

RESEARCH CENTRE

Veldwerkplaats Staverden



Fons Smolders
Jan Roelofs
Mark van Mullekom

B-WARE Research Centre, Radboud University Nijmegen, the Netherlands



Gebied:



- **Bezit Geldersch Landschap** -----
(736 hectare)
- **Hierdense Beek**
- **Omringende bos-, heide- en landbouwgebieden**
- **Rijke cultuurhistorie**
- **Veel recreatie**
- **Hoge natuurwaarden (foto's), echter: achteruitgang**



Beekdalgrasland



Verbrande Bos



Kwellocatie Dotterbloemen

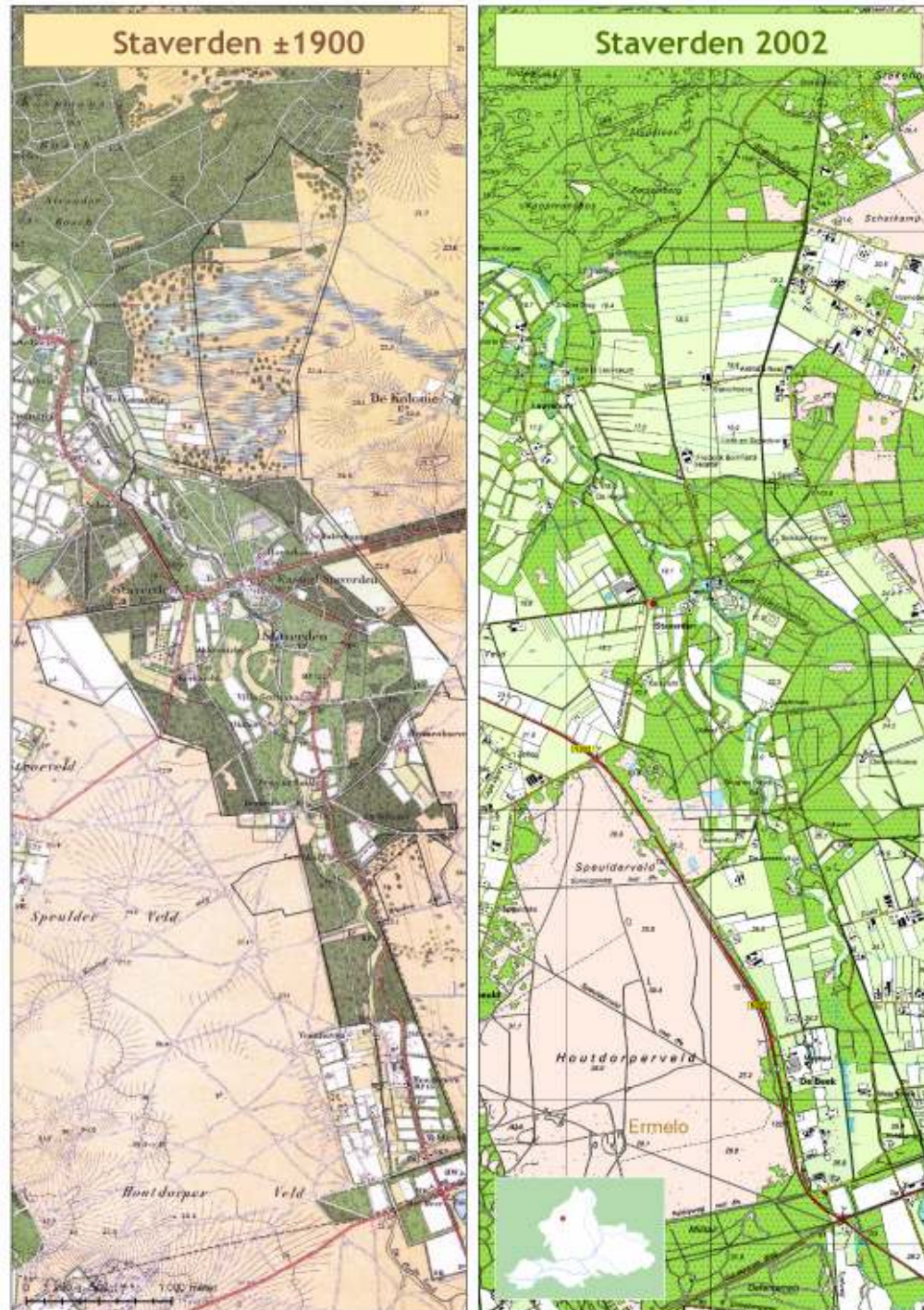


Droge heide



Doorstroomveen





1) Verandering grondgebruik:

- Heide → bos
→ landbouw
- Bemesting + ontwatering

2) Open structuur beekdal-graslanden is behouden gebleven

Probleemstelling:

Achteruitgang van (half-)natuurlijke systemen als gevolg van eutrofiëring, verdroging en verzuring.



Intensieve veehouderij



Pitrusproblematiek

Doelstelling:

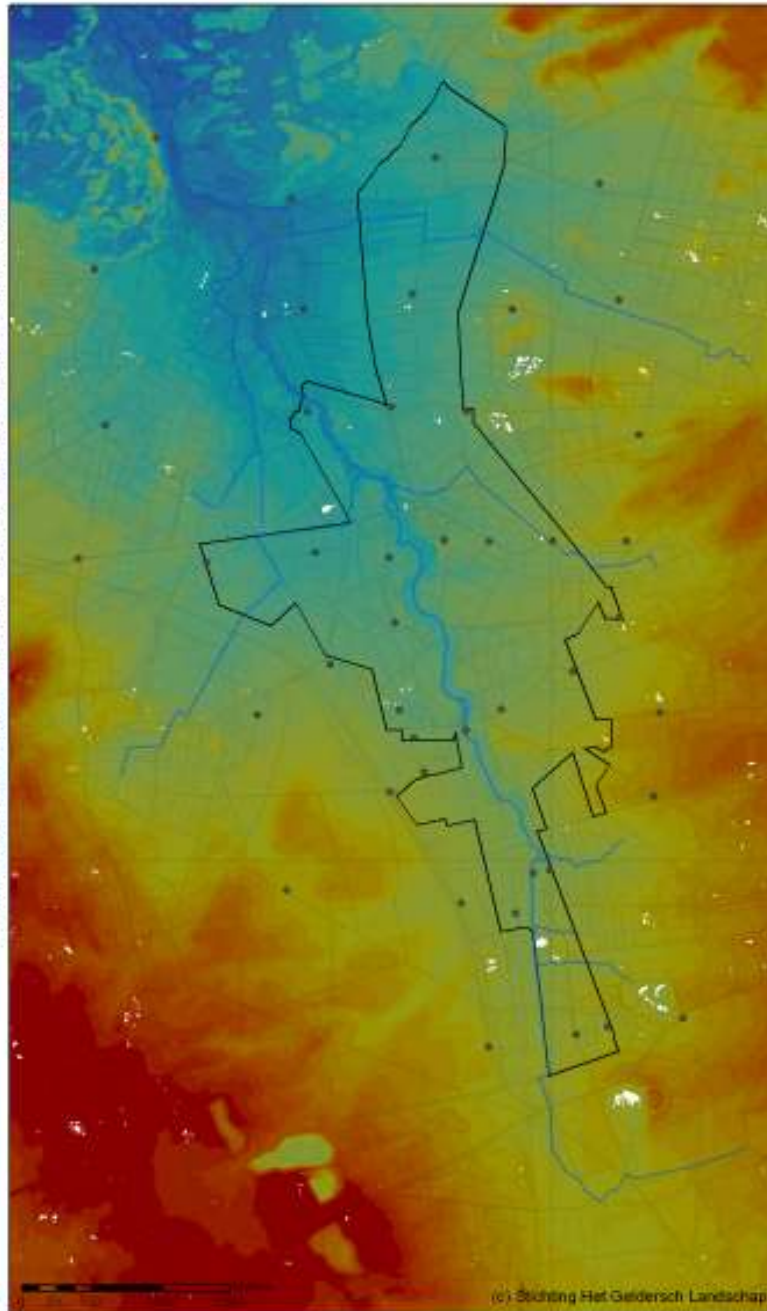
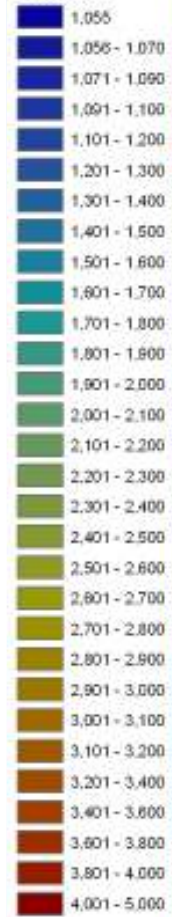
Inzicht verschaffen in de huidige toestand van de (half-)natuurlijke systemen in het beekdal van de Hierdense Beek te Landgoed Staverden en het in kaart brengen van mogelijke herstelmaatregelen

HYDROLOGIE

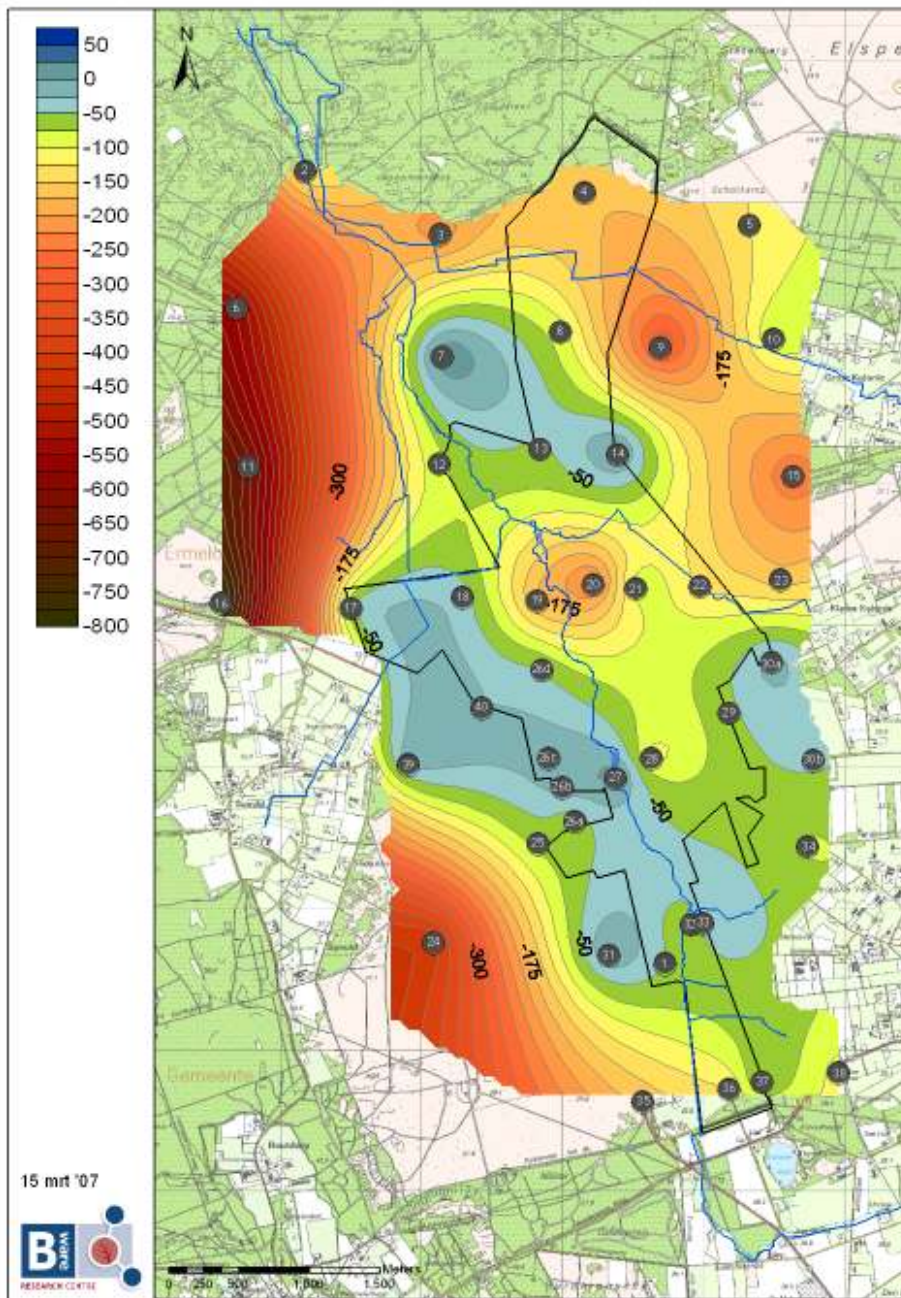


Peilbuizennetwerk

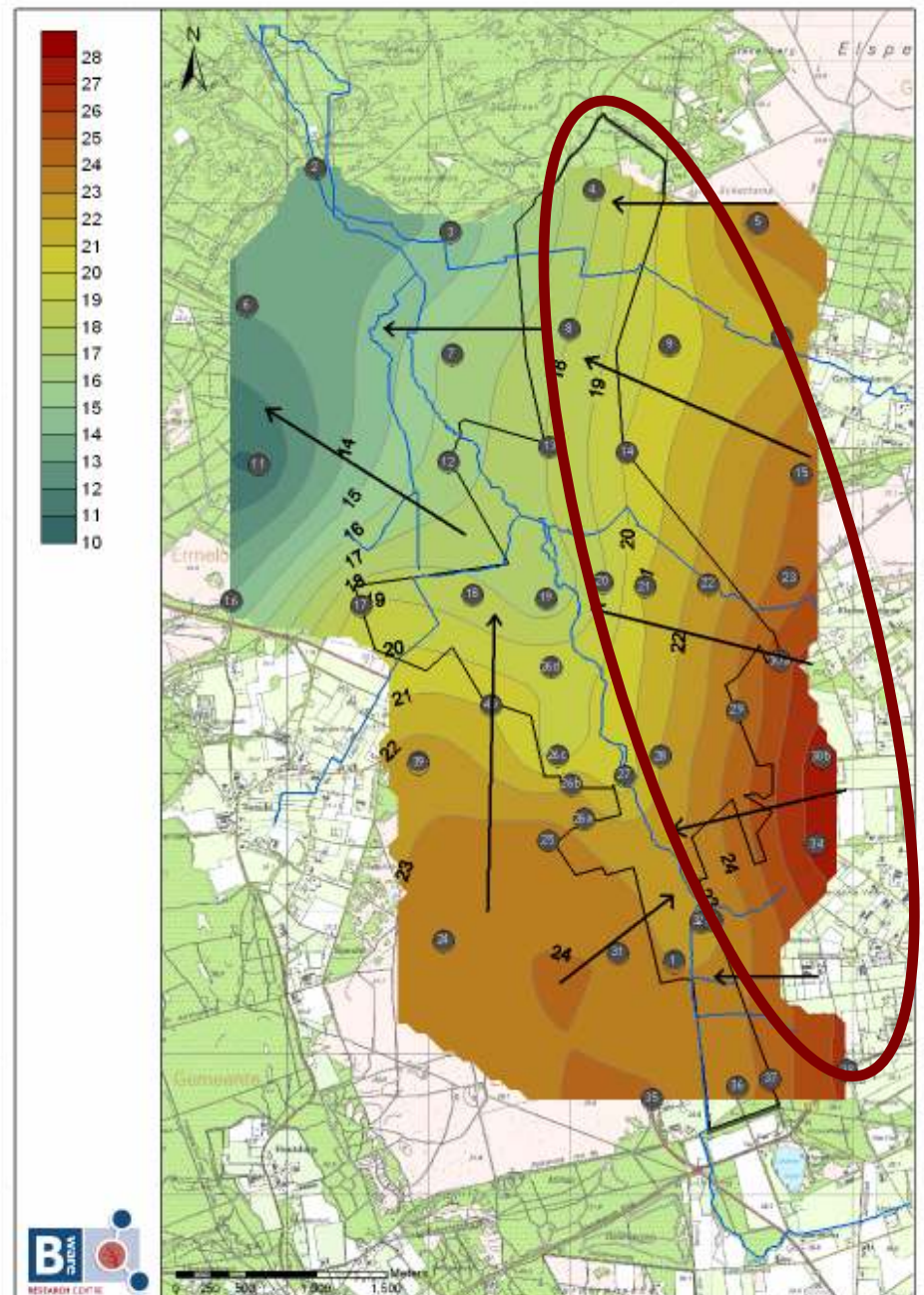
Legenda:

