

# Tussenrapport 2004: Harderbos



Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
**Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat**

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA



**ALTERRA**  
RESEARCH INSTITUUT VOOR DE GROENE RUIMTE



**Natuurmonumenten**  
Beschermt natuur in Nederland



**Zuiderzeeland**  
WATERSCHAP



**PROVINCIE FLEVOLAND**



# Tussenrapport 2004: Harderbos

februari 2005

Rijkswaterstaat RIZA Werkdocument nr. 2005.054.X

Alterra speciale uitgave 2005/04; ISSN 1574-8227

## Colofon

Tekst: Suzanne Stuijtzand, Tim Pelsma, Harry van Manen (RWS-RIZA)  
Patrick Hommel, Rein de Waal, Joost van der Pol (Alterra)  
Hans van Dijk (Waterschap Zuiderzeeland)

Aan de uitvoering van de pilot Harderbos werken mee:

Natuurmonumenten: Age Boonstra  
Nynke Bosma

Waterschap Zuiderzeeland: Marijke Jaarsma

Provincie Flevoland: Linda Groot

RWS-RIZA: Suzanne Stuijtzand  
Harry van Manen  
Tim Pelsma  
Jaap Daling  
Albert van der Scheer  
Wouter Iedema

Alterra: Sabine van Rooij  
Patrick Hommel  
Rein de Waal  
Jos Bodt  
Joost van der Pol

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

Dit rapport is tevens onderdeel van het Alterra-project 'Bos in Water, Water in Bos', onderdeel van het DLO-onderzoeksprogramma 417: "Veranderend waterbeheer voor een duurzame groene ruimte".

# Inhoud

1. Inleiding	2
2. Pilot Harderbos	3
3. Onderzoekopzet en inrichting	5
4. Aanleg van de compartimenten	7
5. Monitoring: de uitgangssituatie	8
5.1 Grondwaterstanden	9
5.2 Waterkwaliteit en grondwaterkwaliteit	13
5.3 Bodem en humus	15
5.3.1 Bodem in het Harderbos	
5.3.2 Proefpercelen: methode	
5.3.3 Resultaten	
5.4 Vegetatie	19
5.4.1 Keuze van de proefpercelen	
5.4.2 Methode	
5.4.3 Resultaten	
5.5 Bodemfauna	26
6. Samenvatting en conclusie	32
7. Literatuur	35
Bijlagen	36

# 1. Inleiding

## *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, als de hoofdfunctie natuur met de vastgestelde doelstellingen moet blijven functioneren. Meer inzicht in de daadwerkelijke mogelijkheden voor waterberging is gewenst.

## *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, -herstel en -ontwikkeling. Daartoe is het pilotprogramma primair gericht op het opdoen en verspreiden van ervaringskennis. Het brengt op basis van praktijksituaties (pilots) ervaringen en effecten van de combinatie natuur met waterberging (eventueel in samenhang met waterbuffering) in beeld. Er zal meer inzicht beschikbaar komen over de mogelijkheden en onmogelijkheden voor de functiecombinatie waterberging en natuur.

## *Organisatie pilot Harderbos*

Eén van de geselecteerde pilots ligt in het Harderbos (Provincie Flevoland). In 2003 zijn partners gezocht en is de opzet van de pilot uitgewerkt. De volgende partijen werken mee aan de pilot: Natuurmonumenten, Waterschap Zuiderzeeland, Provincie Flevoland, RWS-RIZA en Alterra.

RWS-RIZA is trekker van de pilot, in opdracht van DG Water.

Alterra werkt als partner mee aan deze proef in het kader van het project 'Bos in Water, Water in Bos'. Dit project is onderdeel van het DLO-onderzoeksprogramma 417 "Veranderend waterbeheer voor een duurzame groene ruimte", dat wordt uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van LNV.

## *Looptijd en rapportage*

Naar verwachting is de looptijd van de pilot binnen het kader van het pilotprogramma maximaal 4 jaar. In 2004 is de pilot van start gegaan. In 2007 worden de meet- en monitoringgegevens geïntegreerd en verwerkt in een eindrapportage. Aan het einde van de onderzoeksperiode van het Pilotprogramma Waterberging en Natuur en het DLO-onderzoeksprogramma Veranderend waterbeheer wordt een eindrapport van de gehele proef opgesteld. In de tussenliggende jaren verschijnen tussenrapportages, waarvan voorliggend rapport de eerste is.

## 2. Pilot Harderbos

### *Achtergrond Harderbos*

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

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 systeem 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.

### *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 zeelei 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 rivierklei 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 zeelei. 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, met name wanneer de uitgangssituatie erg voedselrijk is.

Het *essenvak* 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 zeelei (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 beekdalen (op voormalige landbouwgrond, of bij periodieke overstroming met vervuild beekwater) kunnen we een vergelijkbare (zij het niet identieke) begroeiing aantreffen.

Het *eikenvak* laat een ander, maar zeker niet ongebruikelijk gezicht 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. Door het land heen gaat het hierbij om een paar honderd merendeels kleine bosjes, van meestal een half tot twee hectaren; in de jonge zeeleipolders 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 interessante referentie zijn.

#### *De pilot*

De pilot omvat een klein deel van het Harderbos, en heeft een experimenteel karakter. Ca. 1.3 ha van het Harderbos is ingericht voor de proef. In deze delen van het gebied zal een hoogwaterpiek gesimuleerd worden, door het gebied voor korte of langere tijd te laten inunderen (=onder water zetten), op twee verschillende tijdstippen in het jaar. Na deze hoogwaterpiek worden effecten op vegetatie en fauna gemonitord.

#### *Onderzoeksvragen*

Algemene hoofdvragen zijn:

- Uitgaande van een bepaald natuurdoel, hoeveel water kan er dan in welke periode geborgen/vastgehouden worden, en hoe lang mag dit duren?  
Voor bossen betekent dit: Onder welke randvoorwaarden kan bos worden ingezet voor de opvang (bergen of vasthouden) van water?
- Anderzijds: Uitgaande van een waterbergingsgebied, welke type natuur kan zich hier ontwikkelen? Voor bossen betekent dit: Wat zijn de mogelijkheden voor de ontwikkeling van nieuw bos in gebieden die worden gereserveerd voor waterberging of -vasthouden?

Vragen vanuit het natuurbeheer zijn:

- Wat zijn effecten van inundaties op vegetatie en fauna, en in hoeverre spelen inundatietijdstip en -duur een rol?
- Biedt waterberging of -buffering kansen voor natuur in gebieden met een lage natuurwaarde?

Vragen vanuit het waterbeheer zijn:

- Welk effect/overlast heeft waterberging op de omgeving?
- In hoeverre zal het opzetten van het waterpeil in het kader van anti-verdrogingsmaatregelen ten koste gaan van de bergingscapaciteit?

Vraag vanuit de provincie is:

- Voor welk areaal is het onderzoeksgebied representatief, en in hoeverre kunnen deze gebieden ingezet worden voor waterberging of -buffering?



### 3. Onderzoeksopzet en inrichting

#### *Regimes*

Er zal water uit de Strandgapertocht worden ingelaten om een hoogwaterpiek te simuleren.

Als inundatiediepte wordt (gemiddeld) 20 cm boven maaiveld aangehouden.

Ligging, grootte en aantal van de compartimenten en referentievakken zijn vastgesteld op basis van technische haalbaarheid en vergelijkbaarheid van bodem, hydrologie en vegetatie. De variabelen inundatieduur en inundatietijdstip worden onderzocht. In principe wordt inundatie eenmalig toegepast.

De volgende regimes worden aangehouden:

- referentie (geen inundatie)
- korte inundatie in winter (januari, 7 dagen)
- lange inundatie in winter (januari, 21 dagen)
- korte inundatie in voorjaar (april, 7 dagen)
- lange inundatie in voorjaar (april, 21 dagen)

Er is voor gekozen om bovenstaande regimes op twee opstandstypen te testen: één met Es en één met Zomereik als dominante boomsoort. Deze boomsoorten verschillen sterk in strooiselkwaliteit en -afbraak. Deze verschillen kunnen uiteindelijk resulteren in zeer verschillende humusprofielen en daarmee in verschillende ondergroei. Bij inundatie en/of vernatting van de bosbodem is te verwachten dat de humusprofielen en vegetaties onder Eik en Es zich verschillend zullen ontwikkelen. De essenopstand staat hierbij model voor alle in het bostype 'elzenrijk essen-iepenbos' te verwachten boomsoorten met 'rijk' snel verterend strooisel (o.a. ook Els, Iep en Wilg). De Eik is daarentegen de enige te verwachten boomsoort in bovengenoemd bostype met 'arm' slecht verterend strooisel; Beuk, Tamme kastanje en naaldbomen zijn hier niet op hun plaats. Ook verschillen de soorten in mogelijke kwetsbaarheid voor inundatie: Van Es wordt verwacht dat deze goed bestand is tegen dergelijke inundaties, bij Zomereik worden negatieve effecten verwacht.

In totaal zullen er dus 10 compartimenten komen. Er zijn geen replica's van de verschillende behandelingen. Wel zijn binnen de compartimenten verschillende meetpunten/subplots gelegen.

#### *Invloed van beheersmaatregelen op de proef*

Binnen het onderzoeksgebied zijn in de afgelopen jaren interne vernattingsmaatregelen genomen. Externe vernattingsmaatregelen (opzetten peil in Strandgapertocht) worden in de toekomst genomen. De exacte effecten van deze vernattingsmaatregelen zijn onbekend. De volgende aspecten zijn overwogen:

- Effecten van inundatie zullen waarschijnlijk van een orde groter zijn dan de effecten van vernatting.
- Er wordt wel een significante stijging van de grondwaterstand verwacht (en nu ook al waargenomen). Op basis van de voorhanden zijnde peilgegevens wordt verwacht dat als gevolg van vernatting:
  - o de grondwaterstand in de zomer mogelijk in extreme gevallen reikt tot in de wortelzone van de bomen;
  - o de grondwaterstand in de winter reikt tot in de wortelzone van de bomen, en in extreme gevallen mogelijk ook tot in de wortelzone van de ondergroei.
- Verwacht wordt dat een hoge grondwaterstand (als gevolg van externe vernattingsmaatregelen) in de winter geen effect zal hebben op bomen en ondergroei.
- In de bodemlaag waar de belangrijkste mineralisatieprocessen plaatsvinden (de eerste 20 cm onder maaiveld) zijn in het zomerhalfjaar (wanneer deze processen plaats vinden (boven 5°C)) geen veranderingen als gevolg van externe vernattingsmaatregelen te verwachten.

Conclusie: de effecten van vernatting zijn een storende factor in de proef, en de effecten zijn niet exact in te schatten. Aan de andere kant leiden bovenstaande overwegingen tot de verwachting dat de maatregelen een aanvaardbaar beperkte invloed hebben op de proef.

Wat betreft het terreinbeheer heeft in de geselecteerde gebiedsdelen geen actief beheer plaats gevonden. Recent zijn Schotse Hooglanders in het gebied uitgezet. Zodra bekend was waar de compartimenten kwamen te liggen, zijn deze uitgerasterd om verstoring door grazers te voorkomen.

#### 2004: Vooronderzoek en inrichting

In 2004 is de uitgangssituatie vóór inundatie bepaald (zie Hoofdstuk 5). Met behulp van deze informatie is tevens de ligging en grootte van de compartimenten vastgelegd. In het najaar zijn de compartimenten aangelegd (zie Hoofdstuk 4).

#### 2005: Inundaties

Kunstmatige inundatie zal in vier compartimenten in de winter 2004/2005 plaats vinden, in vier andere in het voorjaar van 2005. Tijdens de inundaties zal de inundatiediepte en waterkwaliteit gemonitord worden.

#### 2005-2007: Reguliere monitoring

Het gebied zal gedurende de onderzoeksperiode gemonitord worden. Ontwikkelingen van bodem, vegetatie en bodemfauna worden gevolgd.

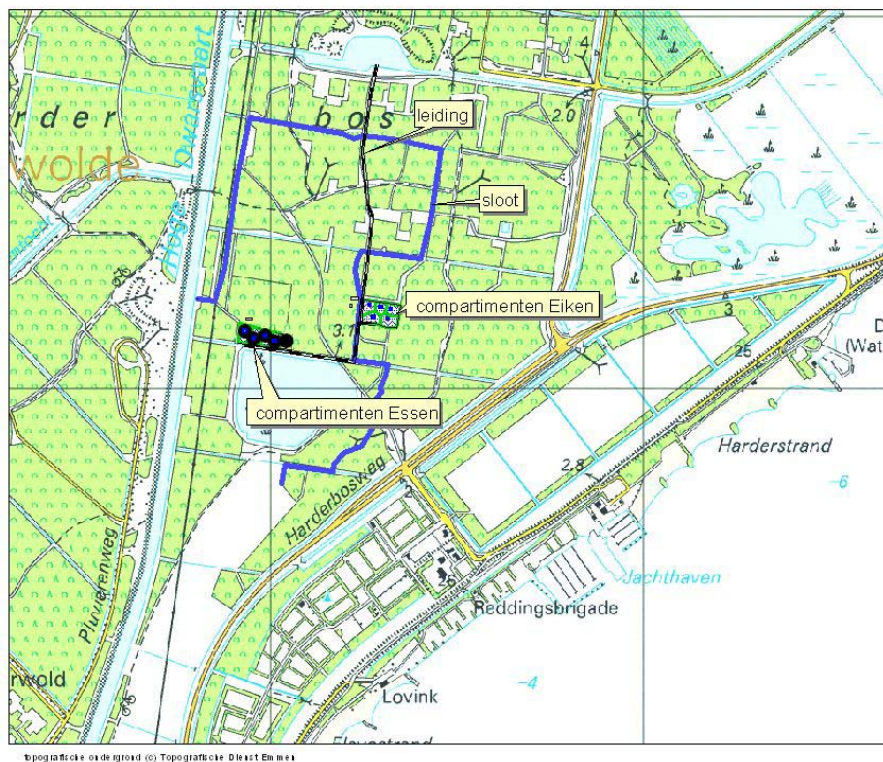


Fig. 3.1: Ligging van de geselecteerde proefpercelen in het Harderbos, nabij Biddinghuizen (Flevoland)

## 4. Aanleg van de compartimenten

Het is essentieel dat de compartimenten vergelijkbaar zijn qua bodemeigenschappen en vegetatie. Een (globale) opname van vegetatie heeft geleid tot vaststelling van de ligging van compartimenten, waarbij rekening is gehouden met bodem- en hydrologische eigenschappen (zie Hoofdstuk 5). Gekozen is voor de volgende gebiedsdelen (volgens code Natuurmonumenten): vak 123e2 (Zomereik), en vak 123j2 (Es).

De compartimenten zijn in september/begin oktober 2004 gerealiseerd door de aanleg van kleikades. De kades zijn zodanig hoog dat een inundatieniveau van gemiddeld 20 cm op het maaiveld realiseerbaar is. Het gebruikte materiaal is 'gebiedseigen' (om randeffecten te voorkomen). De compartimenten zijn uitgerasterd om verstoring door grazers (Schotse Hooglanders) te voorkomen. Bij nametingen bleek dat de kades op sommige punten onvoldoende hoog waren. Medio november zijn alsnog de kades voldoende opgehoogd (min. 40 cm boven maaiveld). Bij de aanleg van de kades is zoveel mogelijk geprobeerd om verstoring van de compartimenten tegen te gaan. De proefvlakken grenzen niet direct aan de kades, maar liggen in het centrum van de compartimenten, en zijn elk 10 x 10 m groot.



