen voorkomen; F2: vochtige, beschaduwde terreinen; G1-G4: ruderaal min of meer beschaduwde terreinen; H1-H2: rietland, polders en jonge terreinen; HZ: weinig gevangen oeversoort, leeft te dicht bij water om met potten te vangen.

mEu: mate van eurytopie volgens Turin et al. (1991) en Turin (2000)

2: stenotoop; 3: tamelijk stenotoop; 4: matig stenotoop; 5: gemiddelde ecologische amplitude; 6: matig eurytoop; 7: tamelijk eurytoop; 8: eurytoop; 9: zeer eurytoop; 10: zeer eurytoop (in alle biotopen aangetroffen).

VLGV = vliegvermogen (hoofdletters = soort is vliegend waargenomen)

MACR/macr = alle dieren zijn volledig gevleugeld; brach = alle dieren zijn ongevleugeld; DIM/dim = binnen de soort komen gevleugelde en ongevleugelde individuen voor; POLY/poly = alle overgangen tussen gevleugeld en ongevleugeld kunnen voorkomen.

REP = grove aanduiding reproductie seizoenen

vj = voorjaar; vz = voorjaar-zomer; he = herfst; he/vj = vooral in de herfst maar ook in het voorjaar.

W = winterstadium

1 = overwintert als imago; 2 = overwintert als larve; 3 = overwintert als imago en larve.

Toelichting voorkeur terreintype:

r=ripariaal/oeversoort

a=arabische/soorten van ruderaal terreinen

w=wood/bossoorten

niet onderstreept zijn soorten met voorkeur voor vochtige terreinen