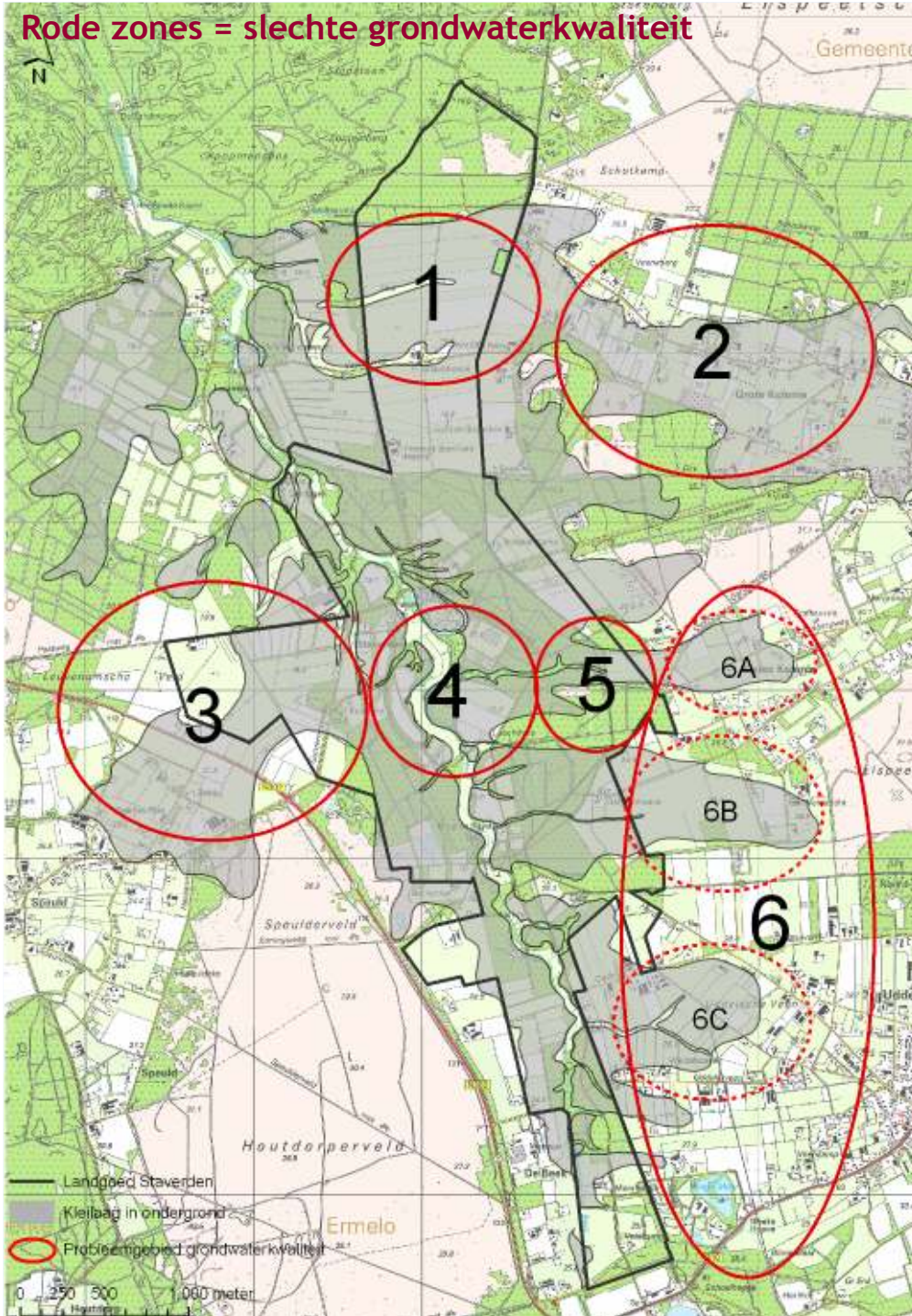


Maaiveld (maart 2007)

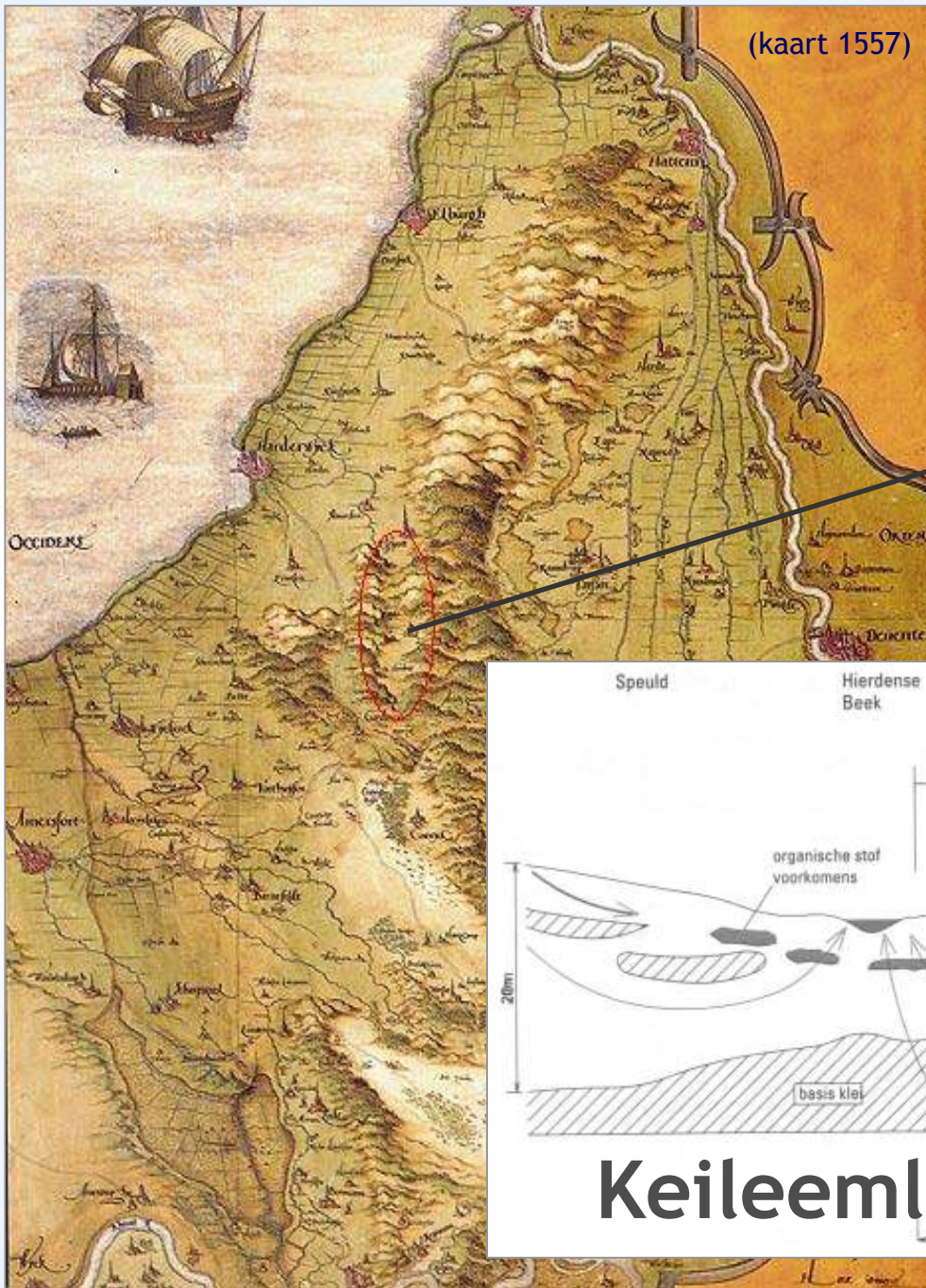


NAP (maart 2007)

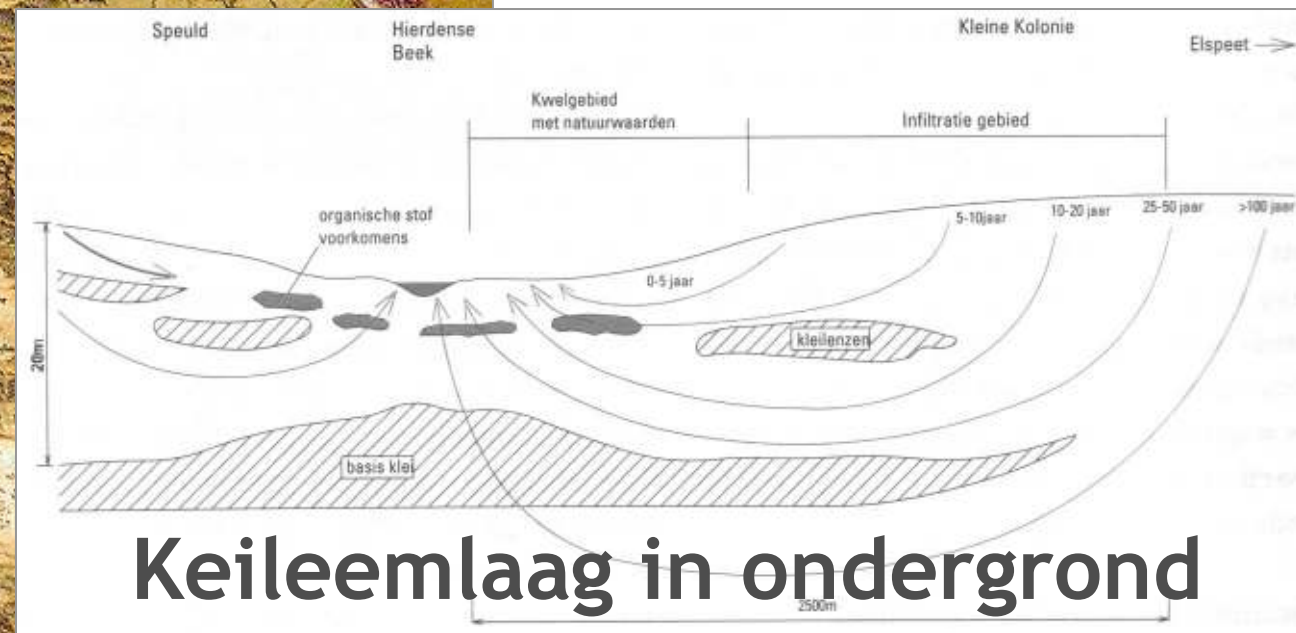




- Met name beïnvloeding vanuit oostelijke zone: agrarische enclaves!
- Het grondwater blijkt:
 - Zwak gebufferd
 - Nitraatrijk ($> 100 \mu\text{mol/l}$)
 - Lokaal sulfaatrijk ($> 500 \mu\text{mol/l}$)
 - IJzerarm
 - Fosfaatarm
- Als gevolg van keileemlaag (grijze zone) komen verontreinigingen via het oppervlakte- en het grondwater relatief snel in het beekdal terecht.

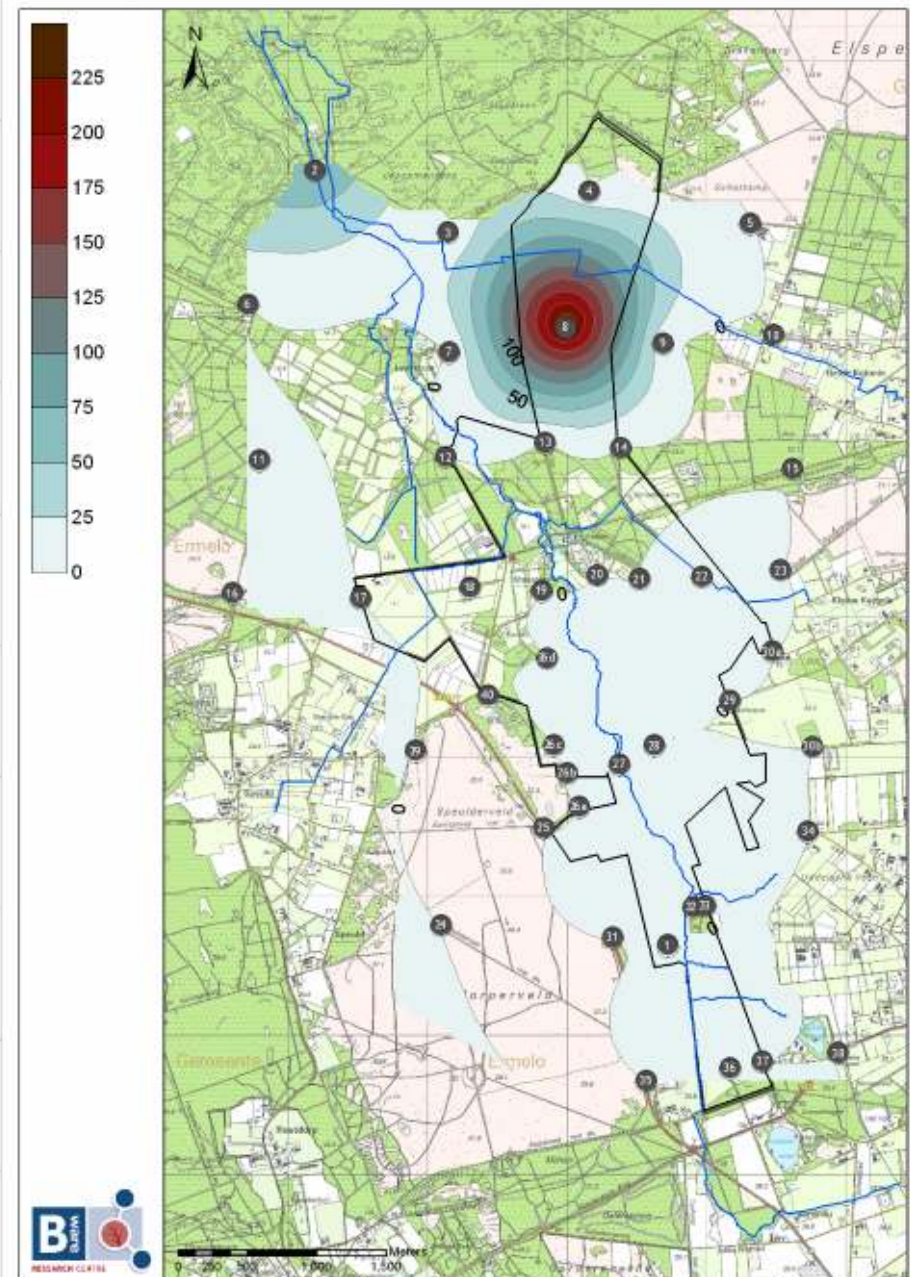
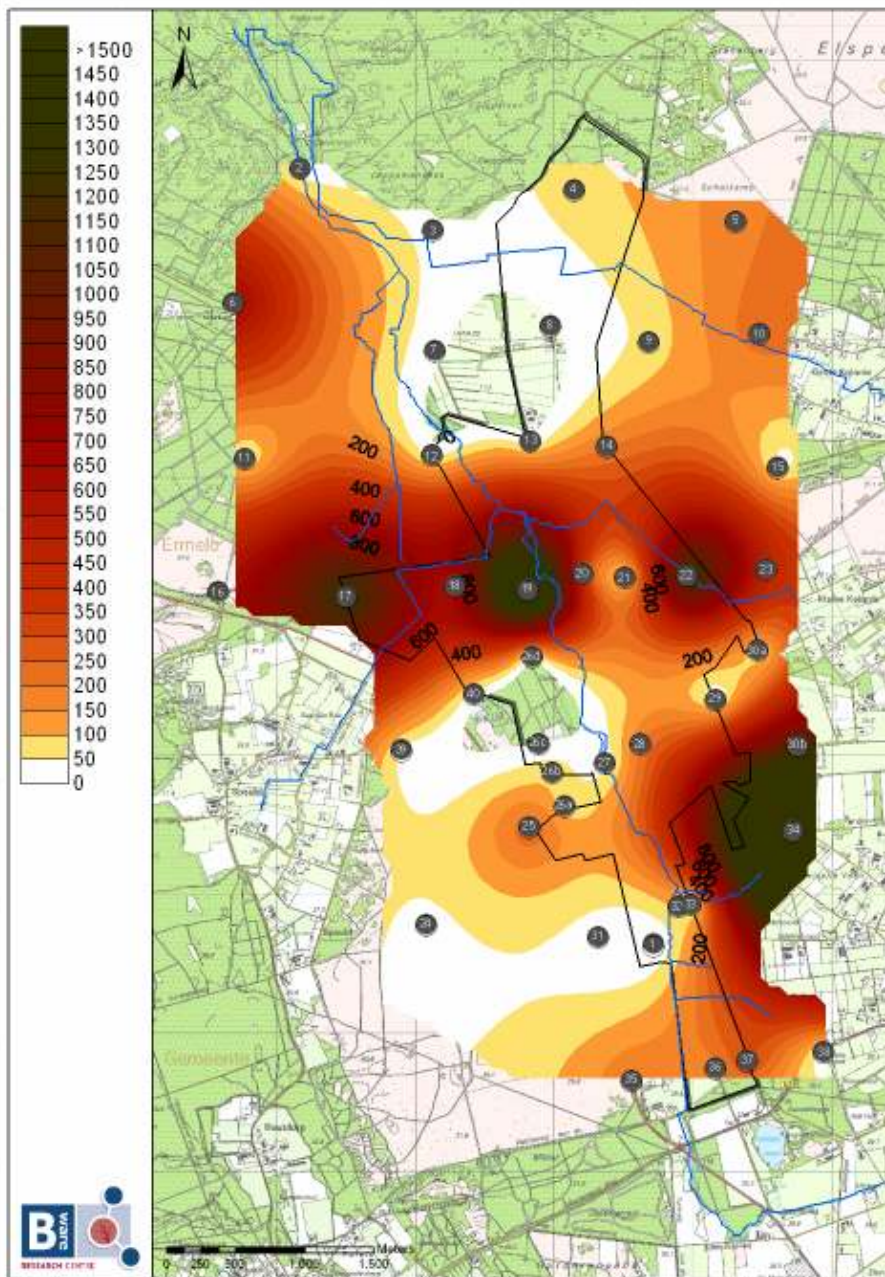