## 5. Monitoring: de uitgangssituatie

In 2004 is de uitgangssituatie vóór inundatie bepaald. Hieronder volgen de onderdelen die zijn onderzocht (mede ter vastlegging van de ligging van de compartimenten) en de verantwoordelijke partijen:

- Grondwaterstanden: Waterschap
- Waterkwaliteit en grondwaterkwaliteit: Waterschap
- Bodem: Alterra, RWS-RIZA, Provincie
- Vegetatie: RWS-RIZA, Alterra
- Bodemfauna: Alterra

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)

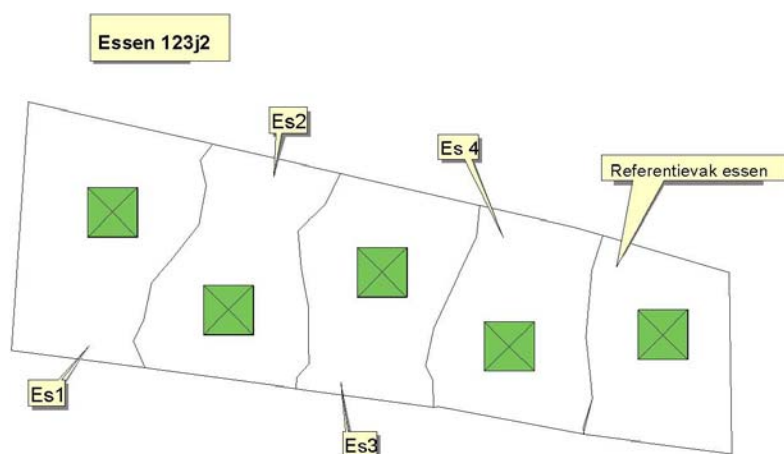


Fig. 5.1: Schets van de vijf compartimenten in het essenvak. De proefvlakken zijn in groen weergegeven.

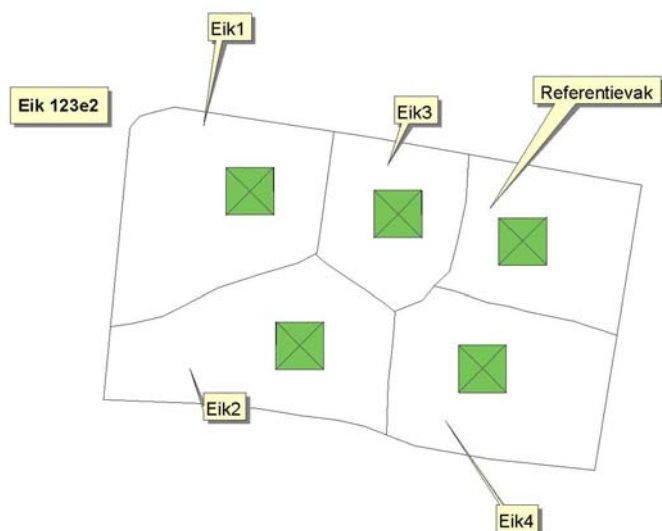


Fig. 5.2: Schets van de vijf compartimenten in het eikenvak. De proefvlakken zijn in groen weergegeven.



## 5.1 Grondwaterstanden

### *Grondwater in het Harderbos en randvoorwaarde voor selectie van de proeflocatie*

Het Harderbos kenmerkt zich door een relatief dun Holocene pakket op Pleistoceen. Het Holocene pakket bestaat voornamelijk uit Almere- en Zuiderzee-afzettingen van klei en veen, en heeft een dikte van over het algemeen minder dan 1 m (zie ook paragraaf 5.3 'Bodem en humus'). In het goed doorlatende Pleistocene zand 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 Veluwe-massief en resulteert in het Harderbos op veel locaties in een kwelstroom. Deze kwel varieert globaal van 1 tot 5 mm per dag en is afhankelijk van de afstand tot het Veluwemeer. Als het Holocene pakket tot op het Pleistoceen gerijpt is, is er interactie tussen het freatisch grondwater en het diepere grondwater in het Pleistoceen. De rijping heeft zich echter niet overal doorgezet tot de onderkant van het Holocene pakket (top van Pleistoceen). Het is ook juist de kwelstroom die de rijping op een aantal plekken beperkt. Soms is er nog een ongerijpte laag van ongeveer 0,10 m aan de onderzijde van het Holocene aanwezig die verhindert dat de kwel het freatisch grondwater beïnvloedt. Op andere locaties is de onderzijde van het Holocene gedeeltelijk of weinig gerijpt, waardoor er wel enige invloed kan zijn.

Voor de proeflocaties is het van belang het mechanisme te kennen van deze grondwaterinteractie. De proeflocaties moeten dan ook zodanig zijn gesitueerd dat bij inundatie zo weinig mogelijk verliezen optreden als gevolg van wegzijging naar de Pleistocene ondergrond. Dat is de reden waarom gezocht is naar een bodemprofiel dat aan de "onderzijde" min of meer afsluitend is.

### *Plaatsing van de grondwaterstandsbuizen*

Nadat op basis van de bodemopbouw (en de vegetatie) de proefpercelen zijn vastgelegd, is bepaald op welke diepte de grondwaterstandsbuizen geplaatst konden worden. Plaatsing van de buizen is zodanig dat ze zich nog geheel in het Holocene bevinden met de onderkant boven de (gedeeltelijk) afsluitende laag (onderzijde Holocene).

Op 2 juli 2004 zijn in ieder compartiment grondwaterstandsbuizen met dataloggers geplaatst. Hiermee wordt uurlijks de freatische grondwaterstand geregistreerd. De buizen zijn op een diepte van 0,65 tot 0,90 m beneden maaiveld geplaatst. In fig. 5.3 en 5.4 zijn de locaties van de geplaatste grondwaterstandsbuizen in de compartimenten weergegeven.



Fig. 5.3: De locaties van de bodemkartering en de grondwaterstandsbuizen in het eikenvak

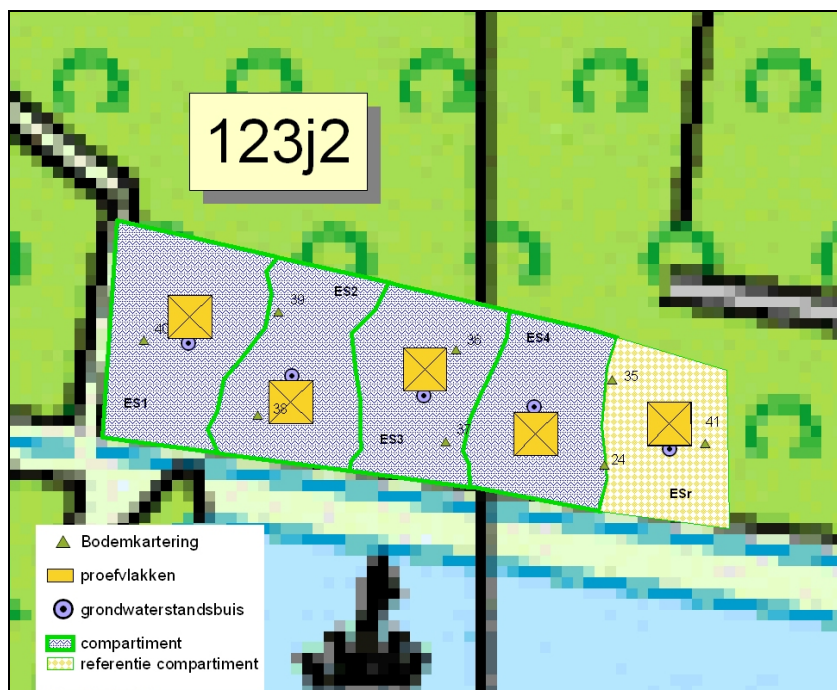


Fig. 5.4: De locaties van de bodemkartering en de grondwaterstandsbuizen in het essenvak

#### *Grondwaterstanden in de omgeving*

Door Natuurmonumenten wordt reeds een aantal jaren 2 keer per maand de grondwaterstanden in het Harderbos opgenomen. In de nabijheid van de proeflocaties zijn een drietal buizen geselecteerd om de historie ter plaatse van de proefvakken enigszins weer te geven (zie Bijlage 1). De grondwaterstanden op deze plaatsen (B9, B10 en B13) zijn weergegeven in fig. 5.5. 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 deze buizen in het Pleistoceen gesitueerd, en registreren deze buizen de stijghoogte van het Pleistocene grondwater. Als de onderzijde van het Holoceen niet afsluitend is, zal de freatische grondwaterstand overeenkomen met de Pleistocene stijghoogte of deze benaderen. In grote delen van het gebied, zeker meer polderinwaarts, zal dit het geval zijn.

Omdat het weer (neerslag en verdamping) grondwaterstanden sterk beïnvloedt, is in Bijlage 2 een korte omschrijving opgenomen van het weer van 2000 tot en met 2004. Deze gegevens zijn essentieel om het verloop van de grondwaterstanden te kunnen interpreteren.

Vanaf 2000 is een stijging van de grondwaterstanden te zien (fig. 5.5). 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 2), 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. 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 het grondwaterpeil.

<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 boven de Lepelaarplas gedempt. Deze sloot grensde aan de zuidkant van het essenvak.

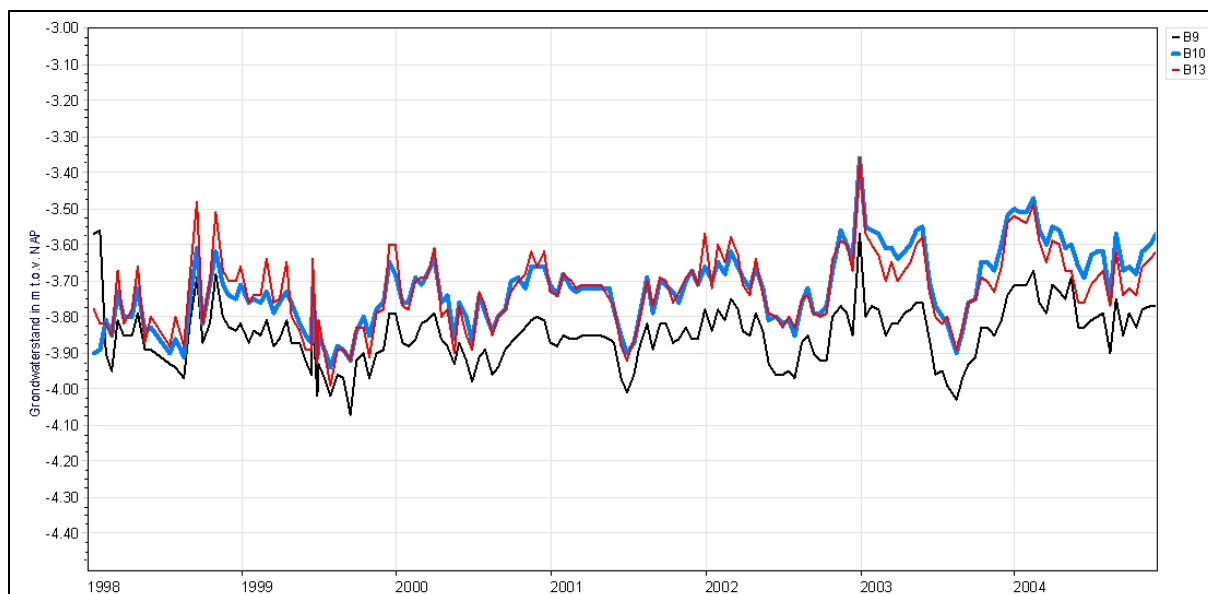


Fig. 5.5: Grondwaterstanden B9, B10 en B13 van het meetnet van Natuurmonumenten

#### Grondwaterstanden in de compartimenten

De peilverlopen in de figuren 5.6 en 5.7 zijn weergegeven in daggemiddelden van de grondwaterstanden. Het komt voor dat er geen waarnemingen zijn omdat de buizen droog vallen. De grondwaterstanden zijn dan lager dan de laagst voorkomende in de peilverlopen. Er zijn totnogtoe geen exacte NAP-hoogten van de buizen bepaald, en deze zijn dan ook zo goed mogelijk ingeschat teneinde toch een voorlopig beeld te kunnen geven van het verloop van de grondwaterstanden.

In fig. 5.6 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, wat gedeeltelijk veroorzaakt kan worden door nog niet goed gecorrigeerde buishoogten. De niveaus zijn echter vergelijkbaar met B10 en deze locatie wijkt dan ook niet af van locaties elders in het Harderbos. De maaiveldhoogte ligt op ongeveer NAP -3,10 m, en de grondwaterstanden bevinden zich voornamelijk tussen de 0,40 en 0,60 m beneden maaiveld. Grondwaterstanden hoger dan 0,30 m beneden maaiveld komen niet voor en dieper dan 0,60 m beneden maaiveld zeer weinig.

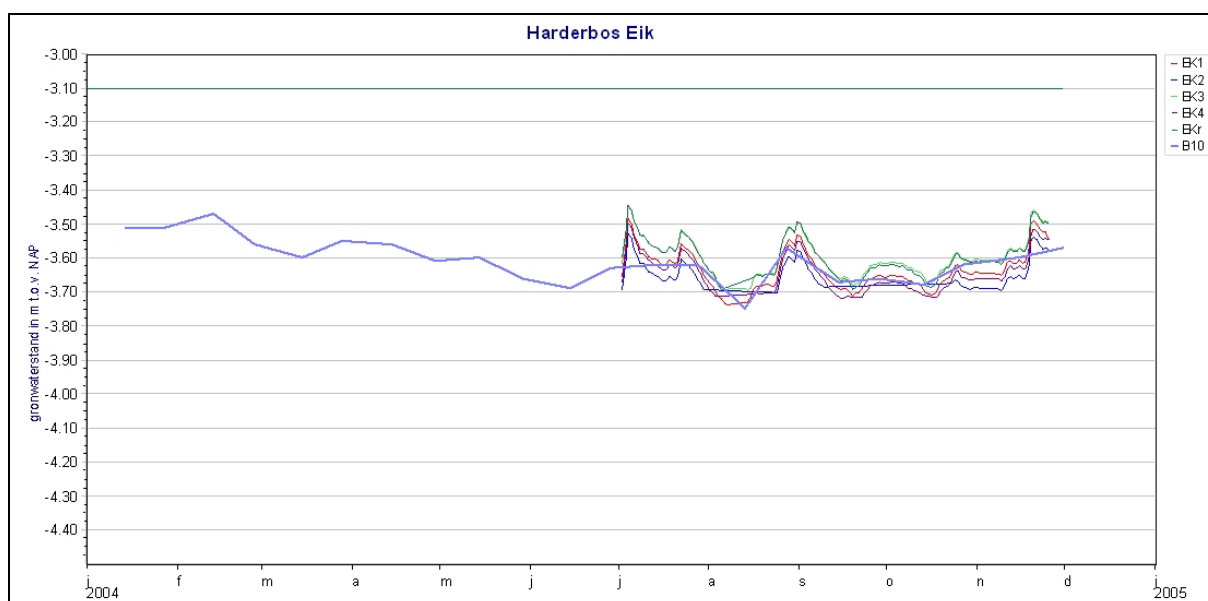


Fig. 5.6: Grondwaterstanden in het eikenvak in 2004

In fig. 5.7 zijn de peilen van het essenvak gegeven. Deze liggen iets lager dan in het eikenvak, maar de karakteristieken zijn gelijk. Voor 2004 zijn de twee proefpercelen onderling dan ook vergelijkbaar wat betreft het verloop van de grondwaterstanden. Omdat in het Harderbos een kwelsituatie is en het gebied vernat wordt middels het stagneren van de afvoer van sloten en greppels is voor dit type bos de grondwaterstand iets hoger dan "normaal". Echter, de grondwaterstanden blijven toch meestal lager dan 0,40 m beneden maaiveld!