Hierdense Beekdal



Keileemlaag in ondergrond

Nitraat - Stikstofbelasting grondwater - Ammonium



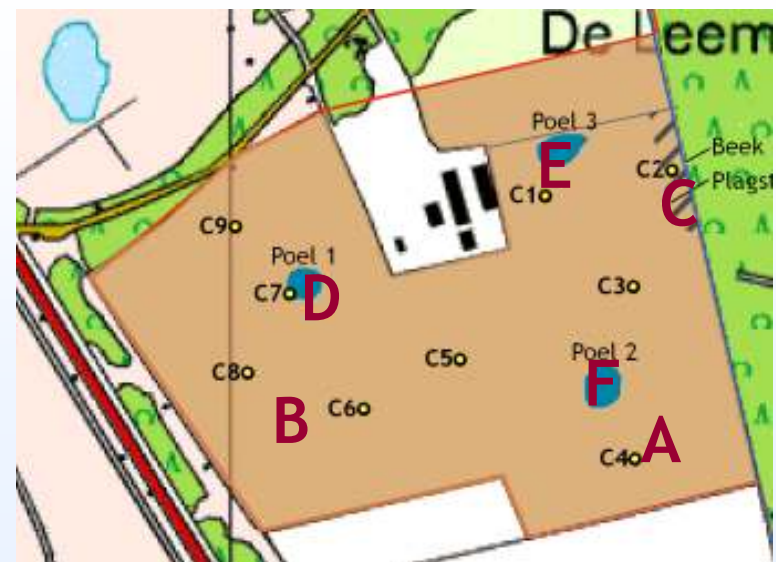
Gebieden veldbezoek vanmiddag 12-16 uur:



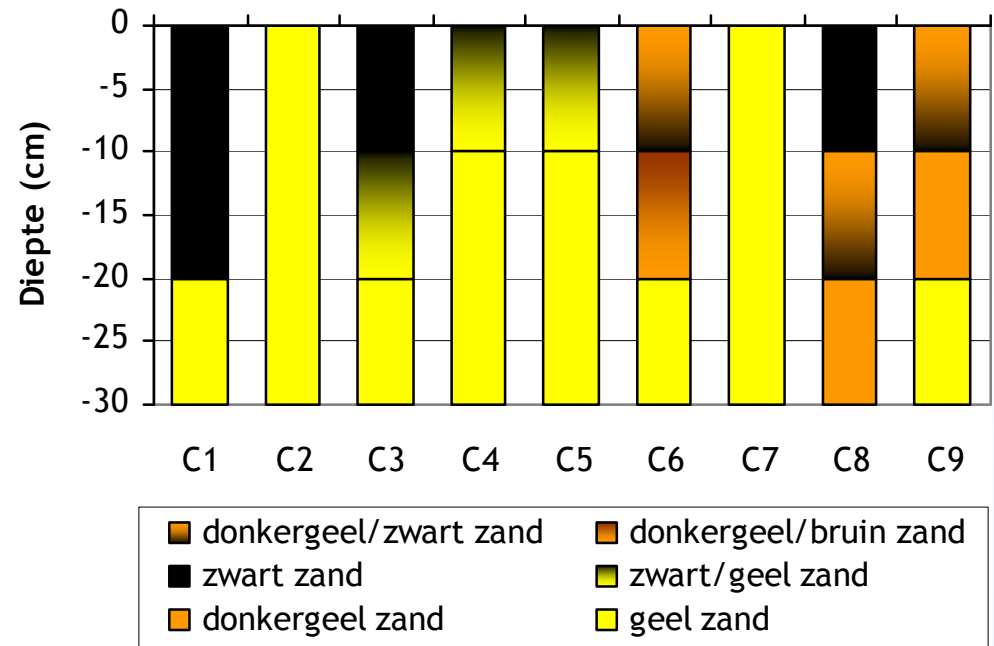
3. Retentiebekken (DG20): **deels goed ontw.**
2. Verbrande bos (DG1): **referentiegebied**
4. Rietland (DG17): **veenrot/-afbraak**
1. Afgegraven akker (DG 7): **deels goed ontw.**
5. Beekdalgrasland, Calthion (DG14):
nog niet optimaal ontwikkeld
6. Beekdalgrasland (DG10):
**verruigd, experiment uitgevoerd:
afgraven + bezanden + herintrod.**



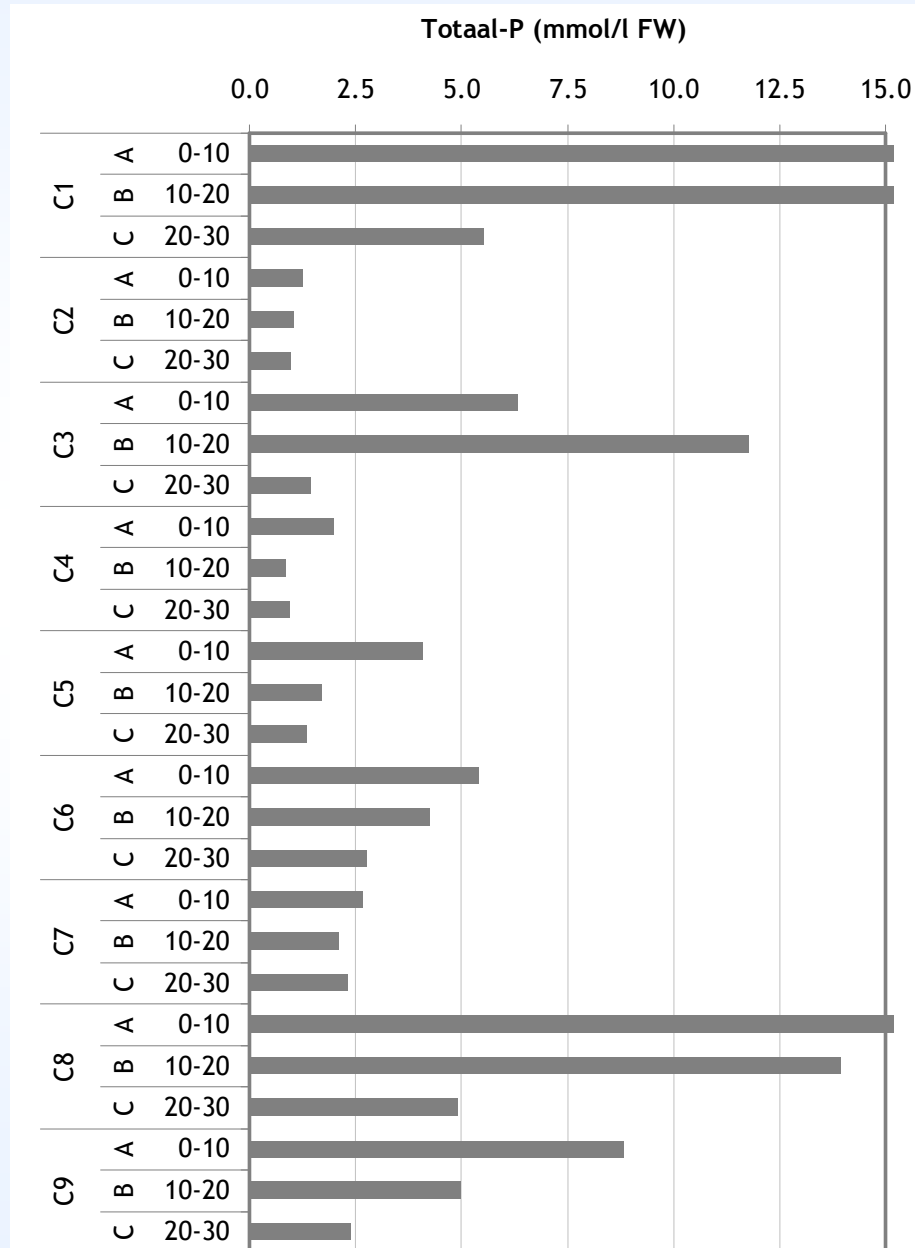
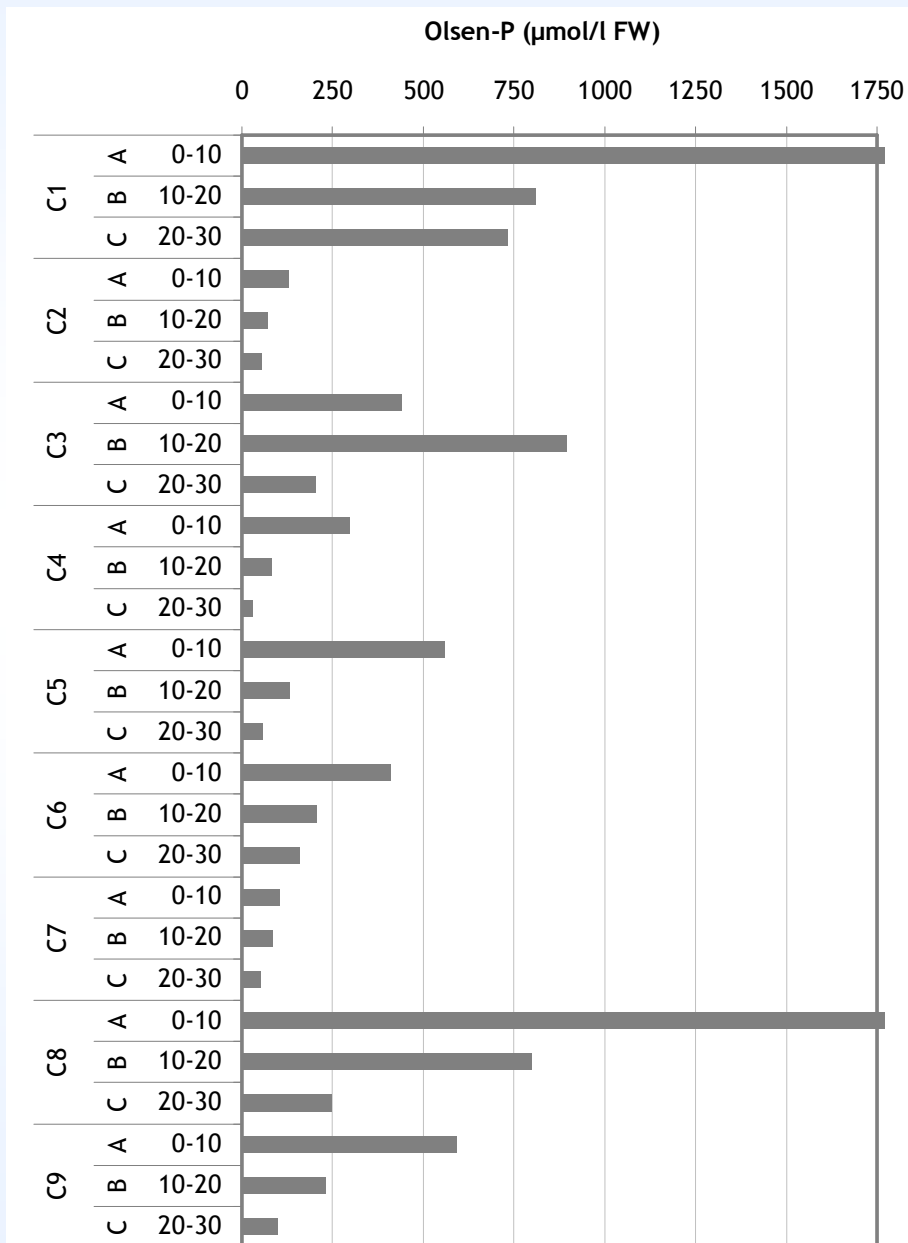
1. Afgegraven akker (DG7):

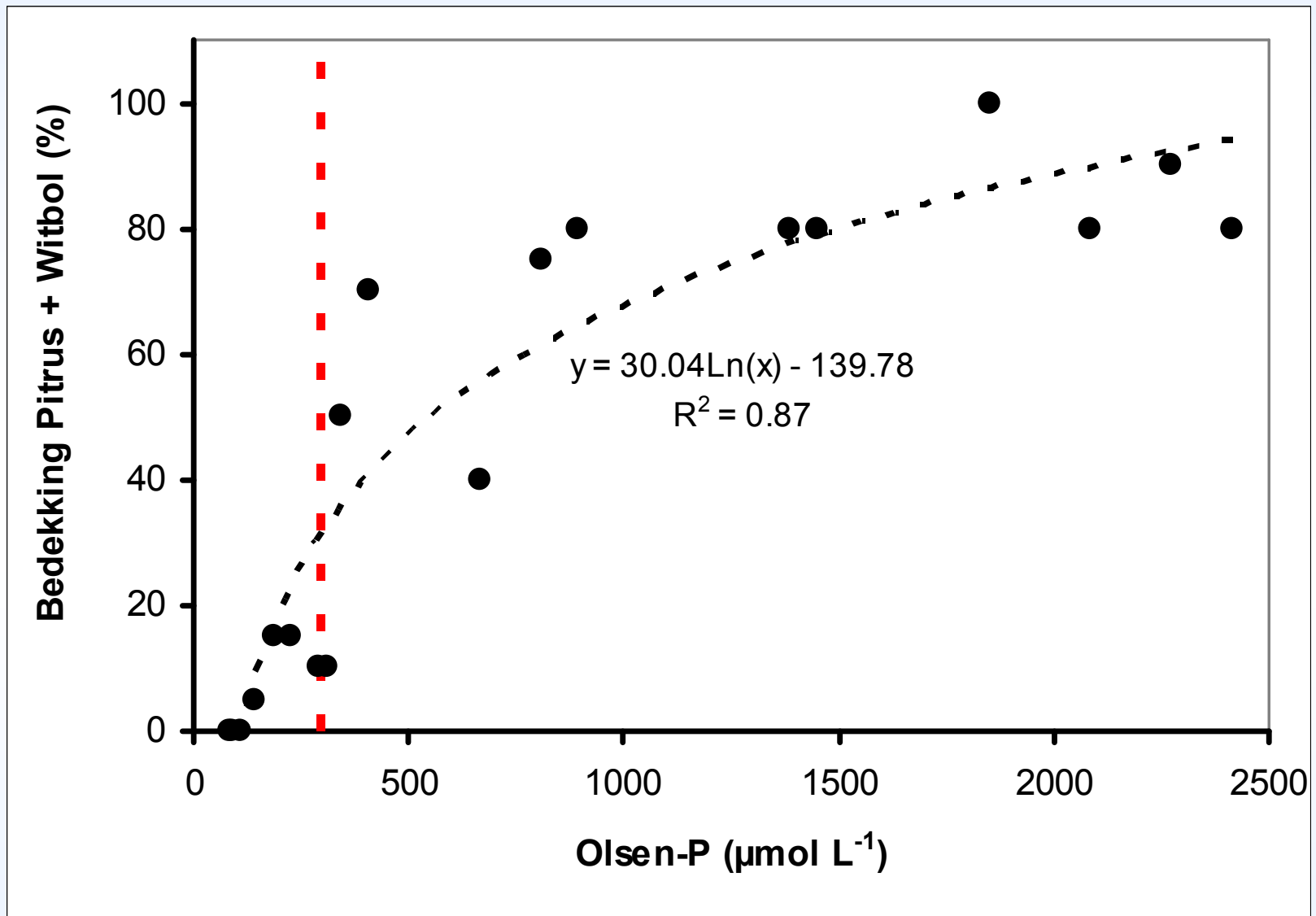


Nr	Omschrijving
C1	80% Pitrus (<i>Juncus effusus</i>)
C2	Schraal stuk: Moeraswolfsklauw (<i>Lycopodiella inundata</i>) en Zonnedauw (<i>Drosera spec</i>)
C3	40% Pitrus (<i>Juncus effusus</i>)
C4	10% Pitrus (<i>Juncus effusus</i>), 60% Gestreepte witbol (<i>Holcus lanatus</i>)
C5	10% Pitrus (<i>Juncus effusus</i>), 40% Gestreepte witbol (<i>Holcus lanatus</i>)
C6	Droge vlakte (pioniers)
C7	Rand van poel: Zonnedauw (<i>Drosera spec.</i>)
C8	80% Gestreepte witbol (<i>Holcus lanatus</i>)
C9	20% Gestreepte witbol (<i>Holcus lanatus</i>)



Fosfaatconcentraties in de diepte





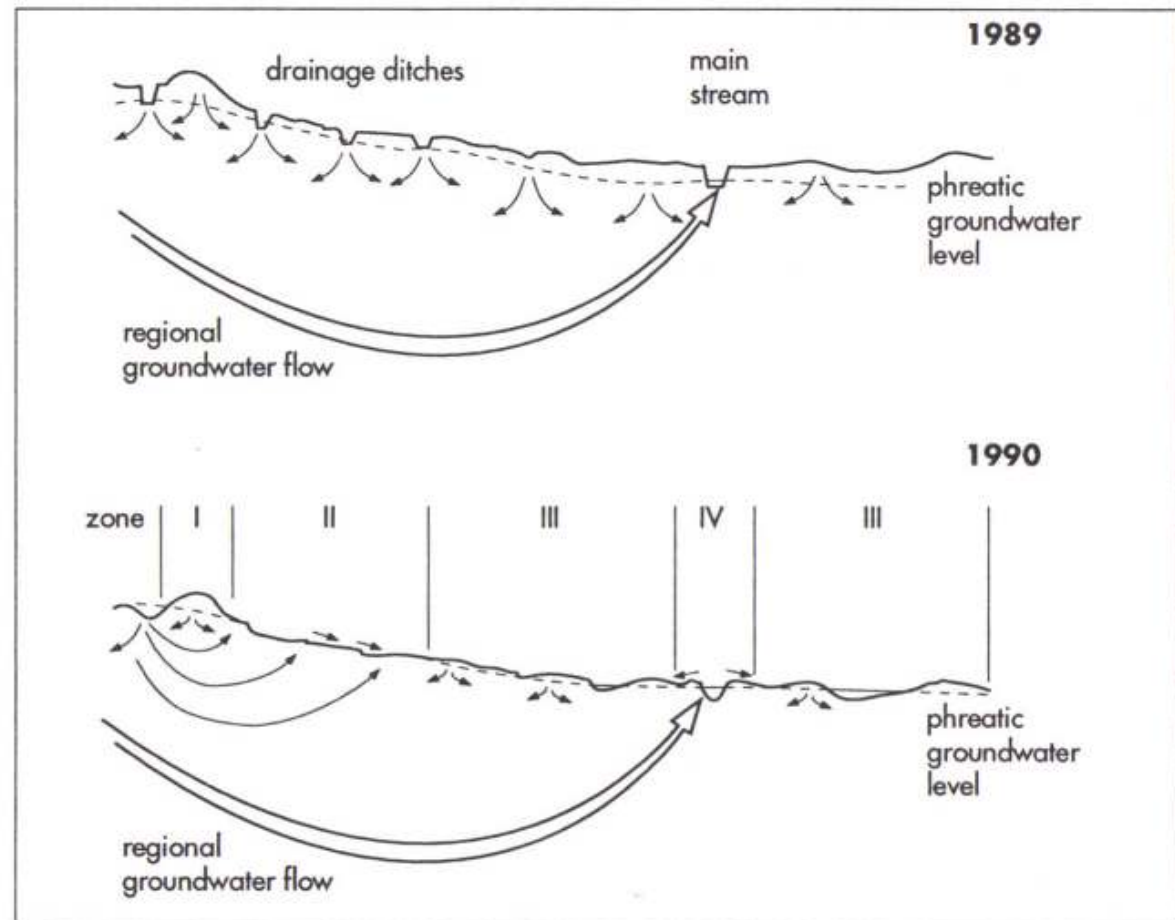
Gebieden veldbezoek vanmiddag 12-16 uur:



3. Retentiebekken (DG20): **deels goed ontw.**
2. Verbrande bos (DG1): **referentiegebied**
4. Rietland (DG17): **veenrot/-afbraak**
1. Afgegraven akker (DG 7): **deels goed ontw.**
5. Beekdalgrasland, Calthion (DG14):
nog niet optimaal ontwikkeld
6. Beekdalgrasland (DG10):
**verruigd, experiment uitgevoerd:
afgraven + bezanden + herintrod.**

2. Verbrande Bos DG 1

- 1989:
- bos gekapt (stronken + strooisellaag verwijderd)
 - ontwateringsloten gedempt
 - waterpeil in kwelsloot gestuwd (foto)
 - landbouwwater omgeleid

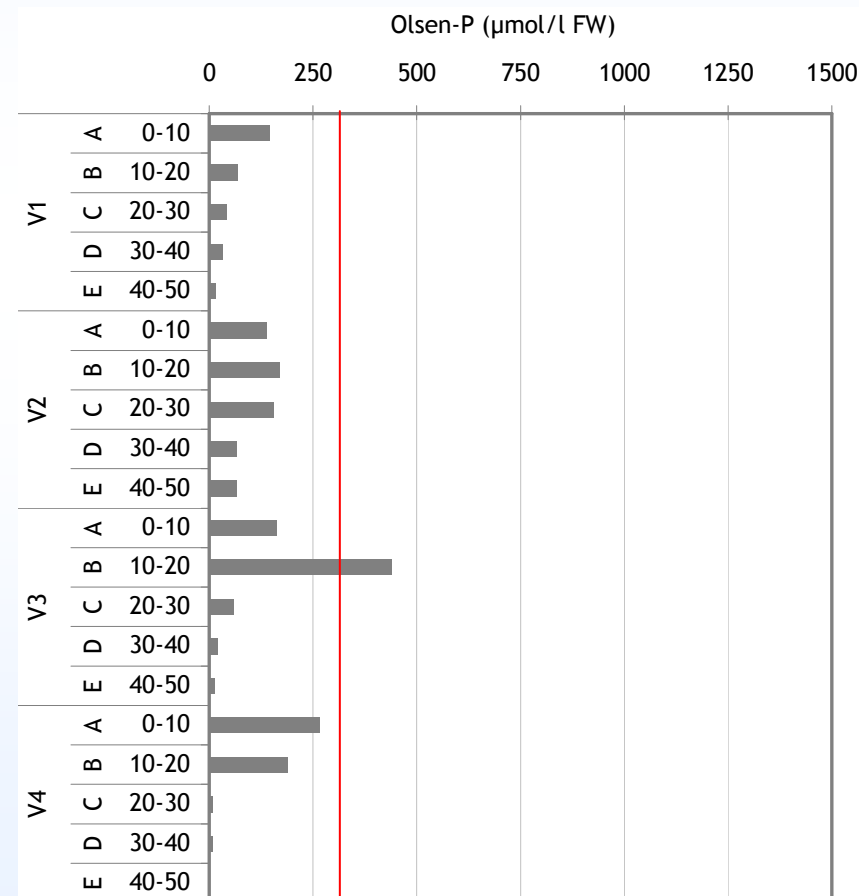




Lage fosfaatbeschikbaarheid toplaag → dophei, Moeraswolfsklauw, Beenbreek, Veenpluis etc

Knelpunt: lokaal lage basenverzadiging toplaag (35%)
→ kan leiden tot toename veenmosgroei

Mogelijke oplossing: bekalking



Gebieden veldbezoek vanmiddag 12-16 uur:



3. Retentiebekken (DG20): **deels goed ontw.**
2. Verbrande bos (DG1): **referentiegebied**
4. Rietland (DG17): **veenrot/-afbraak**
1. Afgegraven akker (DG 7): **deels goed ontw.**
5. Beekdalgrasland, Calthion (DG14):
nog niet optimaal ontwikkeld
6. Beekdalgrasland (DG10):
**verruigd, experiment uitgevoerd:
afgraven + bezanden + herintrod.**

3. Retentiebekken (DG20)

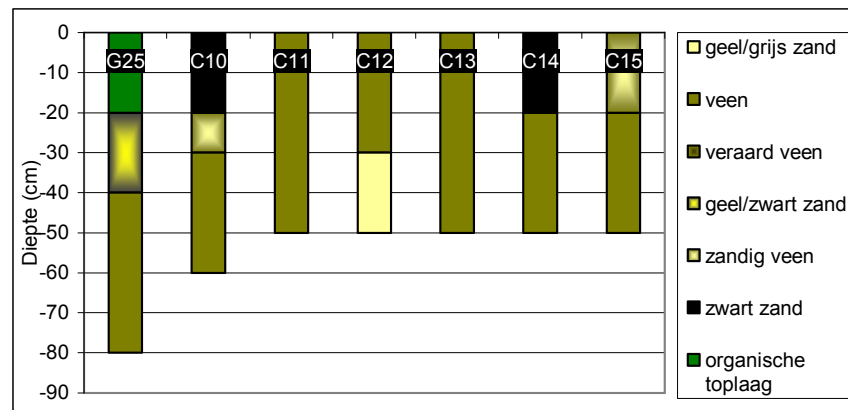


Retentiebekken met meanderende zijtak en twee poelen

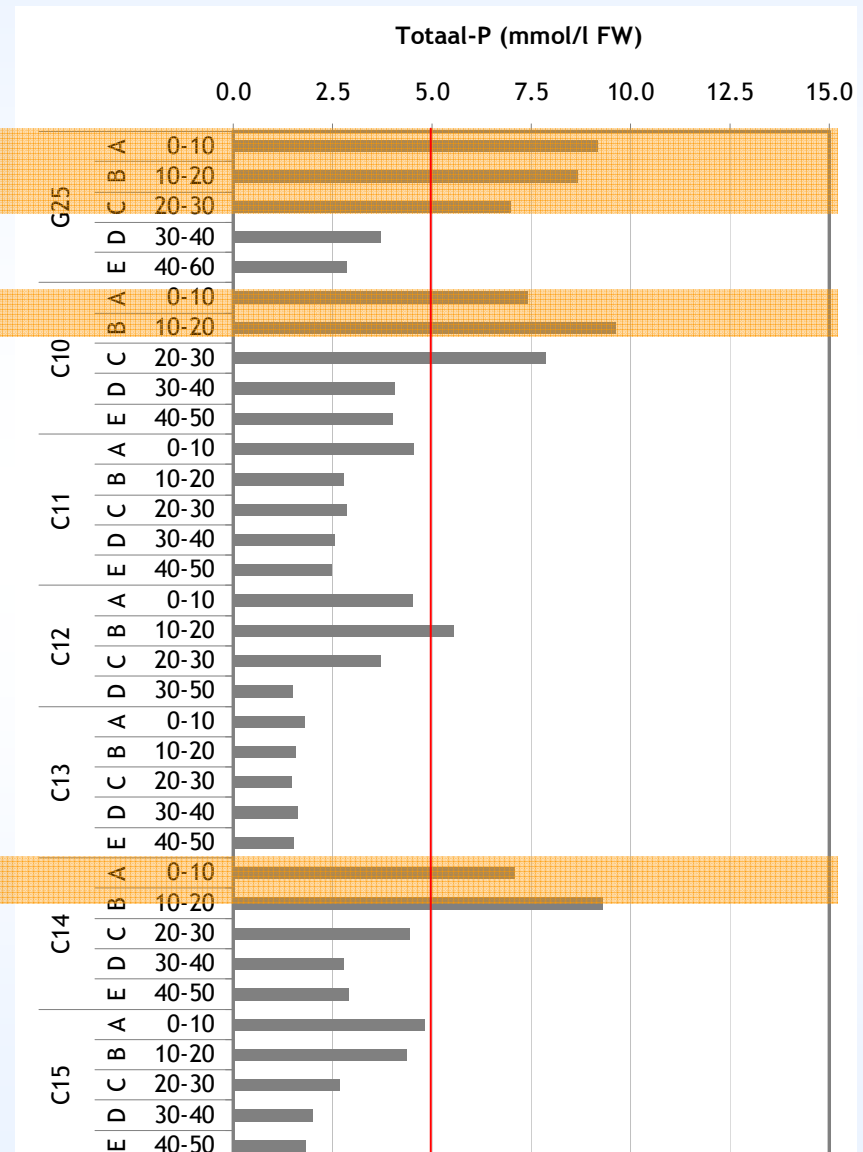
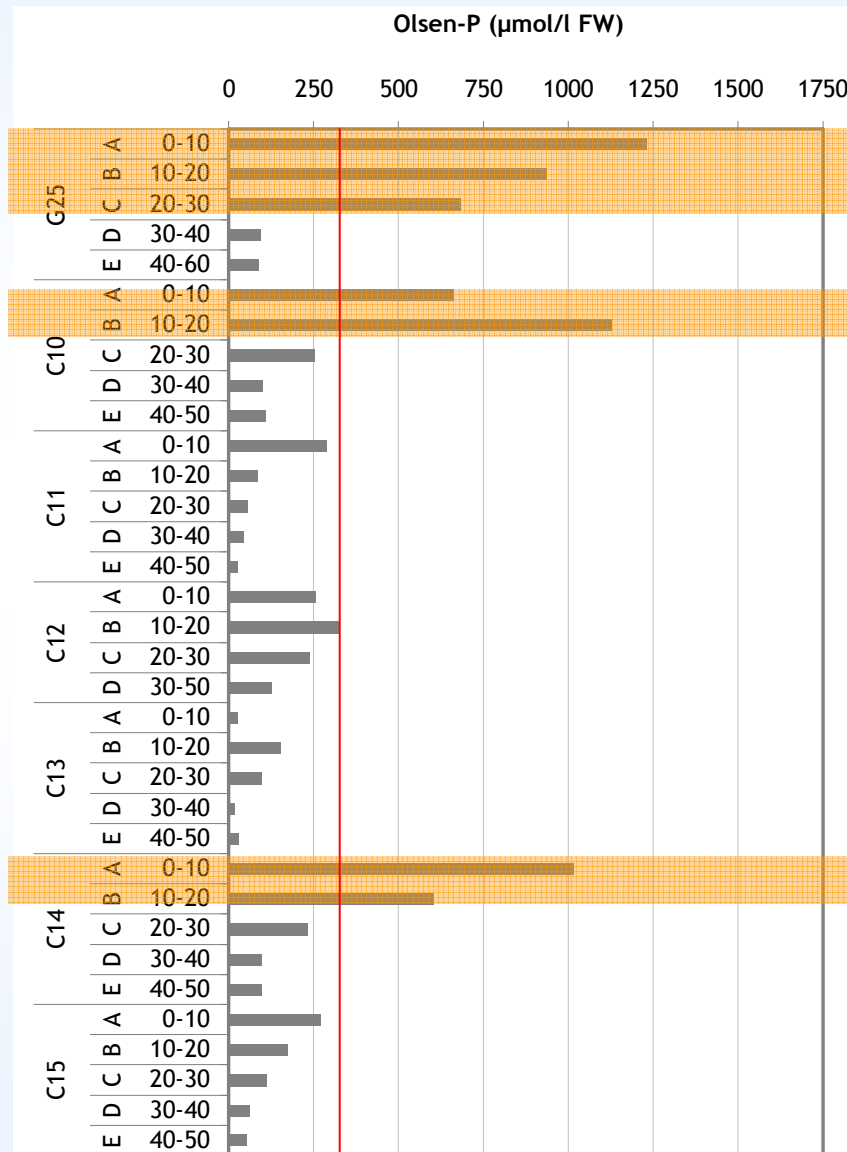
Bodemprofiel: lokaal 30-45 cm zand op veen (max 90 cm) of geel zand.