Ondanks de interne vernattingsmaatregelen en de afgelopen 'natte jaren' blijft de stijging van de grondwaterpeilen beperkt door de goed doorlatende bovengrond in beide proefpercelen.

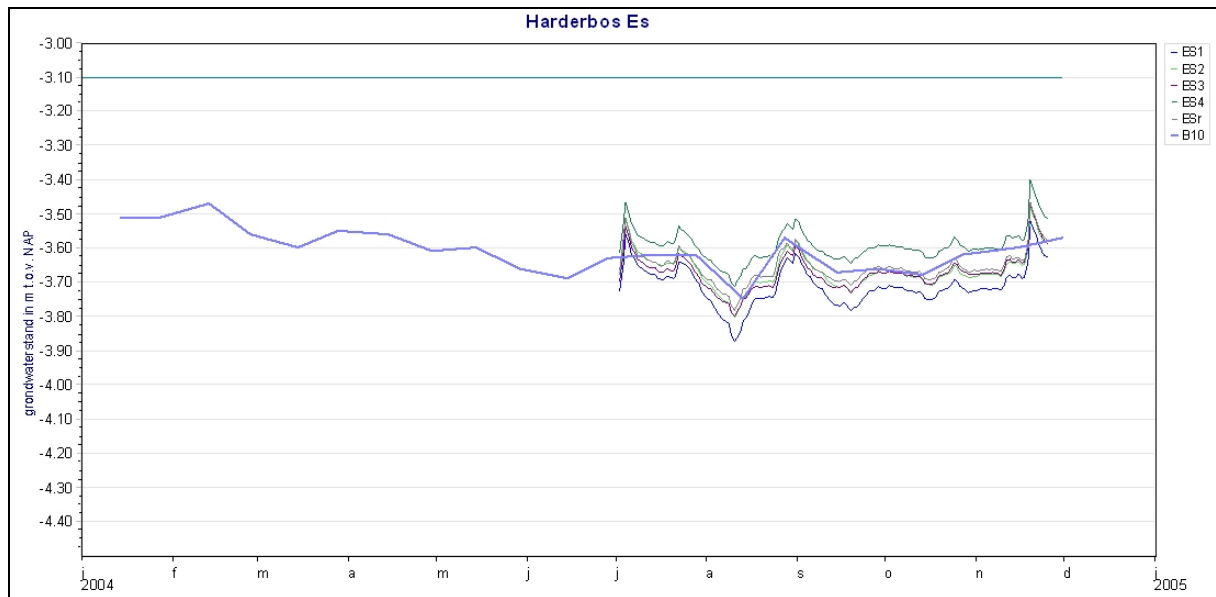


Fig. 5.7: Grondwaterstanden in het essenvak in 2004



## 5.2 Waterkwaliteit en grondwaterkwaliteit

De compartimenten zullen met water vanuit de Strandgapertocht gevuld worden. Doorgaans bestaat het water uit de Strandgapertocht voor het grootste deel uit kwelwater en het overige deel is neerslagafvoer vanuit natuurgebieden (gering aandeel landbouwinvloed). De waterkwaliteit van de Strandgapertocht, de Harderbosbeek en dat van het grondwater in de pilot zijn geanalyseerd.

De monsters werden ten noorden van de pilot (innamepunt) in de Strandgapertocht, in de beek in de nabijheid van de proeflocaties, en op 2 locaties in de pilot genomen. In het laatste geval is het freatisch grondwater bemonsterd uit peilbuizen. De locaties van de monsterpunten zijn weergegeven in fig. 5.8.



Fig. 5.8: Locaties van monsterpunten in het Harderbos

Naast deze enkele metingen wordt de waterkwaliteit van de Strandgapertocht door het waterschap standaard 12 keer per jaar bemonsterd op meetlocatie 00516. De resultaten van de analyse staan opgenomen in tabel 5.1.

**Tabel 5.1:** Analyseresultaten open water en grondwater Harderbos. Zie Fig. 5.8 voor de locaties van de monsterpunten.

parameter	Eenheid	beek	tocht	beek	tocht	beek	tocht	beek	tocht	EK3	ES3
		16-aug	16-aug	23-sep	23-sep	19-okt	19-okt	15-nov	15-nov	1-dec	2-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 waterkwaliteit wordt door de kwel in het gebied (sterk) beïnvloed. Omdat het gebied redelijk dicht langs de dijk gesitueerd is, is de kwel hier met 1 tot 5 mm/dag relatief hoog ten opzichte van andere delen van de polder. De waterkwaliteit is als goed te karakteriseren. Het heeft een redelijk lage pH waarde (mag liggen tussen 6,5-9). Het chloridegehalte is ook relatief laag (gemiddeld 135 mg/l). De overige parameters gaan bij de verschillende punten niet altijd gelijk op. Het tochtwater is rijker aan oplosbare stikstofverbindingen dan het beekwater. Voor P is het juist andersom. Ondanks dat bijvoorbeeld de waarden van NO3NO2 wel een faktor 10 verschilt tussen de beek en het tochtwater, is dit in absolute zin niet hoog.

In de vakken Eik3 en Es3 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).

## 5.3 Bodem en humus

### 5.3.1 Bodem in het Harderbos

Bij de vastlegging van de proeflocaties is in eerste instantie de bodem globaal onderzocht (zie Bijlage 4 voor resultaten en fig. 5.3 en 5.4 voor de locaties van de bodembeschrijving). Binnen de boordiepte van 120 cm zijn verschillende geologische formaties aan te treffen. De bovenste kleiïge en kalkrijke formaties zijn afgezet in het Holoceen (Ente et al. 1986). De jongste afzetting (IJsselmeer afzetting) is door grondbewerking van 20 tot 30 cm gemengd met de bovenkant van de schelprijke Zuiderzeeleien. Binnen een halve meter gaat deze afzetting over in de kleiïge faciës van de Almere-afzetting die afgezien van de schelpeninhoud weinig verschilt van de Zuiderzeeafzettingen. Rond de 60 cm diepte wordt de Almere-afzetting iets humeuzer en neemt het kleigehalte iets af. Op een diepte variërend van 70 cm tot een meter 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).

### 5.3.2 Proefpercelen: Methode

#### *Inventarisatie*

In het late voorjaar van 2004 is de uitgangssituatie van bodem en humus geïnventariseerd. Per vegetatieproefvlak zijn 2 m van de gemarkeerde boom in vier richtingen humusprofielen beschreven en bemonsterd: noordwest, noordoost, zuidoost en zuidwest. Van deze vier punten is voor het noordwestelijke punt ook de bodem bescheven tot 1.20 m.

#### *Beschrijving van bodem en humus*

Van de bodemprofielen zijn de volgende kenmerken per bodemlaag beschreven:

- dikte en typering van de verschillen bodemlagen (horizonten);
- textuur (korrelgrootteverdeling, kleigehalte, zandgehalte);
- organisch stofgehalte;
- kalkhoudendheid;
- gley- en roestvlekking;
- voorkomen van schelpfragmenten;
- kleur (volgens Munsell scale);
- rijping;
- structuur.

Van het humusprofiel op de drie overige punten zijn alleen de dikte en de aard van de humuslagen beschreven volgens Kemmers en de Waal (2001) en Van Delft (2004). In Bijlage 3 is het noordwestelijke humusprofiel schematisch weergegeven met daarbij aangegeven de spreiding in gemiddelde dikte van de bovenste humuslagen over de vier waarnemingen.

Van elk humusprofiel zijn mengmonsters genomen. Zowel van de laag 0-15 cm als de laag 0-5 cm zijn mengmonsters genomen. De laag 0-15 cm komt overeen met 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 (Giessen en Geurts, 1998,2004):

- pH (KCl);
- organisch stofgehalte (gloeiverlies);
- N-totaal en P-totaal (Kjeldahl) ;
- P-zoutzuur om het gehalte organische fosfaat te bepalen;
- P-oxalaat;
- Fe-oxalaat;
- N ( $\text{NH}_4$ ) en N- $\text{NO}_3$  (in 0,01 M  $\text{CaCl}_2$ -opl.).

Van de laag 0-5 cm is alleen de pH(KCl) en het organisch stofgehalte bepaald. Met behulp van het organische stofgehalte, N-totaal en P-totaal zijn C/N en C/P getallen bepaald. Daarbij is van een

koolstofpercentage van de organische stof van 50% uitgegaan. Met behulp van de P tot.-cijfers en P-zoutzuur is het organisch P-gehalte van de monsters te bepalen en daarmee de C/Porg-verhouding. P-oxalaat geeft nog extra informatie over de P-huishouding. Fe-oxalaat is bepaald als maat voor de potentie om pyriet te vormen tijdens de inundaties. Pyriet evenwichten kunnen van groot belang zijn voor de zuurhuishouding. N-NH<sub>4</sub> en N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> opgelost in CaCl<sub>2</sub> geeft een indruk van de beschikbare stikstof in de bodemoplossing (Bolt et al. 1978, Scheffer en Schachtschabel 1973). Deze laatste parameters zijn echter zeer seizoensgevoelig.

### 5.3.3 Resultaten

#### *Bodem en humusprofielen in het essenvak*

De bodem in het essenvak bestaat uit poldervaaggronden in lichte tot bijna zware klei (kleipercantage van 30 tot 35%). Hier is aan de onderzijde van het profiel op alle locaties waar de bodem is bemonsterd een ongerijpt kleilaagje aangetroffen. Deze laag is 8 tot 17 cm dik. Het is mogelijk dat deze laag lokaal ontbreekt. De grens van 100% rijping ligt op 0,70 tot 0,80 m beneden maaiveld. Hieronder neemt de rijping af tot 0% op een diepte van 0,80 à 0,85 m beneden maaiveld (zie ook Bijlage 4).

Op een diepte van 90 tot 105 cm komt een kalkrijke ongerijpte zandlaag voor. Het kleipakket is kalkrijk en binnen de eerste 50cm rijk aan schelpfragmenten. Het humusprofiel is nog nauwelijks ontwikkeld (zie Bijlage 3). 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*; daar waar gleyverschijnselen binnen de 25cm voorkomen is er sprake van een *Kleihydromull*. De bodemopbouw en humusprofielen van de vijf compartimenten in het essenvak zijn onderling goed vergelijkbaar.

In fig. 5.9 worden de resultaten van de bodemanalyse weergegeven. Tussen de compartimenten werden geen grote onverklaarbare verschillen gevonden. De pH(KCl) van de laag 0-15 cm ligt tussen de 6,7 en 7,0. Het organisch stofgehalte varieert van 3,8 tot 5,5% (het organisch stofgehalte van Es-3a is iets afwijkend: 3,3%). De C/N verhouding is laag wat duidt op een snelle N-mineralisatie (7,5 tot 11). Ook het C/P-gehalte is laag (30 tot 45). Het verschil echter met de C/Porganisch (100 tot 200) is echter groot hetgeen er op wijst dat het grootste deel van de fosfaat in minerale vorm aanwezig is en in mindere mate ontstaat door mineralisatie van organische stof. De organische P en daarmee dus ook C/Porg in Es-3b zijn wat hoger dan gemiddeld, en de pH in Es-Rd is iets lager dan gemiddeld. De laag 0-5cm is iets zuurder (pH tussen 6,2 en 6,7) en heeft een organisch stofgehalte dat volgens verwachting hoger (4,5 tot 7,5%) is als dat van de laag 0-15cm.

#### *Bodem en humusprofielen in het eikenvak*

De 100% rijpingsgrens in het eikenvak reikt niet tot het Pleistoceen. Het profiel is 100% gerijpt tot een diepte van 0,60 à 0,70 m beneden maaiveld. Veelal is op een diepte van 0,80 m de rijping gereduceerd tot 0 à 15%. In met name de vakken Eik-1, Eik-2 en Eik-4 is de onderzijde van het Holoceen begrensd met een kleilaag (Alc2+3) die nagenoeg niet gerijpt is en daardoor hydrologisch is gescheiden van het Pleistoceen. In Eik-3 is geen geheel afsluitende kleilaag gevonden maar een begrenzing aan de onderzijde met 10 tot 15% gerijpte klei. Ook in vak Eik-R bevindt zich een enigszins gerijpte laag aan de onderzijde van het Holoceen, wat een mindere isolatie van dit vak tot gevolg heeft. De andere vakken zijn dan ook het meest geschikt om voor inundaties te gebruiken.

Bodemkundig zijn de verschillen niet groot met de bodems onder de essen. Ook hier is er sprake van poldervaaggronden in lichte klei met eveneens een kleigehalte van 30 tot 35%, schelpenbanken en met een rijpingsdiepte van rond de 70 cm. De zandige ondergrond verschilt echter niet zozeer wat betreft leemgehalte en korrelgrootte van het zand in het essenperceel maar door het voorkomen van oude broekveenlagen en met ijzer en humus verrijkte zandlagen. 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.

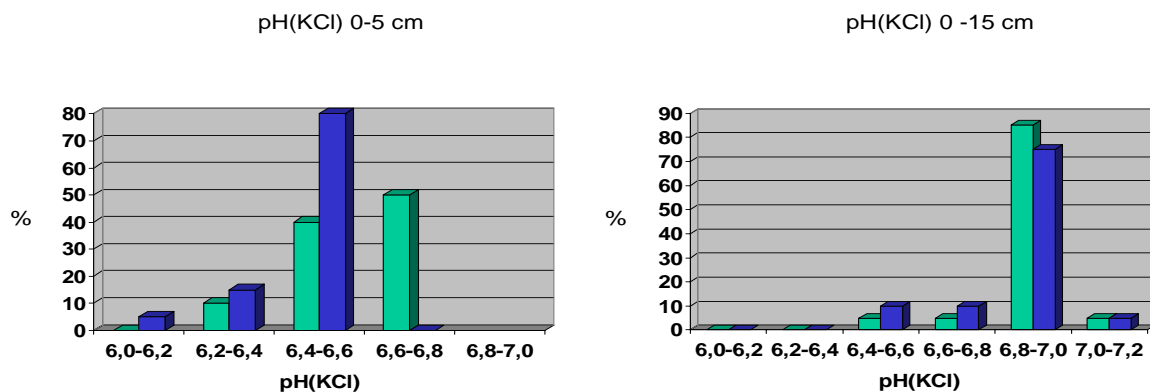
De humusprofielen verschillen wel enigszins van de onder Es aangetroffen humusvormen (zie Bijlage 3). Opvallend is dat op de meeste plekken een weinig verteerde strooisellaag (L) wordt aangetroffen die plaatselijk bijna het karakter heeft van een zeer dunne F-laag (L2 , Ah/F). Dit duidt op een slechte 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 kruimeliger 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 is onder Eik veel dunner maar tegelijk ook humusrijker dan de AC onder Es. De humusprofielen behoren tot de *Kleihydromulls*. De bodemopbouw en humusprofielen van de vijf compartimenten in het eikenvak zijn onderling goed vergelijkbaar.

Wat betreft de chemische parameters zijn er geen grote onverklaarbare verschillen tussen de compartimenten. Alleen het organische stofgehalte van Eik-2a en b zien iets afwijkend. De organische P en daarmee dus ook C/Porg in Eik-Rc zijn wat hoger dan gemiddeld, en de pH in Eik-Ra en Eik1a zijn wat lager dan gemiddeld elders in het eikenvak. Ten opzichte van het essenvak tonen de analyses van de wortelzone (0-30 cm) onder Eik iets zuurdere omstandigheden (pH-KCl 6,5 tot 6,9) aan en een duidelijk hogere C/N-verhouding (9,5 tot 12,0). Ook de C/P is hoger dan in het essenvak wat duidt op een wat minder hoge P-beschikbaarheid (40 tot 55). De C/Porganisch-verhouding lijkt vrijwel gelijk (100-180).

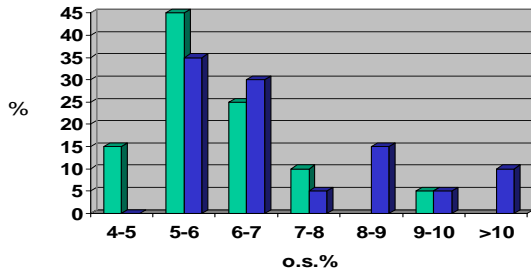
De laag 0-5cm verschilt eveneens met die onder Es. De pH ligt met 6,1 tot 6,6 iets lager en het organisch stofgehalte is met 5,0 tot 10% hoger dan onder Es.

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. De regenwormen prefereren essenstrooisel boven eikenstrooisel. Hierdoor is de homogenisatie van de humus onder Es wat beter dan onder Eik, wat vooral te merken is aan het hogere organisch stofgehalte in de eerste decimeter van het eikenprofiel en de diepere AC-horizont onder Es. Het valt te verwachten dat onder gelijke omstandigheden na enkele tientallen jaren enkele cm ontkalking onder Eik zal opteden. Dat de homogenisatie en humusomzetting wat beter verloopt onder Es wordt ook bevestigd door de grotere biomassa aan regenwormen onder de essenopstand (zie paragraaf 5.5 'Bodemfauna').

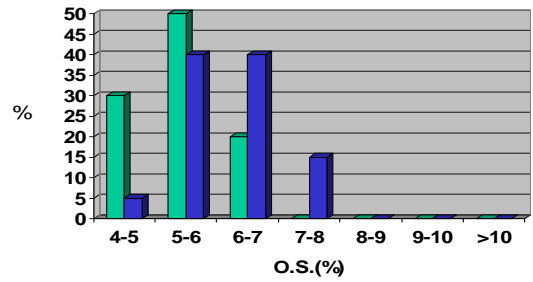
**Fig. 5.9:** pH(KCl), organisch stof gehalte (O.S.%), P-oxalaat, Fe-oxalaat, P-zoutzuur, relatie C/N en C/P, C/N-verhouding, C/Porganisch-verhouding. Alle metingen werden verricht in de laag 0-15 cm. In geval van pH(KCl) en org. stofgehalte (%) is tevens de laag 0-5 cm apart geanalyseerd (aangegeven in grafiek). Groen: Es; blauw: Eik. In diagram C/N en C/P: rood: Es; geel: Eik.



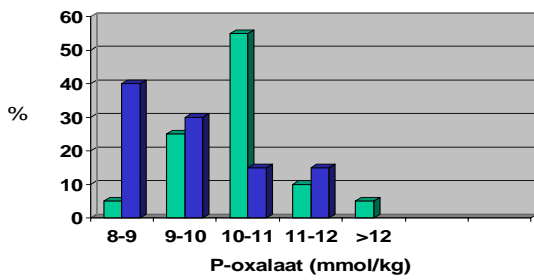
Organsich stofgehalte 0-5cm



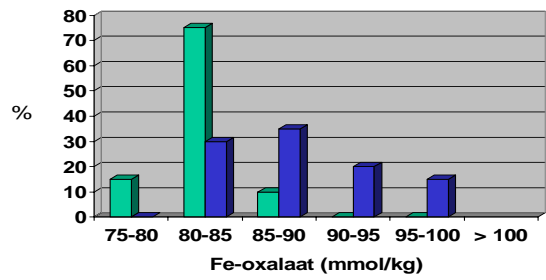
Organsich stofgehalte 0 -15 cm



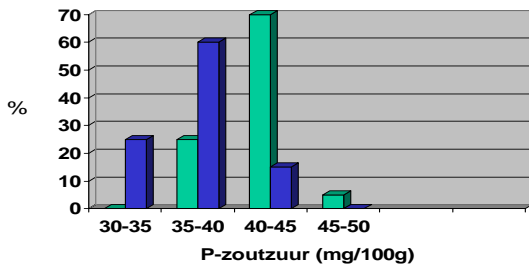
P-oxalaat 0 -15 cm



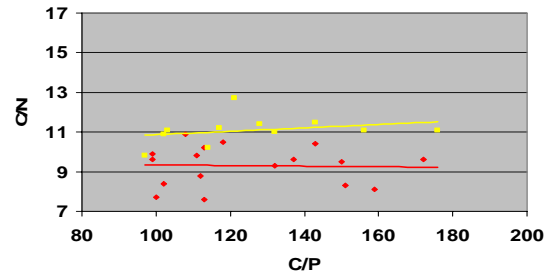
Fe-oxalaat 0 -15 cm



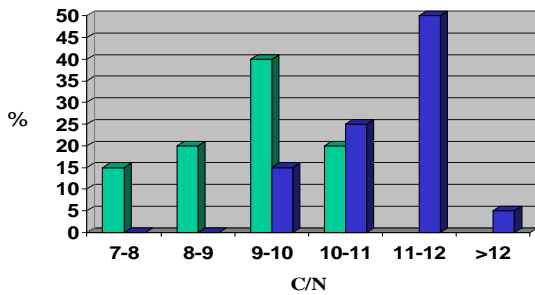
P-zoutzuur 0 -15 cm



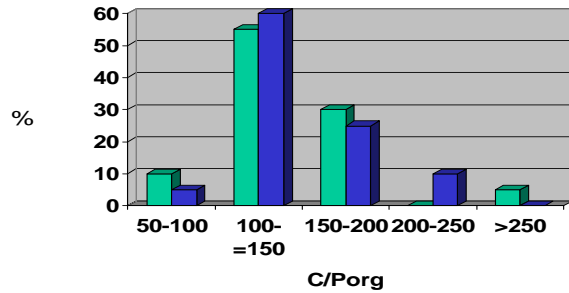
C/N-C/P diagram 0 -15 cm



C/N-verhoudingen 0 -15 cm



C/Porg -verhoudingen 0 -15 cm



## 5.4 Vegetatie

### 5.4.1 Keuze van de proefpercelen

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 het volgen van een essenvak en een eikenvak. Naast praktische overwegingen zoals de nabijheid van water en de bodemgesteldheid (aanwezigheid van voldoende ongerijpte klei: dit laat geen water door), is gekozen voor 2 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. De kleilaag is zeker 70 cm dik en het kleigehalte is 30 tot 35 % (fractie <2  $\mu\text{m}$ , zie ook paragraaf 5.3 'Bodem en humus').

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 is zeker 70 cm dik en het kleigehalte is 30 tot 35 % (fractie <2  $\mu\text{m}$ ).

### 5.4.2 Methode

#### *De proefvlakken*

In 2004 zijn in totaal 10 proefvlakken voor vegetatie ingemeten (1 per compartiment). De vegetatie is opgenomen op 24 en 25 mei 2004. Zie Fig. 5.1 en 5.2 voor een overzicht van de (nummering 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.

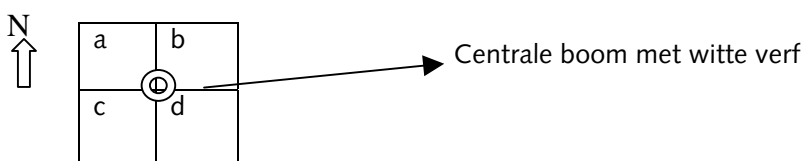


Fig. 5.10: Schematische weergave van de vegetatieproefvlakken. a: noordwest, b: noordoost, etc.

#### *Veldwerk en opnametechnieken*

Binnen elke subplot werd 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 samengenomen (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, Doing & Segal, 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.

De opnamen werden digitaal opgeslagen met behulp van het programma TURBOVEG (Hennekens & Schaminée, 2001) en vervolgens met behulp van het programma Megatab verwerkt tot een synoptische tabel. Hierin werden per subplot en per soort 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). De soortenaantallen per subplot en de gemiddelde waarden voor de structuurkenmerken (hoogte en bedekking per laag) werden handmatig aan de tabel toegevoegd. 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 wij er vanuit mogen gaan dat het overgrote deel van de boom- en struiksoorten in het Harderbos is aangeplant.

Op grond van de in de synoptische tabel vermelde presentiewaarden en karakteristieke bedekkingen van de houtige soorten werd per subplot een inschatting gemaakt van de strooiselkwaliteit. Hierbij werden voor boom- en struiksoorten drie klassen onderscheiden: (1) producenten van 'rijk', goed verterend strooisel (Es, Zomerlinde, Esdoorn, Hazelaar, Spaanse Aak), (2) producenten van 'arm', slecht verterend strooisel (Zomereik) en (3) overige soorten (intermediair dan wel onbekend; zie Hommel & De Waal, 2003).

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.

### 5.4.3 Resultaten

#### *Vegetatie*

Zoals blijkt uit de synoptische tabel (Tabel 5.2) verschillen de proefvlakken in de essenopstand voor wat betreft de vegetatiestructuur sterk van die in de eikenopstand. De essenopstanden hebben een hogere boom- en kruidlaag, terwijl kruid- en moslaag veel hogere bedekkingswaarden halen. Al deze verschillen zijn significant (Tabel 5.3). Het enige structuurkenmerk waarin de proefvlakken onder Eik significant beter scoren dan die onder Es is de hoogte van de struiklaag (met inbegrip van een plaatselijk aanwezige tweede boomlaag). Dit is waarschijnlijk het gevolg van de geringe vitaliteit van de boomlaag in de eikenopstand. In veel opnamen werden dode dan wel minder vitale exemplaren van Zomereik (en in mindere mate ook van Wilde lijsterbes) aangetroffen. Verminderde vitaliteit van de boomlaag betekent dat meer licht de ondergroei en met name de struiklaag weet te bereiken. Zolang er geen gaten in het kronendak vallen, komt dit verhoogd lichtaanbod niet in de bedekkingswaarden van de boomlaag tot uitdrukking. Overigens is het interessant dat kruid- en moslaag niet weten 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 (zie Tabel 5.3) 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).

Ook voor wat betreft de soortensamenstelling zijn er grote verschillen. De proefvlakken onder Es zijn gemiddeld soortenrijker dan die onder Eik (Tabel 5.3). De verschillen worden significant als wij de (veelal aangeplante) boom- en struiksoorten buiten beschouwing laten. 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 gebonden aan het zomereiken vak, 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, d.w.z. dat de



proefvlakken binnen hetzelfde bosperceel veel op elkaar lijken. Soorten als Brandnetel en Kleefkruid komen in zowel het eiken- als essenvak voor.

De aanwezige kruidenvegetatie bestaat uit algemene soorten die bovendien 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. Met het Geplooid snavelmos (éénmaal onder Es) en de talrijke zaailingen van Gewone es (ook onder Eik) is dit de enige typische bosplant die in de proefvlakken in het Harderbos werd aangetroffen. Dit is niet verwonderlijk: de Brede wespenorchis staat bekend als één van de eerste bosplanten die in de bosaanplantingen in de IJsselmeerpolders verschenen (Weeda *et al.*, 1994). Interessant is dat de soort in het Harderbos de concurrentie met de ruigtesoorten in de ondergroei van de essenopstanden minder goed verdraagt dan de mogelijk iets ongunstiger eigenschappen van het humusprofiel onder Eik.

Al met al biedt de actuele soortensamenstelling van beide opstandstypen weinig houvast voor een syntaxonomische interpretatie op associatie-niveau. Gewone es, Geplooid snavelmos en Brede wespenorchis zijn kensoorten van de Klasse der eiken-beukenbossen op voedselrijke grond (*Quercus-Fagetum*) (Westhoff & Den Held, 1969; Stortelder *et al.*, 1999). Binnen de klasse differentiëren Grote brandnetel en Ruw beemdgras voor het Elzen-Vogelkers-verbond (*Alno-Padion*). Daarbinnen pleiten verschillende soorten voor het onderverbond van de iepenrijke-essenbossen (*Ulmion caprinifoliae*): Gewone esdoorn (kensoort; sporadisch onder Es en Eik), Look-zonder-look en Fluitenkruid (differentiërende soorten; alleen onder Es). Ken- en differentiërende soorten op associatie-niveau ontbreken echter en 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.

Hoewel identificatie op associatie-niveau dus (nog) niet mogelijk is, is het 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 > 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. Wij zien immers nu al, ook in het eikenvak, veel spontane verjonging van es. In de boomlaag van aangeplante eiken zullen daarentegen op korte termijn gaten gaan vallen tengevolge van verminderde vitaliteit en sterfte, terwijl in geen van de onderzochte proefvlakken zaailingen van Eik werden aangetroffen.

De ondergroei in het Harderbos is representatief voor jonge loofbossen op kleigrond. 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 beekdalen (op voormalige landbouwgrond, of bij periodieke overstroming met vervuild beekwater) kunnen we een vergelijkbare (zij het niet identieke) begroeiing aantreffen.

Het beeld dat onder Eik is te zien (soortenarm, vooral ruderaal soorten, geen dominantie van brandnetel) duidt op iets minder extreem voedselrijke omstandigheden (mogelijk ten gevolge van een oppervlakkige uitspoeling o.i.v. het eikenstrooisel). Ook hier betreft het een heel normale ondergroei in jonge kleibossen. Dat de Brede wespenorchis in zulke grote aantallen aangetroffen wordt, is vaker beschreven voor Flevoland, maar komt daar buiten ook wel eens voor.

#### *Homogeniteit vegetatiestructuur binnen de proefpercelen*

Met behulp van ANOVA is getoetst of de proefvlakken binnen zowel het essenperceel als het eikenperceel gelijk zijn qua vegetatiestructuur. De resultaten van die toets zijn samengevat in tabel 5.4.

De hypothese is dat de proefvlakken niet significant verschillen in bedekking en hoogte van boomlaag, struiklaag, kruidlaag en moslaag. Ook is getoetst op het aantal aangetroffen plantensoorten. Omdat de bomen homogeen zijn ingeplant werden met name voor de bomen geen verschillen verwacht, eventueel wel bij mos en kruidlaag omdat er lokale verschillen kunnen bestaan. Verschillen zijn als significant aangemerkt met een betrouwbaarheid van 95% ( $p < 0.05$ ).

#### Eikenvak

Het is opmerkelijk dat de boomhoogte in compartiment Eik1 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. In het veld is dit inderdaad zichtbaar aan de pleksgewijze groene spots (kruiden) tussen een overwegend met eikenblad bedekte bodem. Aan de randen van het perceel, met name aan de zuidwestzijde (Eik1) dringt meer licht door en staan meer en grotere kruiden.

#### Essenvak

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 vakken Es2 en Es3 af (lager).