G25, C10 & C14: Pitrus & Gestreepte witbol (restant bouwvoor aanwezig) → fosfaatrijke toplaag

Overig: veenmossen + kleine zeggen → voedselarme toplaag



Fosfaatrijke toplaag van 20-30 cm op de drie verruigde locaties → afgraven



Gebieden veldbezoek vanmiddag 12-16 uur:



3. Retentiebekken (DG20): **deels goed ontw.**
2. Verbrande bos (DG1): **referentiegebied**
4. Rietland (DG17): **veenrot/-afbraak**
1. Afgegraven akker (DG 7): **deels goed ontw.**
5. Beekdalgrasland, Calthion (DG14):
nog niet optimaal ontwikkeld
6. Beekdalgrasland (DG10):
**verruigd, experiment uitgevoerd:
afgraven + bezanden + herintrod.**

4. Rietland (veenrot) (DG20)



REGENVANGERS

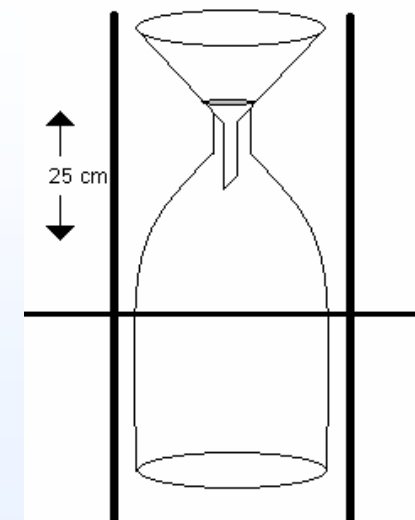


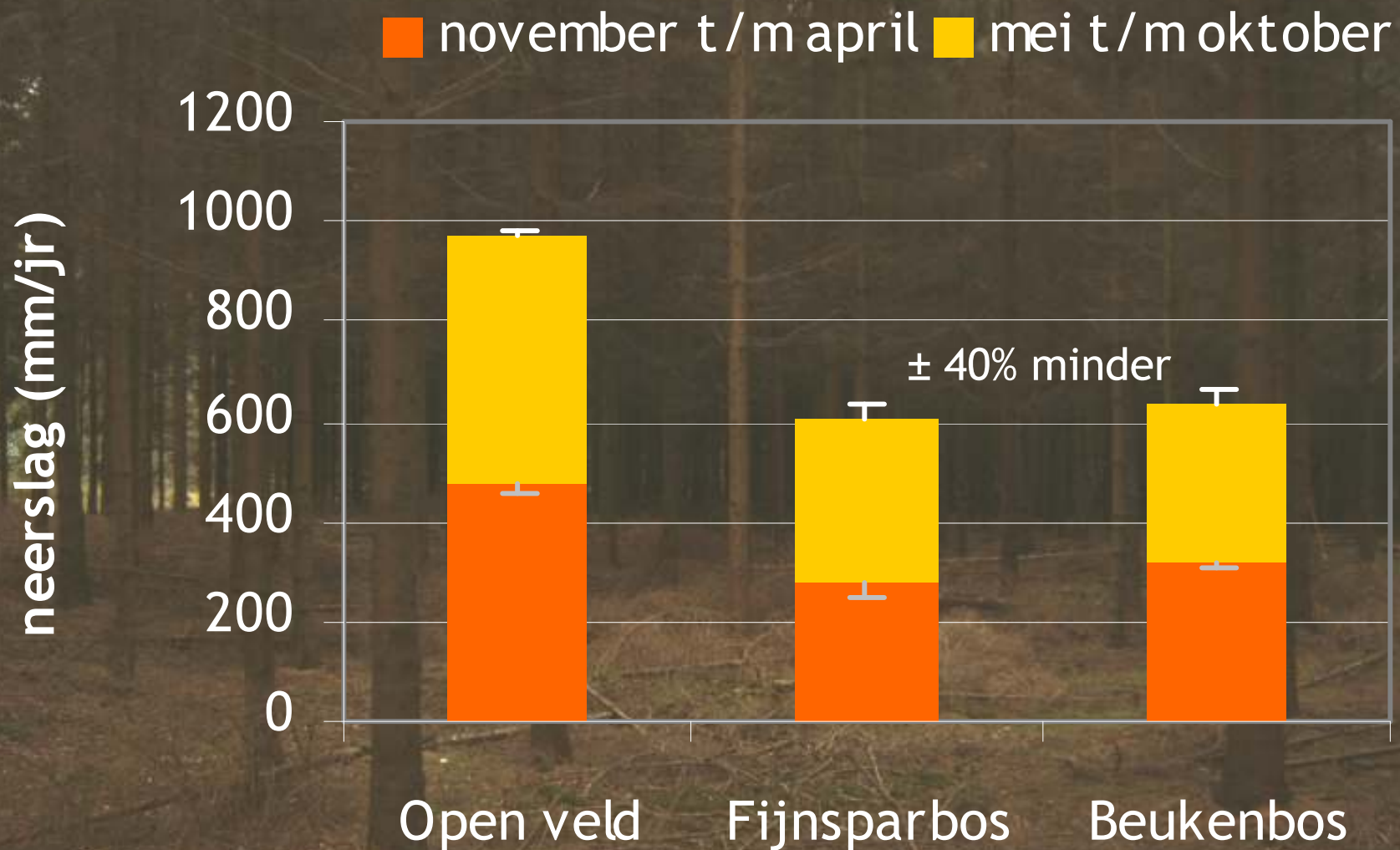
5 locaties:

- Open veld (heide)
- Loofbos (beuken)
- Naaldbos (fijnspar)

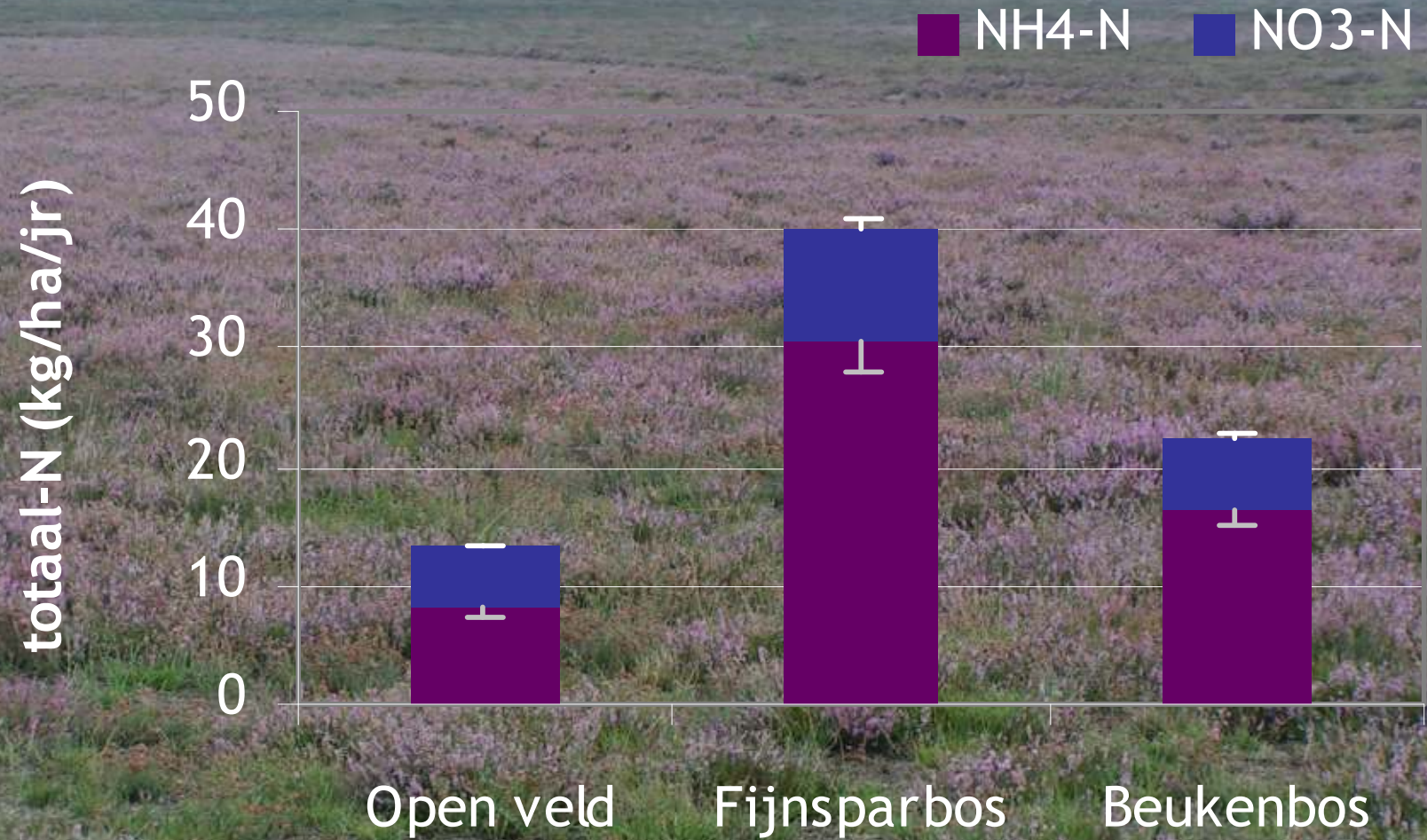
5 regenvangers per locatie

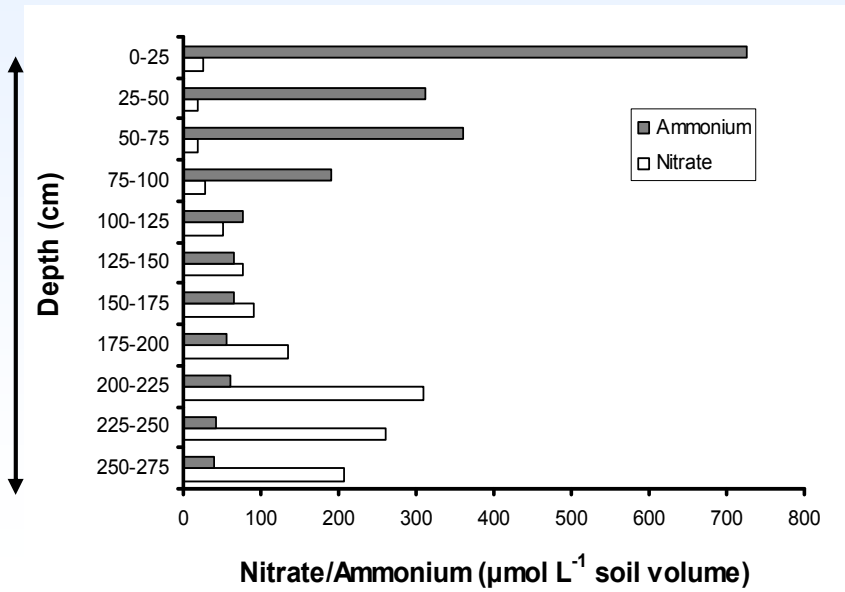
12x maandelijks meting





Extra stikstofinvang bossen (met name naaldbos)
Vooral NH4-N: bron = landbouw





Rietland



Veen

pH 4,2; 2,9 µmol L⁻¹ NH₄⁺; 340 µmol L⁻¹ NO₃⁻

N depositie

290 mmol m⁻² y⁻¹

← NH_x

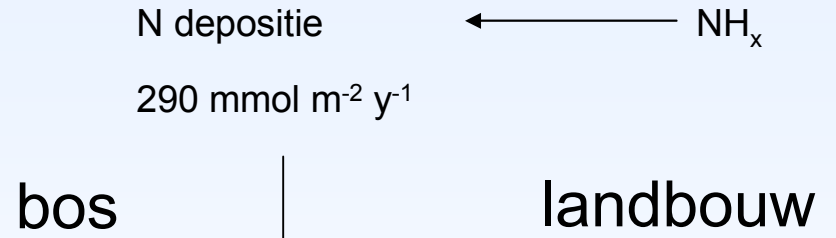
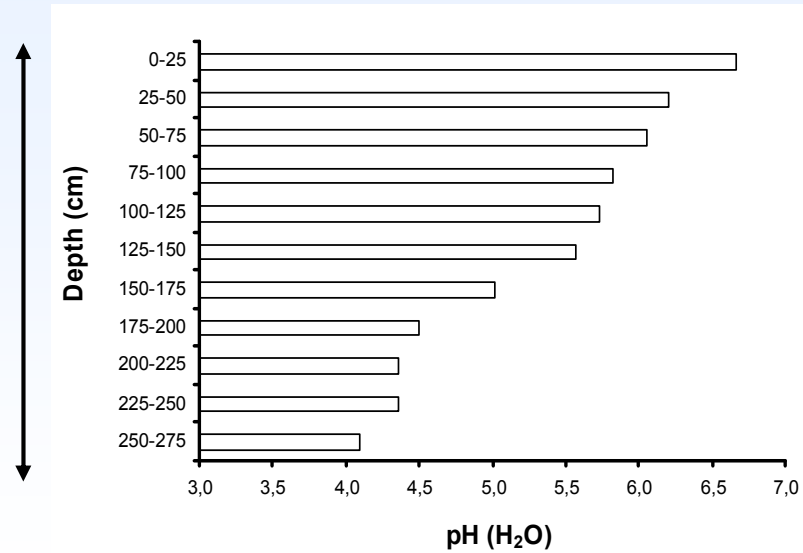
bos