#### *Homogeniteit vegetatiesamenstelling*

Het statistisch toetsen van de homogeniteit van de soortensamenstelling is wat lastiger omdat dit niet zo gemakkelijk cijfermatig is uit te drukken. Daartoe zou evenwel een principale componentenanalyse (PCA) kunnen worden toegepast. Gezien de eenduidige resultaten die in de synoptische tabel zijn opgenomen, is geen PCA uitgevoerd en beperken we ons tot enkele hoofdconclusies.

#### Eikenvak

De soortensamenstelling over de 5 vlakken in het eikenvak is homogeen; de bedekkende soorten zijn steeds dezelfde. Enkel het Eik-R vak lijkt iets af te wijken door het voorkomen van enkele soorten (Hennepnetel, Basterdwederik) die niet in de andere eikvakken staan. De afwijking is echter gering. De Zomerlinde komt niet in elk proefvak voor.

#### Essenvak

In het essenvak is de heterogeniteit iets groter dan in het eikenvak, maar de overeenkomsten zijn nog steeds aanmerkelijk groter dan de verschillen. Vak Es1 heeft 3 soorten die niet in de andere vakken voorkomen, vak Es2 ook. Met name de Haagbeuk in Es1 is opvallend met een presentie van 75% en een gemiddelde bedekking van 18% tegen geheel niet in de andere proefvlakken. In het referentievak (EsR) staat geen Hazelaar en komt relatief veel Vogelkers voor, deels te verklaren door toeval (de proefvakken kunnen soorten missen 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.

Tabel 5.2: Synoptische tabel vegetatieopnamen Harderbos

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
Proefvlak	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
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)
<i>Geen voorkeur:</i>										
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)

**Vervolg Tabel 5.2:** Synoptische tabel vegetatieopnamen Harderbos

Opstandstype Proefvlak	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
<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)

Presentieklassen: 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 (%).

**Tabel 5.3:** (Statistische) verschillen in vegetatiestructuur, soorten aantal 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:
<b>Structuur</b>					
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
<b>Soortenaantallen</b>					
Soortenaantal (totaal)	15	12	2	12.6	-
Soortenaantal (niet-houtig)	11	6	2	1.1	Gewone es
<b>Strooiselkwaliteit</b>					
Aandeel rijk strooisel (%)	90	28	1	0.0	Gewone es
Aandeel arm strooisel (%)	0	72	1	0.0	Gewone es

**Tabel 5.4:** 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
Eik1	** hoger	n.s.	n.s.	n.s.	** hoger	** hoger	n.v.t.	n.s.
Eik2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.v.t.	n.s.
Eik3	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.v.t.	n.s.
Eik4	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.v.t.	n.s.
EikRef	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	** lager	n.s.	n.v.t.	n.s.
Es1	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Es2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	** lager	n.s.
Es3	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	** lager	n.s.
Es4	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

### Relatie bodem-vegetatie

Omdat bij inundatie voedingsstoffen uit de bodem kunnen worden afgevoerd of aangevoerd, de zuurstofhuishouding verandert en de activiteit van bodemorganismen verandert, is het van belang om de voor planten belangrijkste bodemparameters goed vast te leggen. Het betreft hier o.a. N, P, organische stof, zuurgraad en ijzergehalte. Zie paragraaf 5.3 'Bodem en humus' en Bijlage 5 voor resp. de analysemethode en -resultaten.

In de proefvlakken zijn ook bodemmonsters gestoken, zowel van 0-15 cm diep als van 0-5 cm diep. De bodemmonsters zijn verzameld op 23 juni 2004. In paragraaf 5.3 'Bodem en humus' is een algemene karakterisering te vinden over de bodem. Met betrekking tot de relatie tussen vegetatie en bodem is, naast N-totaal en P-totaal, vooral de voor planten beschikbare hoeveelheid N, K en P van belang. Deze beschikbare hoeveelheid bevindt zich in het poriewater en betreft de wateroplosbare fractie.

Het eerste wat opvalt is dat de pH vrij hoog is: er zit kalk in de grond. Verder zijn de waarden voor N-totaal en vooral P-totaal hoog, wat overigens normaal is voor dit bodemtype. Doordat ook het percentage organische stof bekend is (waarvan 50 % wordt verondersteld koolstof te zijn) is ook het C/N quotiënt te herleiden. Voor het Harderbos liggen de waarden tussen 7 en 12. Het C/N quotiënt geeft een indicatie van de mineralisatie van stikstof, dwz het omzetten van gebonden stikstof naar mineraal stikstof (opneembaar voor planten) door bacteriën. Dit proces verloopt optimaal bij een C/N quotiënt <15 en verloopt niet bij een C/N quotiënt >20 (Pelsma, 1992). In plaats van mineralisatie treedt dan stikstof immobilisatie op (stikstof wordt vastgelegd in humus/bacteriën). Het C/N quotiënt in het Harderbos duidt op een (potentieel) snelle mineralisatie van stikstof.

De aan- of afwezigheid van zuurstof (inundatie!) bepaalt de mate van mineralisatie en of het mineraal stikstof beschikbaar komt als nitraat ( $\text{NO}_3$ ) of als ammonium ( $\text{NH}_4$ ). In aërobe omstandigheden en bij voldoende hoge pH ( $> 5$ ) zal overwegend  $\text{NO}_3$  vrijkomen. Maar bij lagere pH of in zuurstofarme omstandigheden zal het vooral  $\text{NH}_4$  zijn. Voor fosfor geldt een vergelijkbaar proces (P-mineralisatie door bacteriën) waarvoor de C/P verhouding van belang is (zie paragraaf 5.3 'Bodem en humus').

**Tabel 5.5:** Verschillen in bodemchemie tussen het eiken- en essenvak. Vermeld zijn de gemiddelde waarden. Waar een \* staat is het verschil tussen de proefpercelen significant ( $p < 0.1$ ) (equal variance assumed (t-toets)).

	Stikstof tot. (mg/100 g)	Fosfor tot. (mg/100 g)	PH (KCl)	$\text{NH}_4\text{-N}$ ( $\text{CaCl}_2$ ) (mg/100 g)	$\text{NO}_3\text{-N}$ ( $\text{CaCl}_2$ ) (mg/100 g)	% organ. stof (mg/100 g)	C/N verhouding (mg/100 g)
Eik	229.5 *	56.1	6.79 *	0.34	0.16 *	5,0 *	10,96 *
Es	240.1 *	58.0	6.85 *	0.33	0.32 *	4,33 *	9,11 *

Met behulp van ANOVA (oneway) is getoetst of de proefvlakken binnen de percelen significant van elkaar verschillen. De hypothese is dat alle vlakken gelijk zijn. Getoetst is op N-totaal, P-totaal, % org. stof, pH,  $\text{NH}_4\text{-N}$  en  $\text{NO}_3\text{-N}$  voor de bodemlaag van 0 tot 15 cm en 0-5 cm.

Uit de toets blijkt dat zowel bij het eiken- als het essenvak de vlakken binnen de percelen nauwelijks onderling verschillen. Wel wijkt vlak Eik1 af (zuurder) van de rest van de Eik-proefvlakken. Bij de Es-proefvlakken wijkt Es3 wat af door lagere waarden voor fosfor en organische stof ten opzichte van de andere Es-proefvlakken.

De laag van 0-5 cm is apart bemonsterd en geanalyseerd op pH en organische stof. De pH in deze laag is lager (vooral bij Eik) en het percentage organische stof is hoger. Dit is conform de verwachting omdat in de bovenste laag het meeste humus zit. Wel wijzen de analyses uit dat deze laag heterogeen van opbouw is, er komen nogal wat verschillen tussen de proefvlakken voor. Deze verschillen zijn deels significant (zie tabel 5.5).

Bij verdere analyses na de inundaties dienen de verschillen in de bodemchemie te worden meegewogen de statistische toetsing.

## 5.5 Bodemfauna

### *Methode*

In twee percelen werd op 29 en 30 september 2004 in het Harderbos een veldinventarisatie regenwormen uitgevoerd in het essenvak en in het eikenvak. De veldinventarisatie werd uitgevoerd volgens Bosveld *et al.* (2000): buiten het al ingemeten vegetatieproefvlak (met een straal van 5 meter rond de centrale boom) werden 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 werden 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. In totaal werden per perceel zo 20 monsters genomen (verdeeld over de 5 compartimenten).

### *Totale dichtheden regenwormen*

Per compartiment zijn in fig. 5.11 de totale aantallen wormen weergegeven (zie ook Tabel 5.6 en 5.7). De totalen zijn omgerekend naar aantallen per m<sup>2</sup> bodemoppervlak. Alle soorten zijn daarbij bij elkaar opgeteld.

In het essenvak werden gemiddeld 256 wormen per m<sup>2</sup> aangetroffen (gemiddelde over alle compartimenten en alle wormensoorten samen). Het gemiddeld aantal wormen per compartiment liep uiteen van 106 tot 344 wormen per m<sup>2</sup>.

Met behulp van ANOVA is gekeken of binnen het essenvak significante verschillen tussen de compartimenten bestaan voor wat betreft het aantal wormen. Daarbij is getoetst op totaal aantal (alle soorten samen) en apart voor de onderscheiden levensstadia (adult, sub-adult en juveniel; alle soorten samen). De variatie in het aantal wormen was normaal verdeeld over de compartimenten (totaal, adult, sub-adult en juveniel), er worden geen significante verschillen gevonden tussen de compartimenten ( $p > 0,05$ ). Er is echter wel een trend te zien waarbij in compartiment 4 minder wormen (totaal en adult) worden aangetroffen dan in de compartimenten R, 1 en 2 ( $p < 0,10$ ). Voor juvenielen en sub-adulten wordt deze trend niet waargenomen. Met de waarneming dat compartiment 4 qua aantal wormen lager ligt dan de andere compartimenten in het essenvak moet bij de latere vergelijking van de effecten van overstroming rekening worden gehouden.

In het eikenvak werden gemiddeld 237 wormen per m<sup>2</sup> aangetroffen (gemiddelde over alle compartimenten en alle wormensoorten samen). Het gemiddeld aantal wormen per compartiment liep uiteen van 192 tot 275 wormen per m<sup>2</sup>. De variatie in het aantal wormen is normaal verdeeld over de compartimenten, er werden geen significante verschillen gevonden tussen de compartimenten ( $p > 0,05$ ; totaal aantal, adult, sub-adult en juveniel).

Het gemiddeld aantal wormen per m<sup>2</sup> (256 in essenvak en 237 in eikenvak) ligt redelijk hoog. In een review artikel van Petersen en Luxton (1983) ligt het aantal wormen per m<sup>2</sup> in gematigde loofbossen ruwweg tussen de 100 en 200 individuen per m<sup>2</sup>.

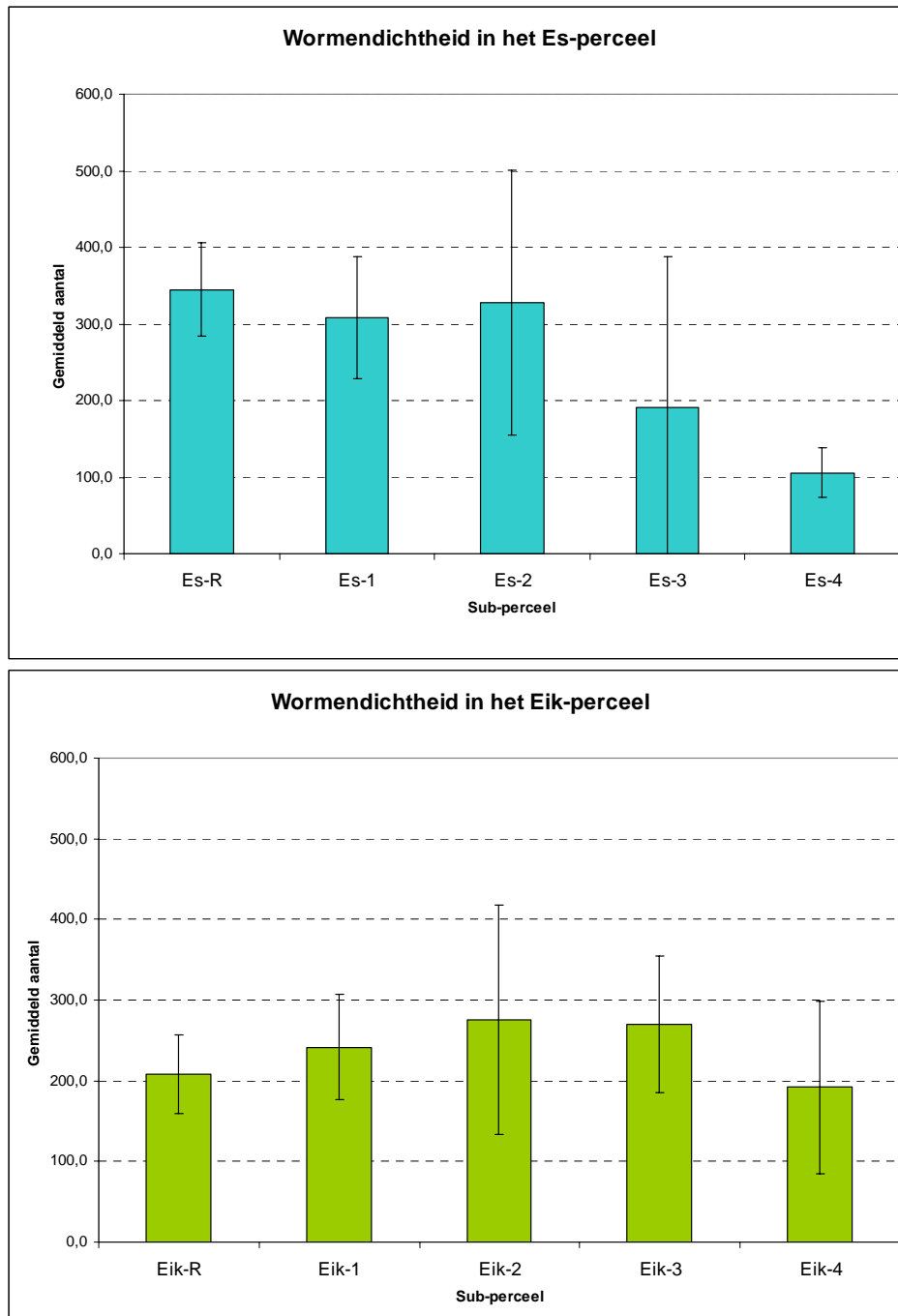


Fig. 5.11: Gemiddeld aantal wormen per m<sup>2</sup> (± s.d.) per compartiment voor de twee onderzochte percelen.

#### Soorten regenwormen

In het essenvak zijn de volgende wormen aangetroffen: *Lumbricus rubellus*, *Octolasion tyrtaeum*, *Allolobophora chlorotica*, *Aporrectodea caliginosa tuberculata* en *Aporrectodea rosea*. Verder zijn juveniele of sub-adulte wormen aangetroffen die niet tot op soortsniveau gedetermineerd kunnen worden: *Lumbricus* spec. (dit is waarschijnlijk ook *Lumbricus rubellus*, maar juveniele exemplaren van deze worm hebben niet de onderscheidende kenmerken van een volwassen worm) en *Aporrectodea* spec. en juvenielen waarbij geen onderscheid kan worden gemaakt tussen geslachten: *Octolasion* spec./*Aporrectodea* spec.

In onderstaande tabel wordt per compartiment aangegeven welke dichtheden per soort werden aangetroffen.

**Tabel 5.6:** Gemiddelde dichtheden (aantal/m<sup>2</sup> ± s.d.; n=4) per soort in het essenvak

Soort	Es-R	Es-1	Es-2	Es-3	Es-4
<i>Lumbricus rubellus</i>	22 ± 24	47 ± 32	19 ± 19	36 ± 29	58 ± 17
<i>Lumbricus spec.</i>	53 ± 17	19 ± 14	53 ± 40	28 ± 19	22 ± 13
<i>Octolasion tyrtaeum</i>	67 ± 89	92 ± 29	61 ± 74	0	8 ± 17
<i>Octolasion spec./Aporrectodea spec.</i>	114 ± 68	100 ± 45	136 ± 135	81 ± 154	8 ± 11
<i>Aporrectodea rosea</i>	0	8 ± 6	33 ± 35	8 ± 17	0
<i>Allolobophora chlorotica</i>	75 ± 51	42 ± 19	25 ± 32	36 ± 38	3 ± 6
<i>Aporrectodea caliginosa tuberculata</i>	14 ± 17	0	0	3 ± 6	6 ± 11
<b>Totaal</b>	<b>344 ± 61</b>	<b>308 ± 80</b>	<b>172 ± 173</b>	<b>192 ± 196</b>	<b>106 ± 32</b>

In het essenvak werden de wormen *Lumbricus rubellus* en *Allolobophora chlorotica* in alle compartimenten aangetroffen. De aantallen per compartiment varieerden tussen 19 en 58 exemplaren per m<sup>2</sup> voor *L. rubellus* en 3 tot 75 voor *A. chlorotica*. *Octolasion tyrtaeum*, *Aporrectodea rosea* en *Aporrectodea caliginosa tuberculata* werden niet in alle compartimenten teruggevonden. Voor *O. tyrtaeum* is dat opmerkelijk omdat in de compartimenten R, 1 en 2 relatief hoge dichtheden werden gevonden. Het compartiment 4 had in totaal een duidelijk lagere dichtheid regenwormen dan de andere percelen. Opvallend is dat dit niet te zien is aan de soort *L. rubellus*, (waar juist een hoge dichtheid van werd aangetroffen) maar vooral zit in de lagere dichtheid van de soort *A. chlorotica* en het vrijwel ontbreken van juvenielen van de (in dit levensstadium niet van elkaar te onderscheiden) soorten *Octolasion spec./Aporrectodea spec.*.

**Tabel 5.7:** Gemiddelde dichtheden (aantal/m<sup>2</sup> ± s.d.; n=4) per soort in het eikenvak

Soort	Eik-R	Eik-1	Eik-2	Eik-3	Eik-4
<i>Lumbricus rubellus</i>	14 ± 14	19 ± 11	19 ± 11	31 ± 23	14 ± 21
<i>Lumbricus spec.</i>	8 ± 17	6 ± 6	11 ± 13	11 ± 9	11
<i>Octolasion tyrtaeum</i>	0	0	0	0	0
<i>Octolasion spec./Aporrectodea spec.</i>	17 ± 21	17 ± 21	8 ± 17	8 ± 11	28 ± 14
<i>Aporrectodea rosea</i>	6 ± 6	11 ± 16	0	3 ± 6	17 ± 11
<i>Allolobophora chlorotica</i>	164 ± 28	189 ± 33	297 ± 118	217 ± 73	122 ± 91
<i>Aporrectodea caliginosa tuberculata</i>	0	0	0	0	0
<b>Totaal</b>	<b>104 ± 48</b>	<b>242 ± 66</b>	<b>275 ± 142</b>	<b>269 ± 85</b>	<b>192 ± 107</b>

In het eikenvak werden de wormen *Lumbricus rubellus* en *Allolobophora chlorotica* in alle compartimenten aangetroffen, waarbij *A. chlorotica* duidelijk de dominante worm was. De dichtheden van *A. chlorotica* varieerden van 122 tot 297 exemplaren per m<sup>2</sup>. Opgemerkt moet daarbij worden dat een aanzienlijk deel van de aangetroffen wormen van deze soort nog juveniel was, terwijl de soort *L. rubellus* vrijwel alleen in het (sub)adulte stadium voorkwam. De aantallen van deze soort varieerden tussen 14 en 31 exemplaren per m<sup>2</sup>. *A. rosea* werd in vier van de vijf compartimenten aangetroffen, maar slechts in geringe dichtheden (0 tot 17 per m<sup>2</sup>). De soorten *O. tyrtaeum* en *A. caliginosa* werden in het eikenvak niet aangetroffen, terwijl deze in het essenvak wel werden gevonden.

#### *Biomassa van de regenwormen*

Per compartiment is in Fig. 5.12 de totale biomassa van de wormen weergegeven. De totale biomassa is omgerekend naar biomassa per m<sup>2</sup> bodemoppervlak. De biomassa van alle soorten wormen is daarbij bij elkaar opgeteld.



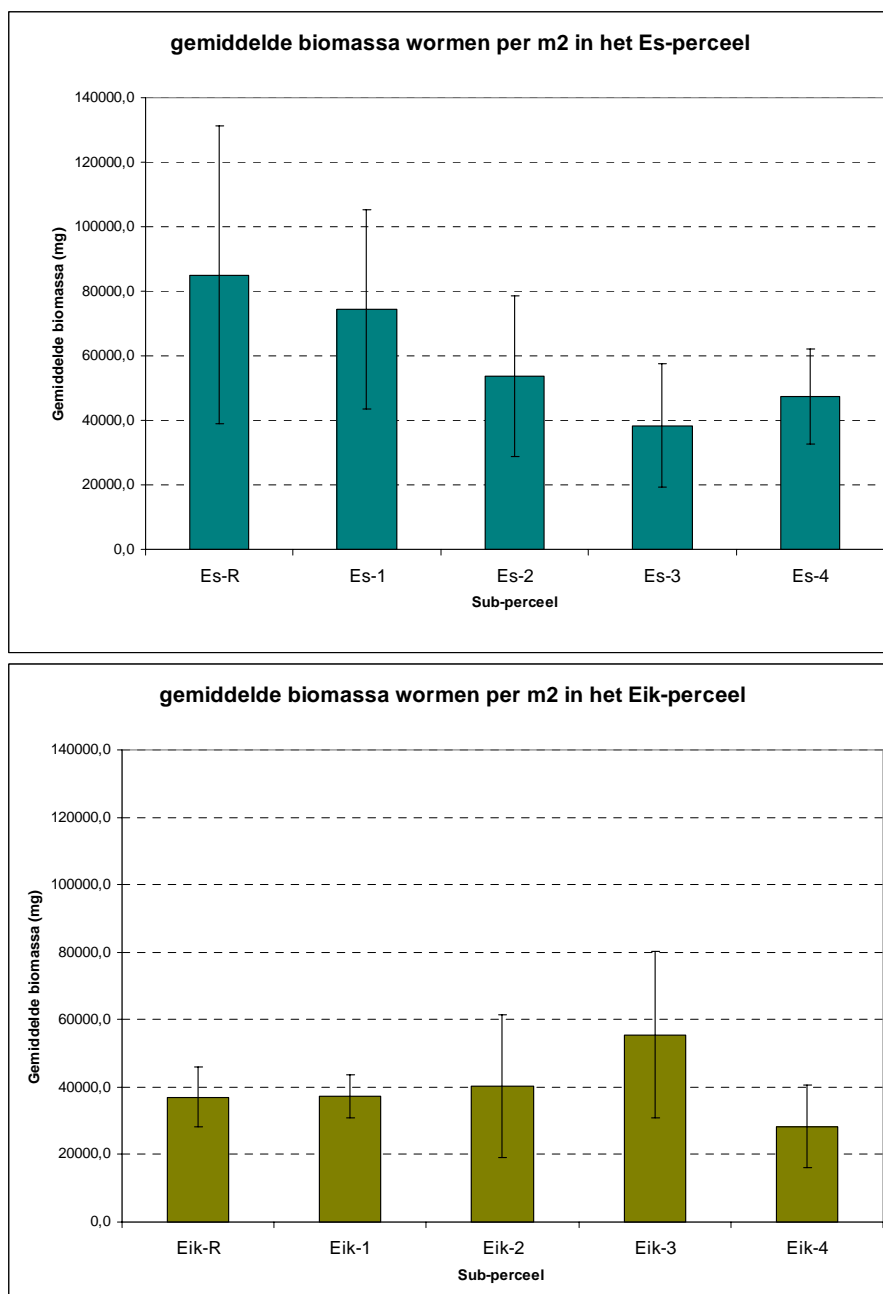


Fig. 5.12: Gemiddelde biomassa van de wormen per m<sup>2</sup> ( $\pm$  s.d.) per compartiment.

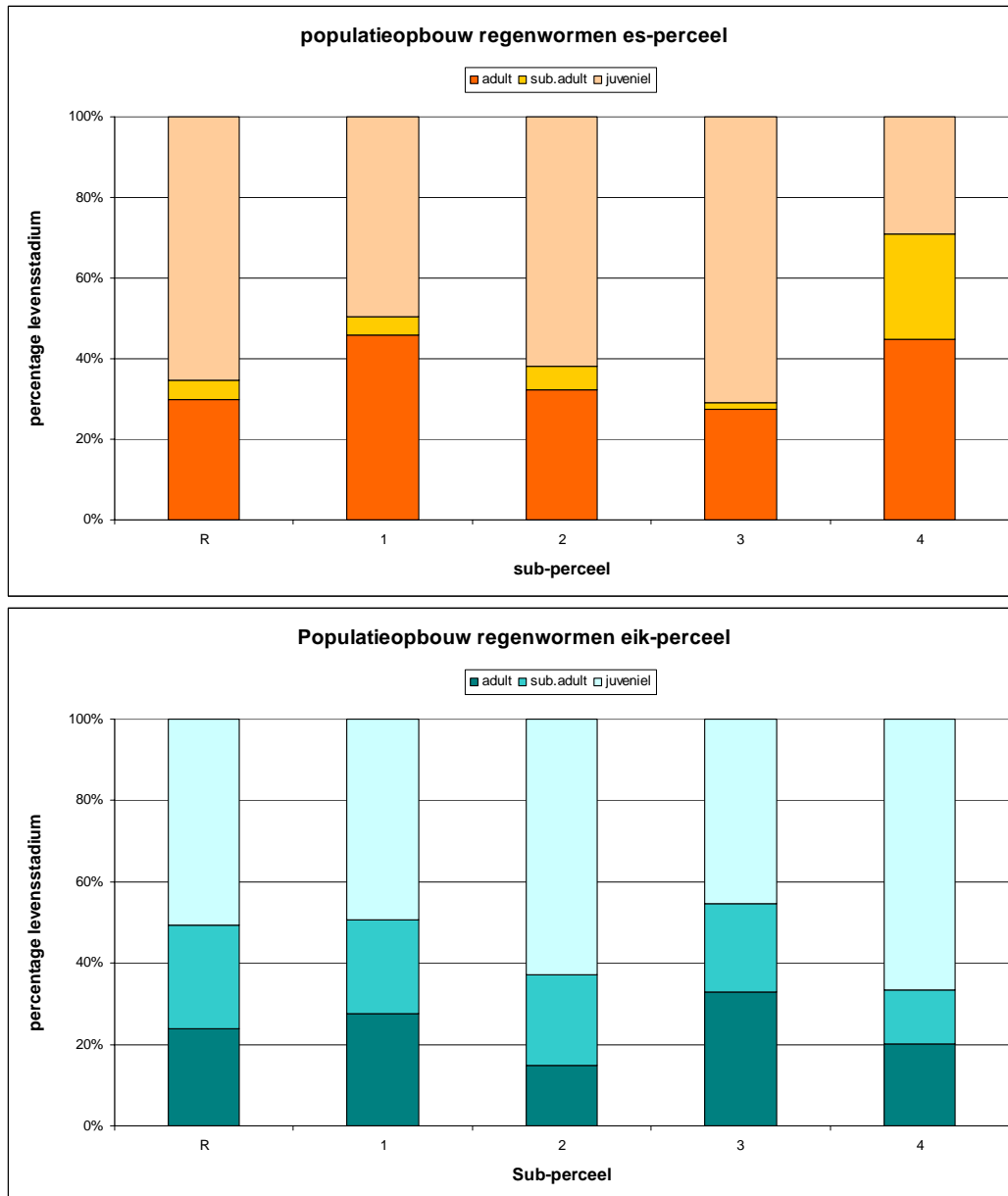
In het essenvak was de gemiddelde biomassa 59,8 gram/m<sup>2</sup> (gemiddelde over alle compartimenten en alle wormensoorten samen). De gemiddelde biomassa per compartiment liep uiteen van 38,3 tot 85,1 gram/m<sup>2</sup>. De variatie in biomassa was normaal verdeeld over de compartimenten (totaal, adult, sub-adult en juveniel), er werden geen significante verschillen gevonden tussen de compartimenten ( $p > 0,05$ ).

In het eikenvak was de gemiddelde biomassa 39,7 gram/m<sup>2</sup> (gemiddelde over alle compartimenten en alle wormensoorten samen). De gemiddelde biomassa per compartiment liep uiteen van 28,2 tot 55,5 gram/m<sup>2</sup>. De variatie in biomassa in het eikenvak was normaal verdeeld over de compartimenten (totaal, adult, sub-adult en juveniel), er werden geen significante verschillen gevonden tussen de compartimenten ( $p > 0,05$ ). Er is echter wel een trend ( $p < 0,10$ ) te zien waarbij in compartiment 4 een lagere biomassa aanwezig was (totaal) dan in de compartiment 3, deze trend is echter niet te zien bij vergelijking tussen compartiment 4 en de compartimenten R, 1 en 2. Deze trend wordt niet gevonden als apart voor de levensstadia wordt getoetst.

De gemiddelde biomassa van de wormen komt ruwweg overeen met de biomassa die Petersen & Luxton (1982) vonden in gematigde loofbossen.

*Populatieopbouw van de regenwormen*

In Fig. 5.13 is de populatieopbouw per compartiment weergegeven als percentage van het totale aantal regenwormen.



**Fig. 5.13:** Populatieopbouw regenwormen van de twee onderzochte percelen (percentages zijn weergegeven op basis van de aantallen gevonden regenwormen).

De opbouw van de populatie binnen het essenvak was binnen de compartimenten R, 1, 2 en 3 vergelijkbaar. Relatief worden weinig sub-adulten aangetroffen. Dit duidt erop dat de populatieontwikkeling (van juveniel via sub-adult naar adult) ongestoord verloopt. In compartiment 4 is echter een afwijkende populatieopbouw te zien. Daar worden relatief veel meer sub-adulten aangetroffen, maar vooral relatief veel minder juvenielen. De populatieontwikkeling lijkt in dit compartiment vertraagd. Belangrijk is daarbij op te merken dat een waarneming aan de populatieopbouw een momentopname is en dat deze afwijking hiervan (ook nog ten opzichte van

andere compartimenten) geen structurele afwijking hoeft te betekenen. Daarvoor zijn in de tijd meer waarnemingen nodig.

Binnen het eikenvak is de populatieopbouw van de vijf compartimenten vergelijkbaar.

#### *Discussie*

In januari 2005 zullen de compartimenten gedurende verschillende tijdspannen onder water worden gezet. De hierboven opgestelde beschrijving van de wormenpopulatie van de percelen is derhalve een beschrijving van de uitgangssituatie, waar later de gevolgen van overstroming op deze wormenpopulatie mee vergeleken worden. Daarbij is het belangrijk een aantal opmerkingen te plaatsen.