landbouw



pH 4,3; 2,5 µmol L⁻¹ NH₄⁺; 550 µmol L⁻¹ NO₃⁻

Grondwaterstroming



pH 4,3; 2,5 μmol L⁻¹ NH₄⁺; 550 μmol L⁻¹ NO₃⁻

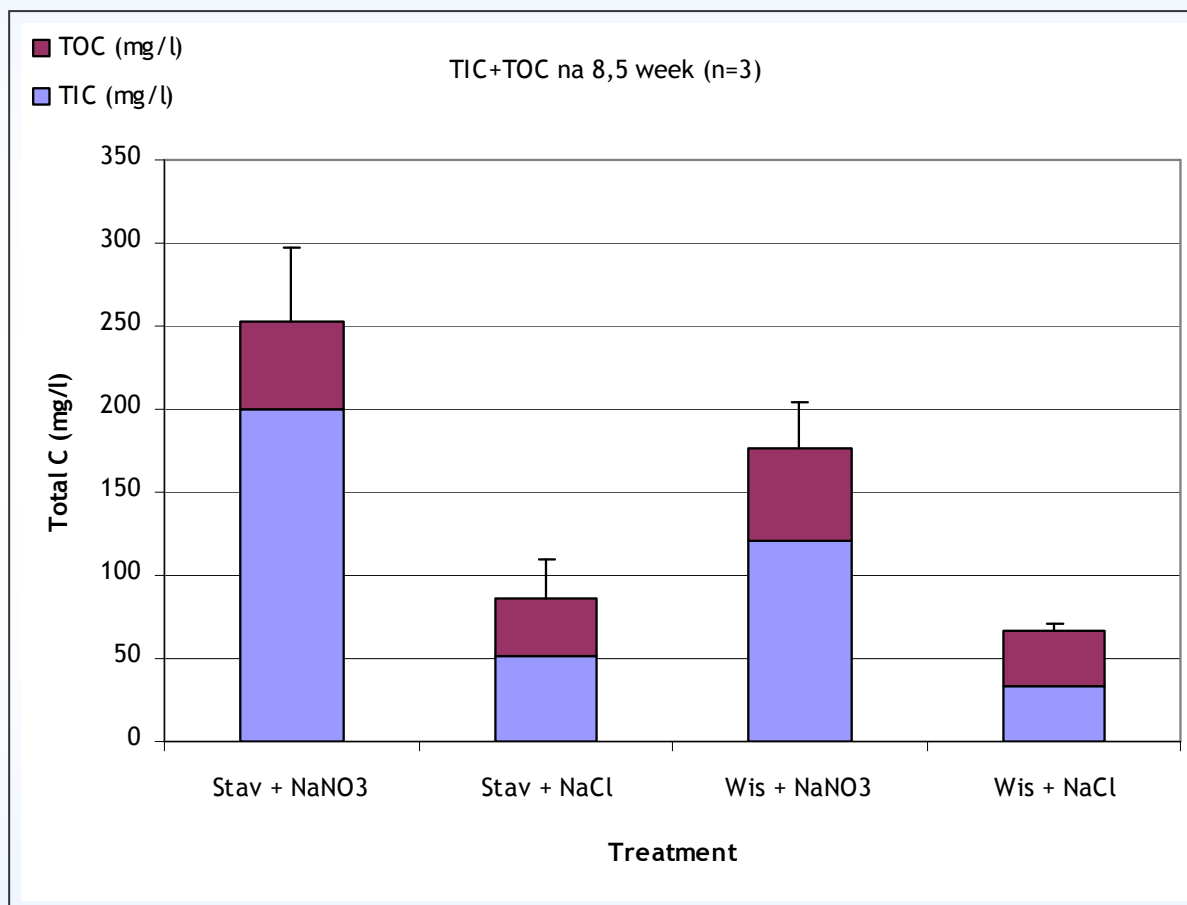
Grondwaterstroming

Rietland

Veen

pH 4,2; 2,9 μmol L⁻¹ NH₄⁺; 340 μmol L⁻¹ NO₃⁻

- Bodems uit beekdal Staverden & Wisselse Veen
- Toevoeging nitraat: 2000 $\mu\text{mol/l}$
- Bodemvochtanalyse na 8,5 week



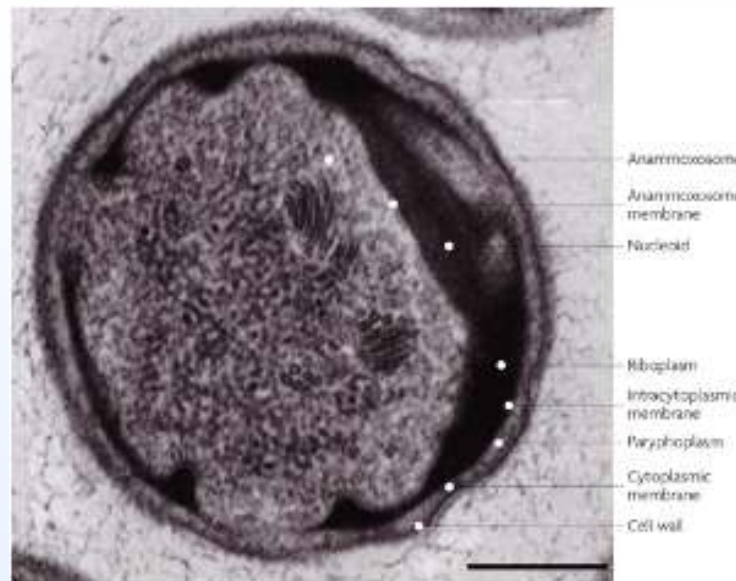
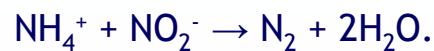
Nitraat leidt tot een versnelde veenafbraak!

Anammox is een [acroniem](#) voor ANaerobe AMMonium OXidatie. Het is de naam voor een in [Delft](#) ontwikkelde technologie voor stikstofverwijdering uit afvalwater.

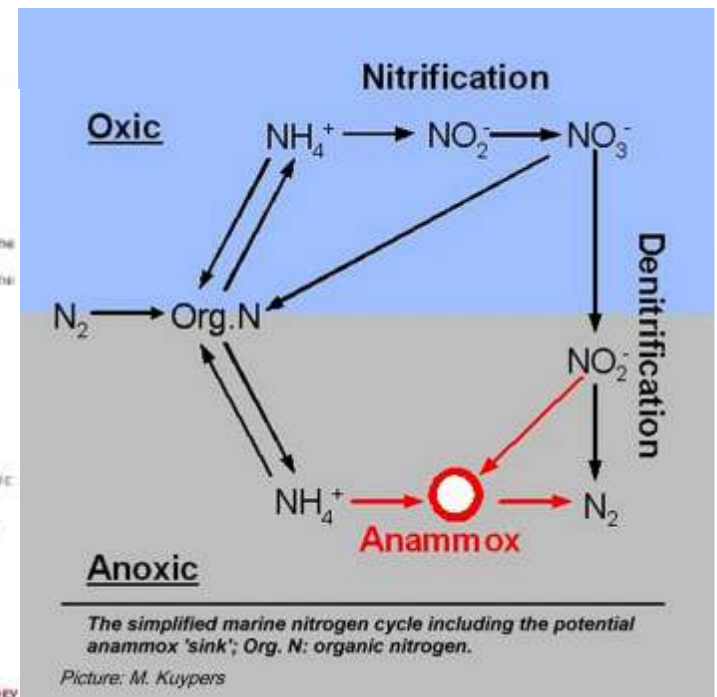
Het anammoxproces is een [bacteriëel](#) proces. De bacteriën kunnen van nut zijn bij de [zuivering van afvalwater](#). Ze verwijderen [nitriet](#) en [ammonium](#) uit afvalwater door omzetting in [stikstofgas](#).

Lange tijd werd gedacht dat het alleen mogelijk was ammonium te oxideren onder [aërobe](#) omstandigheden. In 1977 werd echter door de Oostenrijkse chemicus [Engelbert Broda](#) voorspeld dat er een proces zou kunnen bestaan waarbij ammonium werd geoxideerd zonder aanwezigheid van zuurstof. Veel microbiologen geloofden echter niet dat dit proces bestond omdat het proces of de betreffende bacterie in de natuur nog niet was waargenomen. In 1986 werd echter in een anaerobe reactor in de afvalwaterzuivering van “Gist Brocades” (nu DSM) in Delft een afname van ammonium waargenomen in combinatie met een toename van stikstofgas.

De bacterie verantwoordelijk voor de ammoniumoxidatie bleek nitriet als elektronacceptor te gebruiken volgens de volgende reactie:



Nature Reviews | Microbiology



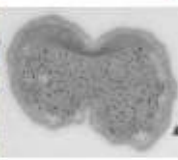


**Discovery of impossible microbes
in CH₄ and N cycles
DARWIN DAYS
Veldhoven April 21th 2010**



Darwin Center for Biogeology

Mike Jetten





Anammox in wetlands

Staverden sampling site
Aquatic Ecology / B-ware

Number	Depth (cm)	pH	Nitrate (µmol/l)	Anammox (µmol/l)
Stav1	0.1	6.0	12.9	37
Stav2	2	5.6	330	2.5
Stav3	1	5.6	1.6	8.1
Stav4	2	6.8	603	43.4
Stav5	1	6.8	603	43.4



Anammox in wetlands



Start reactor with sediment slurry and source water



Anammox in wetlands



Fluorescence in situ hybridization
with oligonucleotide AMX368



Conclusions anammox



- Diagnostic anammox markers available
- Anammox important in marine N cycle
- Wetland anammox bacteria can be enriched with natural source water





nature

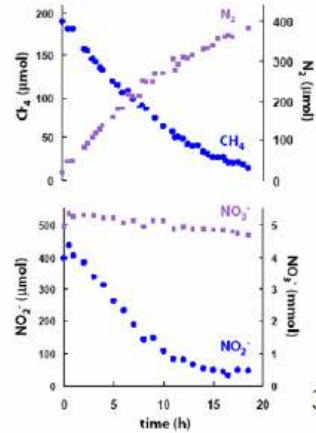
Vol 490 | 2 April 2013 | doi:10.1038/nature12417

LETTERS

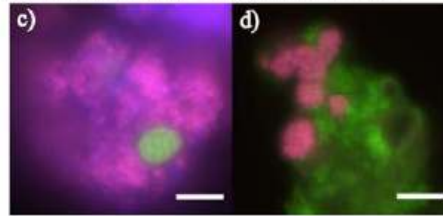


A microbial consortium couples anaerobic methane oxidation to denitrification

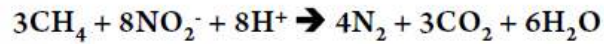
Ashna A. Baghoerasingh¹, Arjan Pol¹, Katinka T. van de Pas-Schoonen¹, Alfons J. P. Smolders², Katharina F. Ettwig², W. Irene C. Rijpstra², Stefan Schouten², Jaap S. Sinninghe Damsté², Huub J. M. Op den Camp², Mike S. M. Jetten¹ & Marc Strous¹



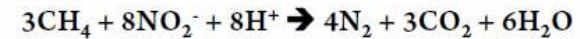
anaerobic microbial methane oxidation, nitrite oxidation, acetate uptake, nitrification, methane for nitrite



Archaea (arch915) Archaea
 DAMO (damo1435) Bacteria
 Bacteria (eub338Mix)



sampling sites nitrite dependent
anaerobic methane oxidation



Twentekanaal



Ooijpolder



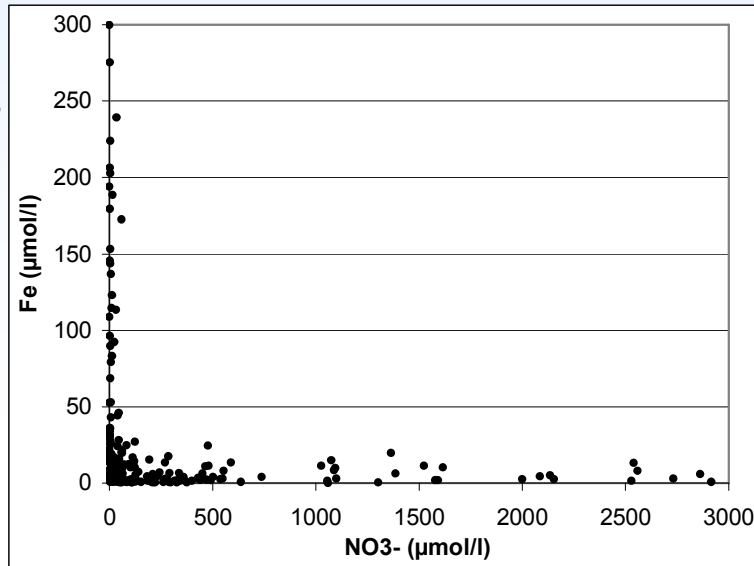
Brunsummerheide

Characteristics:

- HIGH NO₃⁻ due to agricultural run-off /ground water
- HIGH CH₄ production in the sediment

Nitraatuitspoeling uit landbouw & (naald)bossen → nitraatrijk grondwater. Gevolgen:

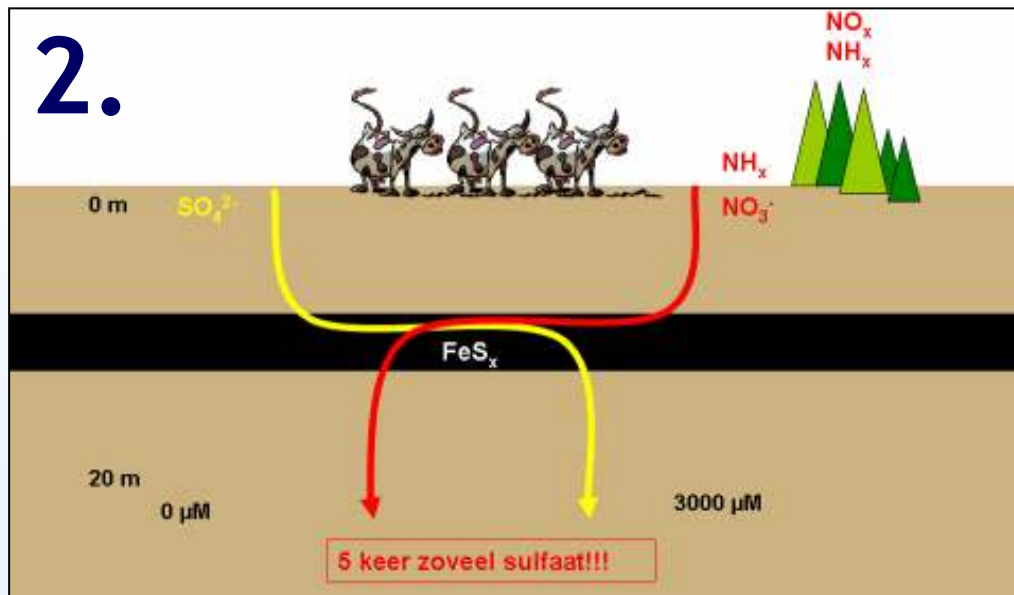
1.