De effecten van de twee verschillende overstromingsregimes zullen vergeleken worden *binnen* de twee percelen, waarbij de (boven beschreven) populatie-eigenschappen van de twee behandelingen worden vergeleken met de populatie-eigenschappen van het niet overstroomde compartiment.

De bemonstering in september 2004 zal wat betreft absolute aantallen en biomassa in principe moeilijk te vergelijken zijn met een bemonstering in het voorjaar van 2005. De ontwikkeling van aantallen wormen en groei van de wormen zijn erg afhankelijk van de meteorologische omstandigheden en kunnen tussen jaren erg variëren. Zelfs een vergelijking met een inventarisatie in september 2005 zal om die reden lastig zijn. Het is daarom raadzaam om de vervolg inventarisatie van regenwormen zo laat mogelijk in het voorjaar uit te voeren (eind mei, begin juni, onder zoveel mogelijk vergelijkbare meteorologische omstandigheden zoals bijvoorbeeld bodemvocht) zodat de wormenpopulatie zijn maximale omvang heeft bereikt (vergelijkbaar met deze bemonstering in het late najaar).

Hoewel het niet de bedoeling is om *tussen* de twee percelen (Es en Eik) te vergelijken, kan deze vergelijking (als de effecten van de overstroming tussen de twee percelen verschilt) mogelijk inzicht leveren in de parameters die een rol spelen bij het optreden van dit verschil in effect.

## 6. Samenvatting en conclusie

### Hydrologie

#### *Grondwaterstanden*

In het Harderbos is er sprake van een relatief hoge stijghoogte (0,60 à 0,70 m beneden maaiveld; NAP -3,70 à -3,80 m). Dit wordt veroorzaakt door het grondwater van het Veluwe-massief en resulteert in het Harderbos op veel locaties in een kwelstroom. Deze kwel varieert globaal van 1 tot 5 mm per dag en is afhankelijk van de afstand tot het Veluwemeer.

Vanaf 2000 is een stijging van de grondwaterstanden te zien in het Harderbos. Vanaf 2000 stijgt de gemiddelde grondwaterstand de eerste drie jaren ongeveer 0,08 m. Hierna, vanaf 2003, stijgt deze nog eens ongeveer 0,10 m. Deze stijging is deels het gevolg van interne vernattingsmaatregelen (vanaf eind 2002). Het weer heeft een sterkere 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 het grondwaterpeil.

De grondwaterstanden in de compartimenten van het eikenvak variëren enigszins, wat gedeeltelijk veroorzaakt kan worden door nog niet goed gecorrigeerde buishoogten. De niveaus zijn echter vergelijkbaar met de grondwaterstanden die Natuurmonumenten in de nabije omgeving opneemt. De maaiveldhoogte ligt op ongeveer NAP -3,10 m, en de grondwaterstanden bevinden zich doorgaans tussen 0,40 en 0,60 m beneden maaiveld. Grondwaterstanden hoger dan 0,30 m beneden maaiveld komen niet voor en dieper dan 0,60 m beneden maaiveld zeer weinig.

In het essenvak liggen de grondwaterpeilen iets lager dan in het eikenvak, maar de karakteristieken zijn gelijk. Voor 2004 zijn de twee proefpercelen onderling dan ook vergelijkbaar wat betreft het verloop van de grondwaterstanden.

Omdat in het Harderbos een kwelsituatie is en het gebied vernat wordt middels het stagneren van de afvoer van sloten en greppels is voor dit type bos de grondwaterstand iets hoger dan "normaal". Echter, ondanks deze situatie en de afgelopen 'natte jaren' blijft de stijging van de grondwaterpeilen beperkt door de goed doorlatende bovengrond in beide proefpercelen.

#### *Waterkwaliteit en grondwaterkwaliteit*

De compartimenten zullen met water vanuit de Strandgapertocht gevuld worden. Doorgaans bestaat het water uit de Strandgapertocht voor het grootste deel uit kwelwater en het overige deel is neerslagafvoer vanuit natuurgebieden (gering aandeel landbouwinvloed). De waterkwaliteit van de Strandgapertocht, de Harderbosbeek en dat van het grondwater in de pilot zijn geanalyseerd.

De waterkwaliteit wordt door de kwel in het gebied (sterk) beïnvloed. De waterkwaliteit is als goed te karakteriseren. Het heeft een redelijk lage pH waarde. Het chloridegehalte is ook relatief laag (gemiddeld 135 mg/l). De kwaliteit van het tochtwater en beekwater verschilt op andere punten; zo is het water in de tocht rijker aan oplosbare stikstofverbindingen dan het beekwater. Voor P is het juist andersom. Ondanks dat bijvoorbeeld de waarden van NO<sub>3</sub>NO<sub>2</sub> wel een faktor 10 verschilt tussen de beek en het tochtwater, is dit in absolute zin niet hoog.

De grondwaterkwaliteit in de compartimenten wordt gekenmerkt als kalkrijk en hard (basenrijk) water. Dit is conform de verwachting op dit bodemtype (kalkhoudende zeeklei).

### Bodem

Bodemkundig gezien verschillen het essen- en eikenvak niet veel van elkaar. In beide gevallen is er sprake van poldervaaggronden in lichte klei met een kleigehalte van 30 tot 35%, schelpenbanken en met een rijpingsdiepte van rond de 70 cm. Op een diepte van 90 tot 105 cm komt een kalkrijke ongerijpte zandlaag voor.

In het essenvak is het humusprofiel nog nauwelijks ontwikkeld. Zelfs een tijdelijke strooisellaag is niet aangetroffen. Blijkbaar wordt het essenstrooisel snel gefragmenteerd en omgezet door de bodemfauna (wormen). De C/N verhouding is laag wat duidt op een snelle N-mineralisatie. Het grootste deel van het fosfaat is in minerale vorm aanwezig en ontstaat in mindere mate door mineralisatie van organische stof. De bovenste laag (0-5 cm) is iets zuurder en heeft een hoger organisch stofgehalte dan de daaronder gelegen laag (tot 15 cm).

Het eikenvak verschilt van het essenvak door het voorkomen van oude broekveenlagen en met ijzer en humusverrijkte zandlagen. Opvallend is dat op de meeste plekken een weinig verteerde strooisellaag wordt aangetroffen. Dit duidt op een slechte vertering van het eikenstrooisel ten opzichte van het essenstrooisel. Ook de minerale bovenlaag is veel dunner, humusrijker en kruimeliger dan in het essenvak. Dit duidt op minder doormenging van de organische stof met de minerale bodem. De C/N-verhouding is duidelijk hoger.

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 de diepere AC-horizont onder Es. Zowel bij het eikenvak als het essenvak verschillen de vlakken binnen de percelen onderling nauwelijks in bodemchemie.

## Vegetatie

De geselecteerde percelen zijn representatief voor jonge loofbossen op kleigrond. Hoewel er enkele significante verschillen binnen het essenvak en het eikenvak zijn gevonden, zijn de verschillen over het algemeen niet groot.

Het essenvak wordt gekenmerkt door een hoge boom- en kruidlaag, en een hoge bedekking van de kruid- en moslaag. In het eikenvak scoren deze parameters lager. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de geringe vitaliteit van de boomlaag in de eikenopstand. Een gevolg hiervan is dat meer licht de ondergroei en met name de struiklaag weet te bereiken. Toch blijken de kruid- en moslaag niet te profiteren van het verhoogde lichtaanbod onder Eik. Eikenblad verteert slecht en vormt een afdekkende laag op de bodem waardoor minder mossen en kruiden voorkomen. Ook treedt onder invloed van het geaccumuleerde bladstrooisel op termijn een versnelde uitspoeling van kalk en voedingsstoffen uit de bovengrond op. In het essenvak dringt meer licht door tot op de bodem en is meer open bodem aanwezig (essenblad verteert goed) waardoor bijvoorbeeld mossen meer kans krijgen.

De aanwezige kruidenvegetatie in beide percelen bestaat uit soorten die algemeen zijn en wijzen op vochtige en voedselrijke omstandigheden. 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. Met name Pinksterbloem en Look-zonder-look komen veel meer voor in het essenvak.

De enige niet-houtige soort (en vrijwel de enige aanwezige typische bossoort) die een duidelijke voorkeur heeft voor het eikenvak is de Brede wespenorchis. Interessant is dat de soort de concurrentie met de ruigtesoorten in de ondergroei in het essenvak minder goed verdraagt dan de mogelijk iets ongunstiger eigenschappen van het humusprofiel onder eik.

Beide opstandstypen kunnen het best getypeerd worden als Rompgemeenschap van Grote brandnetel van het onderverbond van iepenrijke-essenbossen. Het is aannemelijk dat ongestoorde ontwikkeling binnen enkele decennia zal leiden tot het convergeren van de ontwikkeling in beide bostypen. Nu is al veel spontane verjonging van Es te zien. De verminderde vitaliteit en de afwezigheid van zaailingen van de Eik doen vermoeden dat in de boomlaag van aangeplante eiken op korte termijn gaten gaan vallen. De potentiële natuurlijke vegetatie van beide vakken is een Essen-Iepenbos (Fraxino-Ulmetum).

## Bodemfauna

Hoewel er kleine verschillen waren in het eikenvak, was de verdeling in wormdichtheid en -samenstelling globaal gelijk tussen de compartimenten. In alle compartimenten domineerde *Allolobophora chlorotica*. Er zijn geen significante verschillen in aantallen, levensstadia of biomassa gevonden. Ook is binnen alle compartimenten de populatieopbouw vergelijkbaar.

In het essenvak domineerden (juvenielen van) *Octolasion spec./Apporrectodea spec.* (onderscheid tussen juvenielen niet mogelijk) in elk compartiment, m.u.v. compartiment 'Es-4'. In dit vak domineerde *Lumbricus rubellus*. Over het algemeen was de wormdichtheid in dit compartiment lager dan in de andere compartimenten. Met het ontbreken van (juvenielen van) *Octolasion spec./Apporrectodea spec.* verschilde de populatieopbouw van Es-4 ook van de rest; er waren relatief veel subadulten en weinig juvenielen. De populatieontwikkeling lijkt in dit compartiment vertraagd. In de andere compartimenten werden relatief weinig sub-adulten aangetroffen. Dit duidt erop dat de populatieontwikkeling (van juveniel via sub-adult naar adult) hier ongestoord verloopt.

Echter, er zijn tussen de compartimenten geen significante verschillen gevonden wat betreft aantallen en levensstadia. Hoewel de biomassa tussen de compartimenten verschilde, waren ook deze verschillen niet significant.

Hoewel Es-4 qua aantal wormen lager ligt dan de andere Es-compartimenten valt deze wel binnen de normale range die in de literatuur wordt aangegeven voor gematigd loofbos. Er moet echter wel rekening mee worden gehouden bij de vergelijking tussen compartimenten volgend jaar, na de inundaties. Belangrijk is daarbij nog op te merken dat een waarneming aan de populatieopbouw een momentopname is en dat deze afwijking hiervan (ook nog ten opzichte van andere compartimenten) geen structurele afwijking hoeft te betekenen.

Het essenvak herbergde meer soorten en de aantallen wormen waren gelijk verdeeld over de soorten dan in het eikenvak. Ook was de gemiddelde biomassa hoger: 60 gram per m<sup>2</sup> ten opzichte van 40 g per m<sup>2</sup>. Er werden gemiddeld gezien wel evenveel wormen per m<sup>2</sup> aangetroffen: 256 in het essenvak en 237 in het eikenvak. De gevonden dichtheden wormen zijn gemiddeld iets hoger, en de biomassa is ongeveer gelijk vergeleken met de meeste gematigde loofbossen.

De gevonden wormensoorten zijn voor dit soort bodems (klei en hoge grondwaterstand) heel normaal, er werden geen zeldzame soorten aangetroffen. Alle gevonden wormen zijn soorten die hoger in de bodem leven, dieper levende soorten zijn niet aangetroffen.

## Conclusie

Over het algemeen kan gesteld worden dat de geselecteerde proefpercelen representatief zijn voor jonge loofbossen op kleigrond, wat betreft bodem, vegetatie en bodemfauna (wormen). Hierdoor kunnen resultaten van de proef 'doorvertaald' worden naar vergelijkbare bostypen.

Eén van de voorwaarden van het experiment is dat de compartimenten binnen de proefpercelen niet (teveel) mogen verschillen. Hoewel er enige verschillen zijn, kan over het algemeen gesteld worden dat deze verschillen niet structureel zijn (niet altijd hetzelfde vlak) en zodanig klein zijn dat deze binnen de 'normale range' vallen. Echter, met deze verschillen dient wel rekening gehouden te worden bij de interpretatie van de resultaten na inundatie.

Een andere onzekere factor blijven de effecten van de vernattingsmaatregelen. Op basis van de grondwaterstanden mag verwacht worden dat deze structureel verhoogd blijven. Echter, ondanks deze storende factor wordt verwacht dat de impact hiervan veel kleiner is dan die van de inundaties.

## 7. Literatuur

- Barkman, J.J., H. Doing & S. Segal, 1964. Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. *Acta Botanica Neerlandica* 13: 394-419.
- Bolt, G.H. en M.G.M. Bruggenwert (editors), 1978. Soil chemistry. A. Basic Elements. Elsevier scientific publishing company, Amsterdam.
- Delft S.P.J., van. 2004 Veldgids humusvormen.
- Doing Kraft, H., 1954. L' analyse des carrés permanents. *Acta Botanica Neerlandica* 2: 421-424.
- Ente, P.J., J. Koning en R. Koopstra. 1986. Flevobericht nr 258. De bodem van Oostelijk Flevoland. Rijksdienst voor IJsselmeerpolders, Lelystad.
- Faber, J.H., J. Burgers, B. Aukema, J.M. Bodt, R.J.M. van Kats, D.R. Lammertsma & A.P. Noordam, 2000. *Ongewervelde fauna van ontkleide uiterwaarden; Monitoringsverslag 1999*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 039.
- Faber, J.H., J. Burgers, B. Aukema, J.M. Bodt, R.J.M. van Kats, D.R. Lammertsma & A.P. Noordam, 2001. *Ongewervelde fauna van ontkleide uiterwaarden; Monitoringsverslag 2000*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 287.
- 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 humusmonsters Harderbos. Opdrachtgever SC-DLO, Wageningen; Provincie Flevoland, Lelystad.
- Hennekens, S.M. & J.H.J. Schaminée, 2001. TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science* 12: 589-591.
- Hommel, P.W.F.M. & R.W. de Waal, 2003. Rijke bossen op arme bodems. Alternatieve boomsoortenkeuze verhoogt soortenrijkdom op verzuringgevoelige gronden. *Landschap* 20(4): 193-204.
- Hommel, P.W.F.M., Th Spek, R.W. de Waal. 2002. Boomsoort, strooiselkwaliteit en ondergroei in loofbossen op verzuringgevoelige bodem. Alterra-rapport 509, Wageningen.
- Kemmers, R.H. en R.W. de Waal. 1999. Ecologische typering van bodems. Deel 1.
- Kemmers, R.H., R.W. de Waal, S.P.J. van Delft en P. Mekking. Ecologische typering van de bodem. *Landschap* no. 19. 2002.
- Pelsma, T.A.H.M., 1992. Vegetatie-oecologisch en syntaxonomisch onderzoek in Noordlimburgse wegbermen. IKC Werkdocument 17, IKC-NBLF. Wageningen.
- Raamwerk en humustypologie. SC Rapport 667-1. Wageningen.
- Schaffers, A.P., 2000. In situ annual nitrogen mineralization predicted by simple soil properties and short-period field incubation. In : *Plant and Soil* 221: 205-219.
- Scheffer F. , P. Schachtschabel, 1973. *Lehrbuch der Bodenkunde*. Enke Verlag. Stuttgart.
- Stortelder, A.H.F., J.H.J. Schaminée & P.W.F.M. Hommel, 1999. De Vegetatie van Nederland. Deel 5. Plantengemeenschappen van ruigten, struwelen en bossen. Opulus Press; Uppsala / Leiden. 376 pp.
- Weeda, E.J, R. Westra, Ch. Westra & T. Westra, 1994. Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties. Deel 5. IVN i.s.m. VARA en VEWIN, Amsterdam. 400 pp.
- Westhoff, V. & A.J. den Held, 1969. Plantengemeenschappen in Nederland. Thieme, Zutphen. 324 pp.