$\text{NO}_3 \rightarrow$ ijzeroxidatie

IJzerarm grondwater

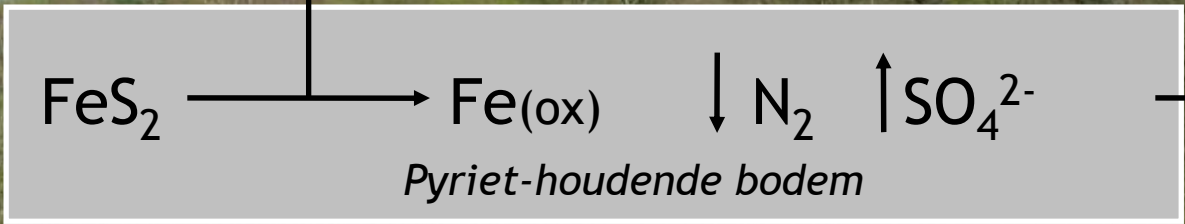
2.



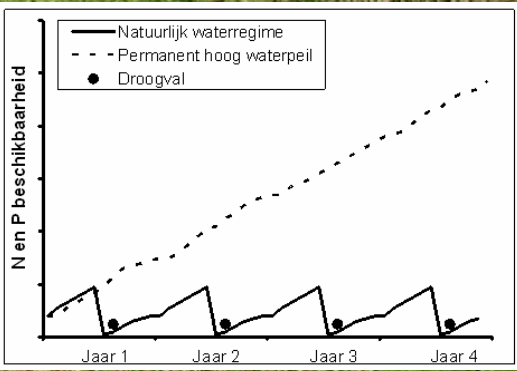
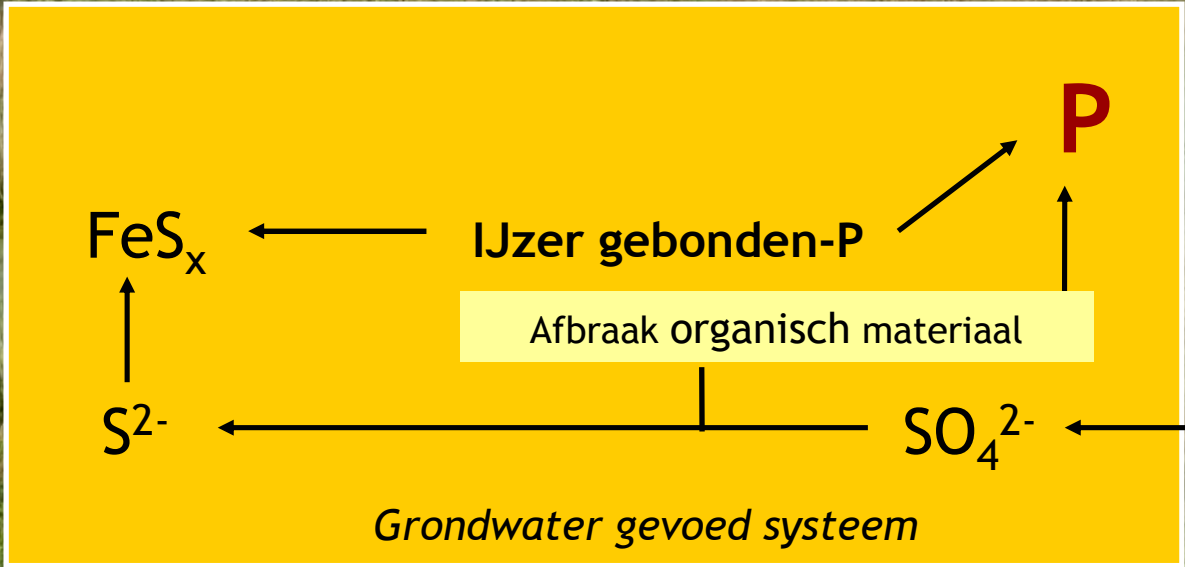
$\text{NO}_3 \rightarrow$ pyrietoxidatie

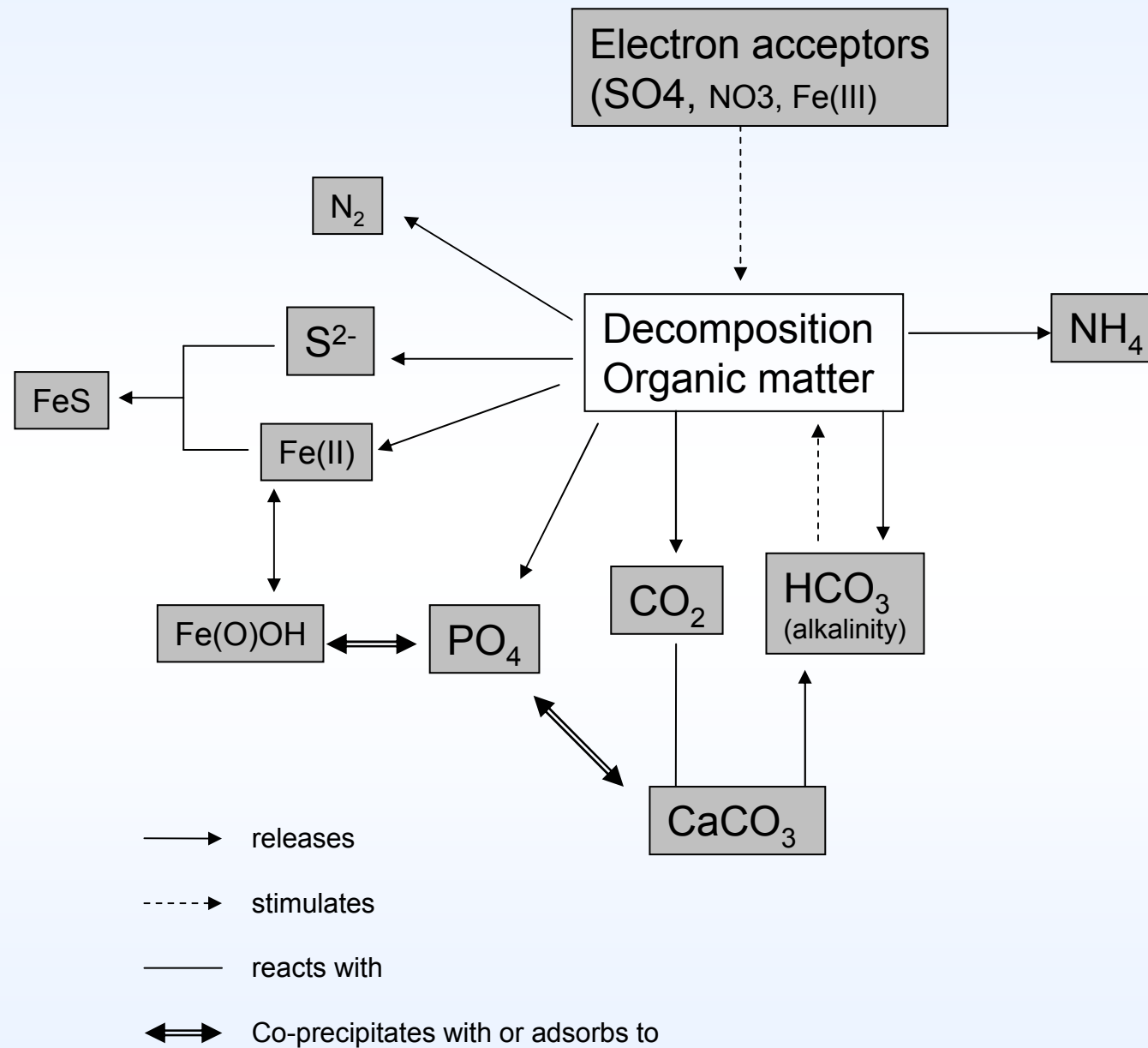
Sulfaatrijk grondwater

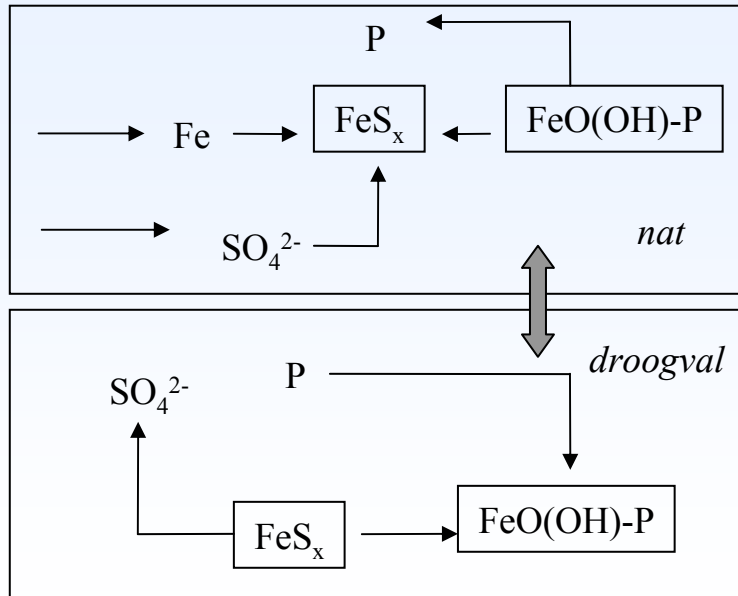
Bemesting



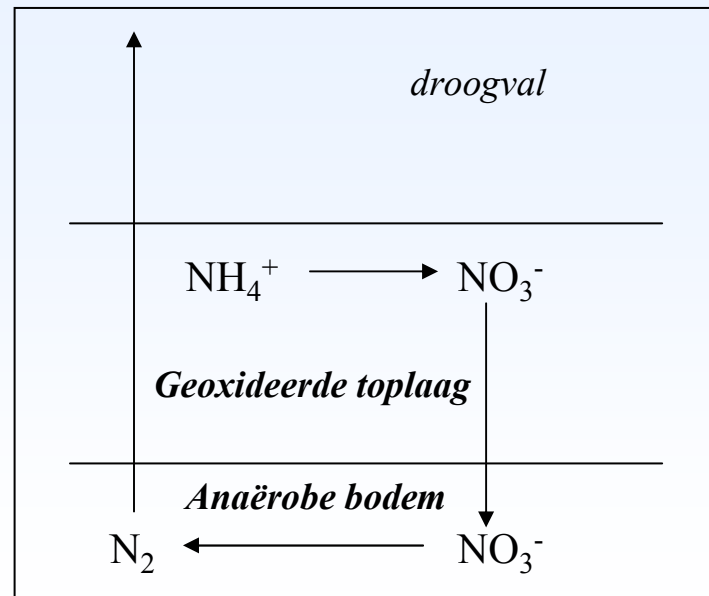
SO_4^{2-}
Grondwater





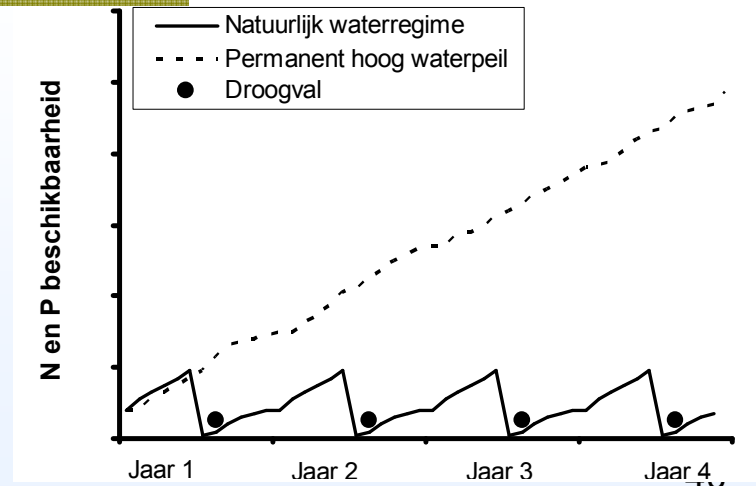


A



B

Natuurlijk peilbeheer belangrijk om interne eutrofiering en dus verzuuring in natte systemen te voorkomen!

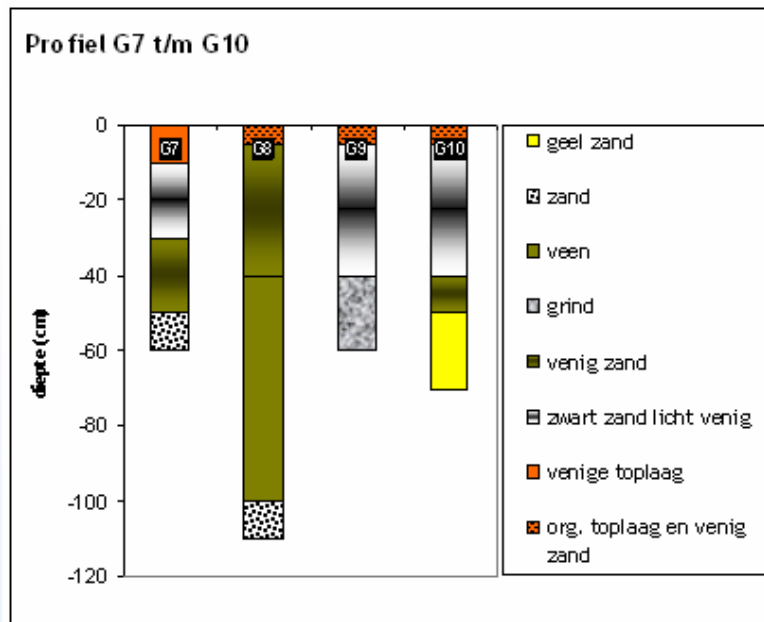
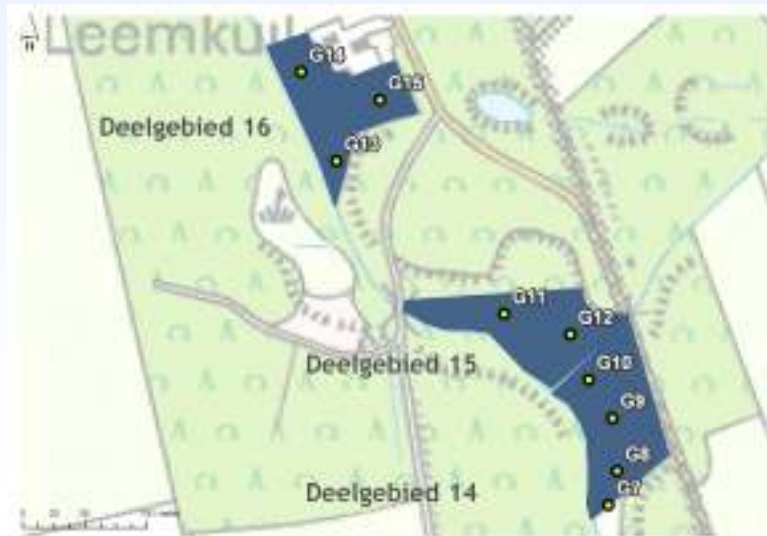


Gebieden veldbezoek vanmiddag 12-16 uur:



3. Retentiebekken (DG20): **deels goed ontw.**
2. Verbrande bos (DG1): **referentiegebied**
4. Rietland (DG17): **veenrot/-afbraak**
1. Afgegraven akker (DG 7): **deels goed ontw.**
5. Beekdalgrasland, Calthion (DG14):
nog niet optimaal ontwikkeld
6. Beekdalgrasland (DG10):
**verruigd, experiment uitgevoerd:
afgraven + bezanden + herintrod.**

5. Beekdalgrasland (DG14)



Bodemprofiel: lokaal 30-45 cm zand op veen (max 90 cm) of geel zand.