BIJLAGE 1: Ligging proefvlakken en grondwaterstandsbuizen in het Harderbos





## **BIJLAGE 2: Korte weergave van het weer van 2000-2004**

### 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.

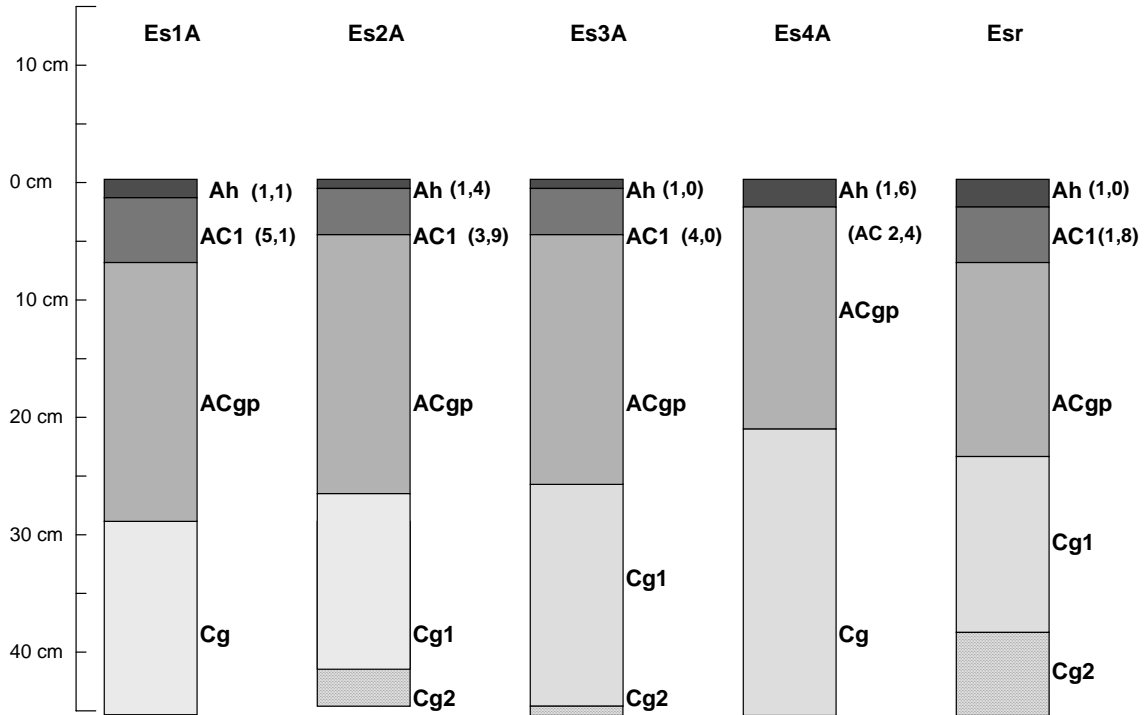
### 2004

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.

## BIJLAGE 3: Humusprofielen

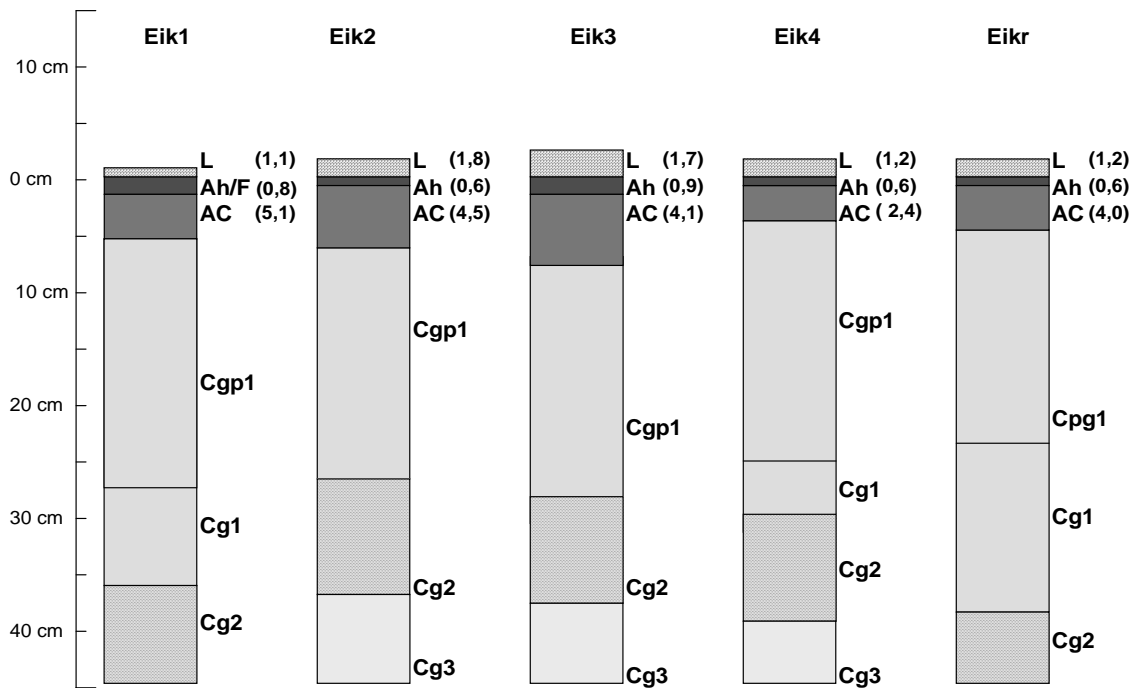
### Humusprofielen essenperceel

*Humusvormtype: Vaaghydromull*



### Humusprofielen eikenperceel

*Humusvormtype: Vaaghydromull*



## BIJLAGE 4: Bodemkartering

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

Zu = Zuiderzee afzetting (klei), volgens publicatie Flevobericht 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

## BIJLAGE 5A: Bodemanalyses 0-15 cm

Alterra nr	Diepte	Locatie	Monster datum	pH KCl		Org. stof	Oxalaat		P zoutzuur	totaal		0,01 M CaCl <sub>2</sub> -opl.		P org P-org	C/Porg C/Porg	C/N C/N	C/P C/P		
				meting	drift		P	Fe		P	N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N						
				%	mmol/kg	mg/100 g													
Naam	Bos	PQ	Diepte	Natuurgebi	datum	Ph	pH_drif	OS	P	Fe	P zoutz	P-tot	N-tot	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	P-org	C/Porg	C/N	C/P
EK1a	Eik		1 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,52	6,79	5,01	9,12	90,64	33,34	49,71	237,25	0,398	0,075	16,37	153	10,55	50
EK1b	Eik		1 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,72	6,82	4,43	9,01	84,57	38,62	54,87	185,62	0,250	0,105	16,25	136	11,93	40
EK1c	Eik		1 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,77	6,91	4,62	9,08	81,27	37,78	53,67	196,47	0,279	0,167	15,89	145	11,76	43
EK1d	Eik		1 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,83	6,92	4,46	10,11	86,63	39,97	59,09	222,91	0,253	0,106	19,12	117	10,01	38
EK2a	Eik		2 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,82	6,90	6,01	8,68	84,31	36,87	53,95	258,48	0,381	0,229	17,08	176	11,62	56
EK2b	Eik		2 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,82	6,97	6,09	9,33	83,19	38,71	58,40	283,21	0,512	0,278	19,69	155	10,74	52
EK2c	Eik		2 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,89	7,01	4,98	8,43	86,56	33,42	50,84	218,61	0,359	0,139	17,42	143	11,40	49
EK2d	Eik		2 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,89	6,98	4,72	8,49	84,70	36,14	52,69	204,80	0,334	0,092	16,54	143	11,53	45
EK3a	Eik		3 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,86	6,96	5,62	8,68	90,14	34,64	62,32	257,63	0,456	0,137	27,68	102	10,92	45
EK3b	Eik		3 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,80	6,94	5,03	8,02	83,80	33,56	54,42	198,40	0,457	0,061	20,86	121	12,68	46
EK3c	Eik		3 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,88	6,94	5,35	8,60	87,05	34,42	57,34	239,16	0,327	0,166	22,92	117	11,18	47
EK3d	Eik		3 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,85	6,96	4,19	8,58	85,50	35,67	47,61	188,18	0,252	0,121	11,94	176	11,14	44
EK4a	Eik		4 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,82	6,96	5,39	11,44	97,50	42,49	63,49	236,12	0,326	0,286	21,00	128	11,41	42
EK4b	Eik		4 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,80	6,93	5,32	10,01	88,96	40,49	66,24	239,11	0,282	0,138	25,75	103	11,12	40
EK4c	Eik		4 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,92	6,99	5,57	9,89	91,09	39,22	57,11	250,49	0,325	0,180	17,89	156	11,12	49
EK4d	Eik		4 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,91	7,00	5,24	11,18	94,26	41,87	61,67	238,08	0,412	0,247	19,80	132	11,01	42
EK ra	Eik		5 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,49	6,72	4,21	8,90	97,49	36,01	44,57	222,31	0,311	0,171	8,56	246	9,46	47
EK rb	Eik		5 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,73	6,85	4,17	10,06	89,77	39,60	49,42	223,43	0,308	0,185	9,82	213	9,34	42
EK rc	Eik		5 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,74	6,86	6,03	11,26	97,26	39,10	70,28	308,43	0,406	0,259	31,19	97	9,78	43
EK rd	Eik		5 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,77	6,97	3,70	9,25	89,05	38,63	54,80	181,98	0,257	0,077	16,17	114	10,16	34
ES2a	Es		6 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,86	6,95	5,22	11,20	80,35	42,14	68,58	272,43	0,641	0,473	26,44	99	9,6	38
ES2b	Es		6 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,86	6,99	4,59	10,88	81,19	41,76	62,98	211,54	0,328	0,348	21,21	108	10,9	36
ES2c	Es		6 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,96	7,02	5,55	10,43	78,97	42,29	61,70	267,98	0,408	0,489	19,41	143	10,4	45
ES2d	Es		6 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,94	7,00	5,20	10,96	79,12	42,39	64,49	248,31	0,329	0,395	22,10	118	10,5	40
ES3a	Es		7 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,96	7,02	3,27	10,27	84,17	40,01	56,31	212,80	0,304	0,243	16,29	100	7,7	29
ES3b	Es		7 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,88	6,98	3,94	10,98	79,21	42,36	48,11	253,31	0,282	0,585	5,74	343	7,8	41
ES3c	Es		7 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,89	6,99	3,83	9,64	87,00	40,77	50,73	262,65	0,306	0,336	9,96	192	7,3	38
ES3d	Es		7 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,84	6,97	3,92	9,54	83,49	38,72	51,65	236,45	0,283	0,247	12,93	151	8,3	38
ES4a	Es		8 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,82	6,96	4,04	8,83	85,00	37,49	55,39	198,54	0,283	0,170	17,90	113	10,2	36
ES4b	Es		8 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,87	6,96	4,17	10,97	84,06	39,67	58,19	274,13	0,404	0,333	18,51	113	7,6	36
ES4c	Es		8 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,89	6,97	4,15	9,83	82,32	39,55	53,34	218,95	0,257	0,185	13,80	150	9,5	39
ES4d	Es		8 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,81	6,94	4,29	10,42	84,52	40,74	57,01	230,59	0,281	0,352	16,27	132	9,3	38
ES1a	Es		9 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,88	6,98	4,56	10,26	81,27	41,65	53,31	235,97	0,303	0,258	11,65	196	9,7	43
ES1b	Es		9 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,85	6,97	5,17	12,02	82,34	45,01	60,04	270,05	0,331	0,306	15,03	172	9,6	43
ES1c	Es		9 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,85	6,94	3,85	11,58	84,35	44,75	63,54	229,97	0,308	0,200	18,79	102	8,4	30
ES1d	Es		9 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,87	6,96	4,51	10,77	86,35	41,25	61,33	255,18	0,306	0,230	20,08	112	8,8	37
ES ra	Es		10 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,95	7,02	4,49	10,66	82,37	40,28	62,89	227,02	0,357	0,322	22,61	99	9,9	36
ES rb	Es		10 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,86	6,99	4,60	10,60	80,76	42,05	62,81	234,10	0,404	0,409	20,76	111	9,8	37
ES rc	Es		10 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,70	6,80	4,25	9,84	81,84	40,16	55,67	222,00	0,358	0,307	15,51	137	9,6	38
ES rd	Es		10 0-15	Harderbos	23-6-2004	6,55	6,84	3,92	9,88	84,00	39,31	51,60	240,60	0,280	0,259	12,29	159	8,1	38

## BIJLAGE 5B: Bodemanalyses 0-5 cm

Alterra nr	Diepte	Locatie	Monster datum	pH KCl		Org. stof %
				meting	drift	
EK1a	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.22	6.44	6.64
EK1b	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.07	6.50	7.75
EK1c	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.36	6.66	5.97
EK1d	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.29	6.72	5.75
EK2a	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.45	6.70	13.80
EK2b	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.49	6.79	8.09
EK2c	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.54	6.78	5.91
EK2d	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.53	6.83	6.09
EK3a	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.55	6.81	10.43
EK3b	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.59	6.82	5.32
EK3c	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.43	6.65	9.49
EK3d	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.50	6.66	6.50
EK4a	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.54	6.74	8.22
EK4b	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.53	6.75	8.30
EK4c	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.56	6.76	6.67
EK4d	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.51	6.74	6.19
EK ra	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.47	6.77	5.51
EK rb	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.48	6.77	5.12
EK rc	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.57	6.80	6.75
EK rd	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.59	6.80	5.72
				6.46	6.72	7.21
ES2a	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.57	6.80	7.62
ES2b	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.55	6.80	4.51
ES2c	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.57	6.82	7.66
ES2d	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.68	6.85	5.24
ES3a	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.67	6.86	5.72
ES3b	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.71	6.87	5.20
ES3c	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.75	6.91	5.01
ES3d	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.71	6.88	5.45
ES4a	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.65	6.86	4.88
ES4b	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.67	6.87	5.04
ES4c	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.72	6.85	9.96
ES4d	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.70	6.88	6.09
ES1a	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.56	6.81	6.90
ES1b	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.55	6.80	6.26
ES1c	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.44	6.78	6.27
ES1d	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.61	6.83	5.43
ES ra	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.49	6.78	5.21
ES rb	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.42	6.71	4.85
ES rc	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.35	6.69	5.25
ES rd	0-5	Harderbos	23-6-2004	6.24	6.60	6.24
				6.58	6.81	5.94