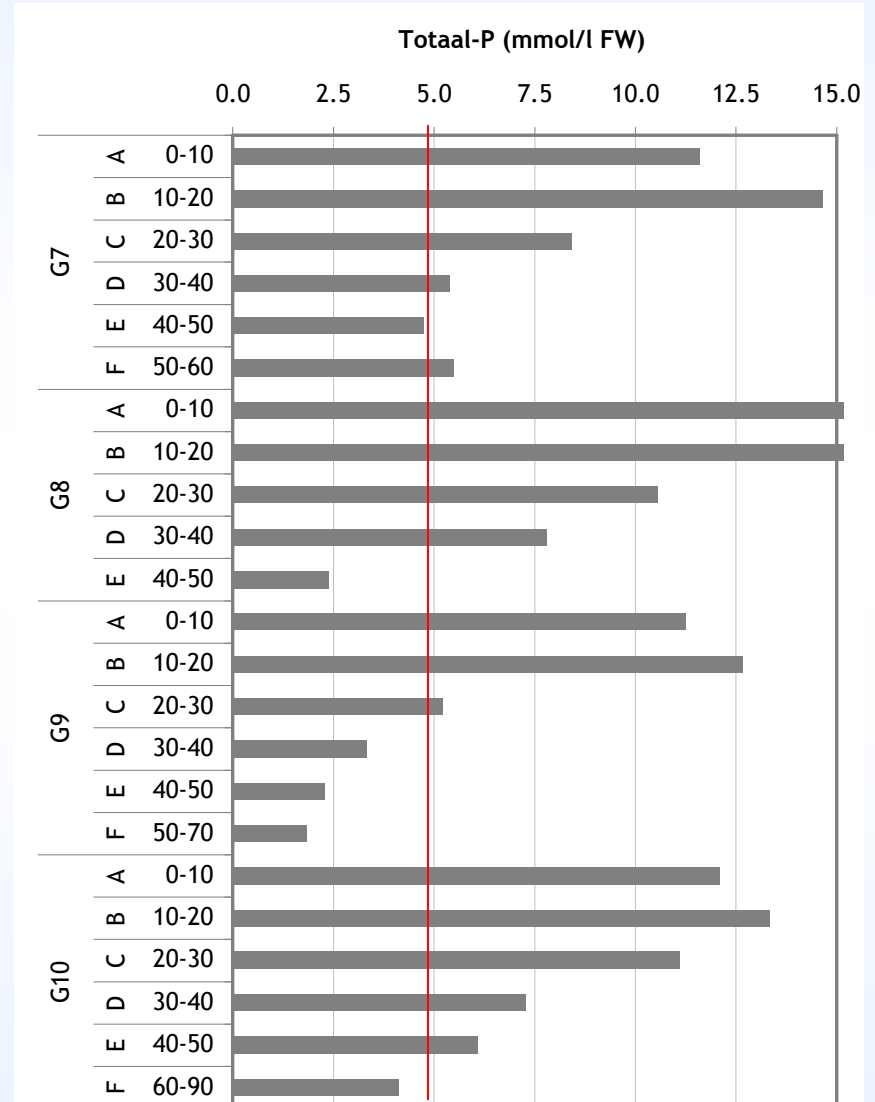
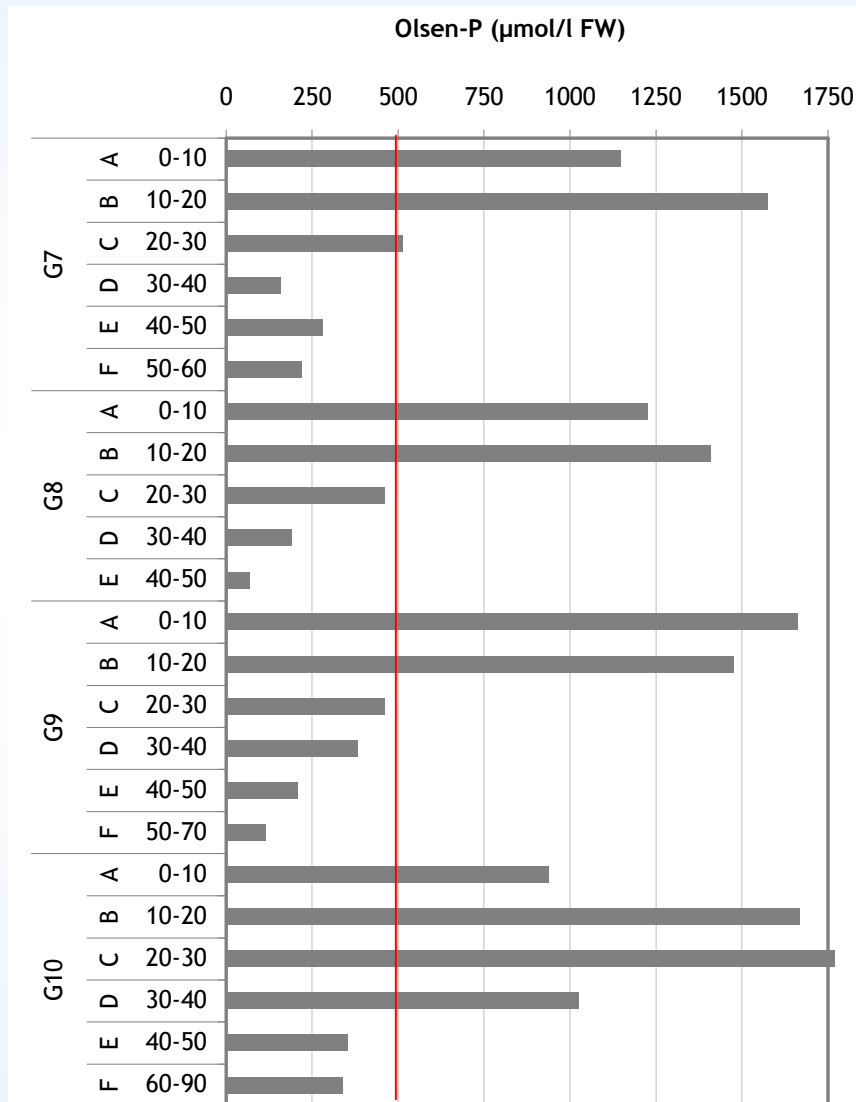
Vegetatieontwikkeling richting *Calthion* a.g.v. Verschrallingsbeheer

Gebufferd, Ca- & Fe-rijk grondwater

Stijghoogte grondwater 3-10 cm boven Maaiveld in natte periode

Bovenste 20 cm te rijk aan fosfaat

Fosfaatfront: ongeveer 20 cm (500-800 $\mu\text{mol/l}$ FW is ok voor calthion)



Advies: 1) afgraven lijkt onder de huidige hydrologische omstandigheden niet mogelijk op grote schaal (optie: afgraven en bezanden)

2) huidige verschravingsbeheer voortzetten → binnen 10 jaar wordt verbetering van vegetatie verwacht. Optie: gezoned eerder maaien (juni in plaats van september)

3) op ruigere locaties afgraven

a) vegetatiezoden verwijderen en maaisel aanbrengen + bekalken)

b) 20 cm fosfaatverrijkte toplaag verwijderen en maaisel aanbrengen + bekalken

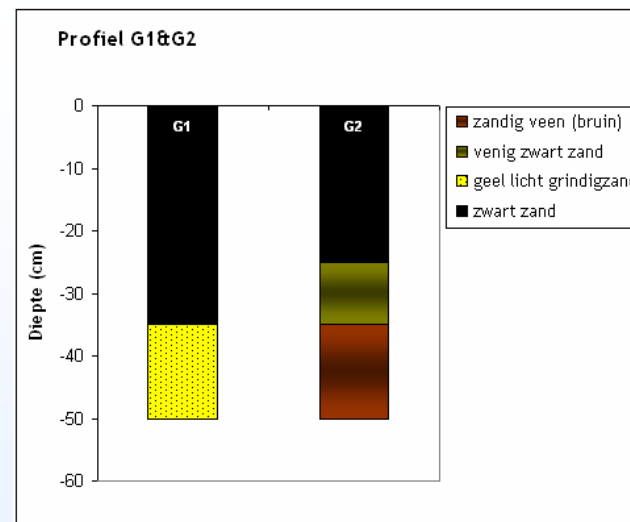
NB: Waterafvoer en droogval van de toplaag in de zomermaanden moet mogelijk zijn

Gebieden veldbezoek vanmiddag 12-16 uur:



3. Retentiebekken (DG20): **deels goed ontw.**
2. Verbrande bos (DG1): **referentiegebied**
4. Rietland (DG17): **veenrot/-afbraak**
1. Afgegraven akker (DG 7): **deels goed ontw.**
5. Beekdalgrasland, Calthion (DG14):
nog niet optimaal ontwikkeld
6. Beekdalgrasland (DG10):
**verruigd, experiment uitgevoerd:
afgraven + bezanden + herintrod.**

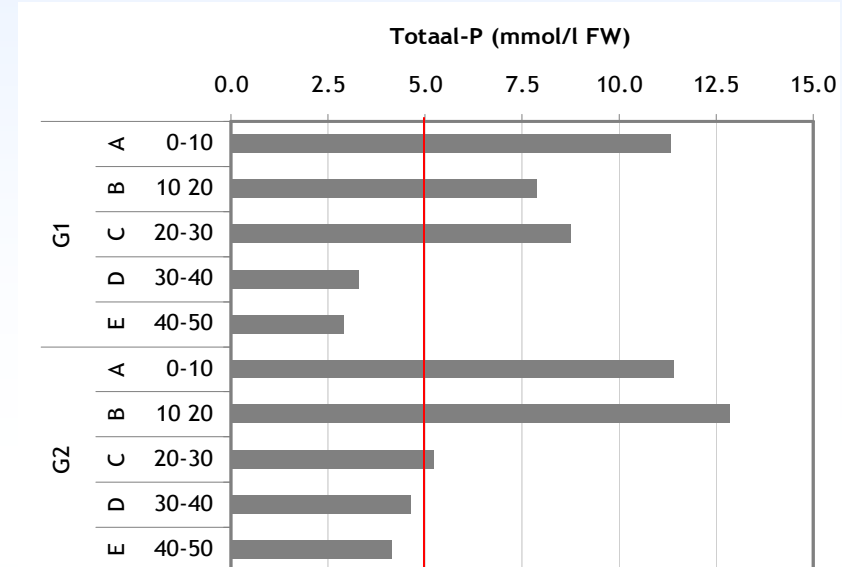
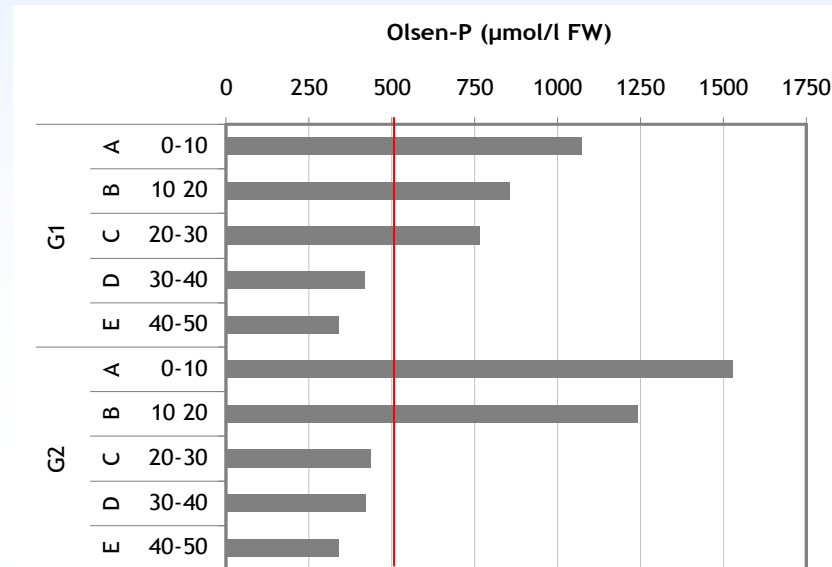
6. Beekdalgrasland (DG10)



Bodemprofiel: 30-35 cm zwart op veen (max 70 cm) of geel zand

Doel: voedselarme soortenrijk gradienten: nat tot vochtig en zandig tot weinig

Fosfaatfront: ongeveer 20-30 cm

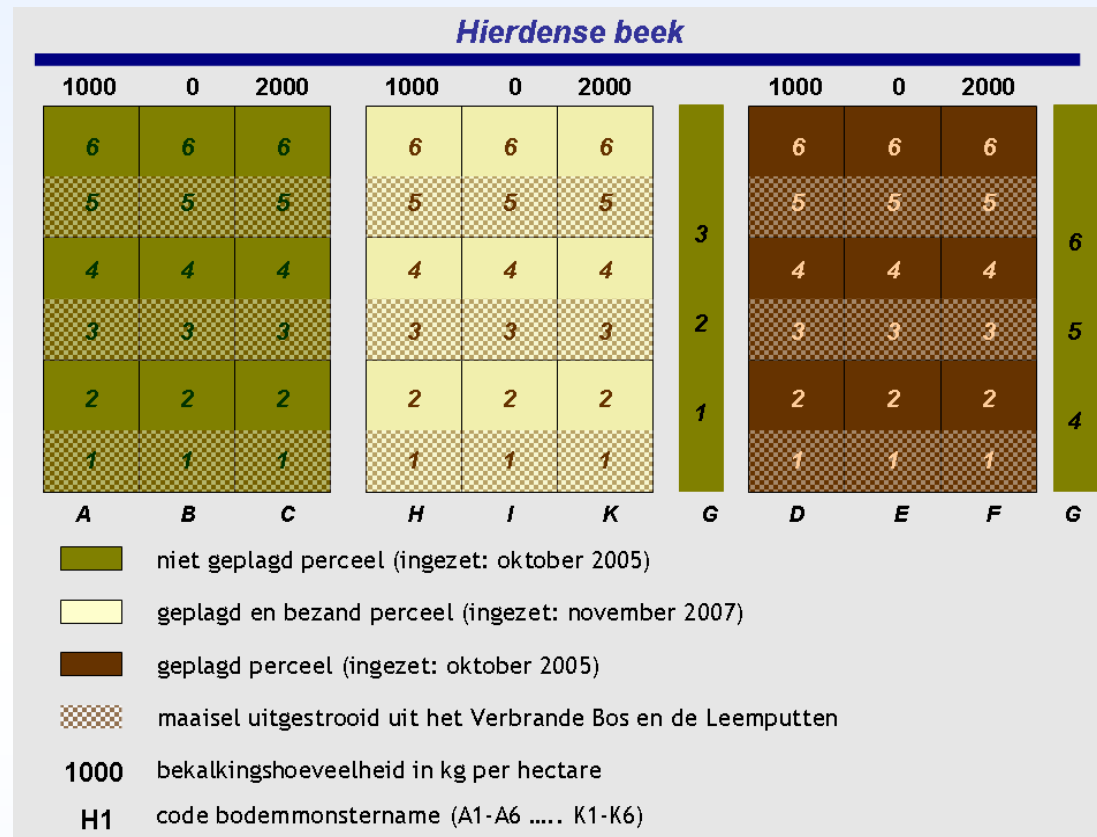


- Advies:
- 1) noordelijke zone: 30-40 cm afgraven + 20 cm zand opbrengen
lokaal 30 cm afgraven tot op veenlaag + maaisel opbrengen
 - 2) centrale zone: 40 cm afgraven + 20 cm zand opbrengen
maaisel opbrengen
 - 3) zuidelijke (meest schrale) zone: greppels open maken
 - a) verder niets doen → hoogveenontwikkeling
 - b) afgraven vegetatiezoden + maaisel introduceren + bekalken (1000 kg/ha) → nat schraalland
zone met moerasviool ontzien

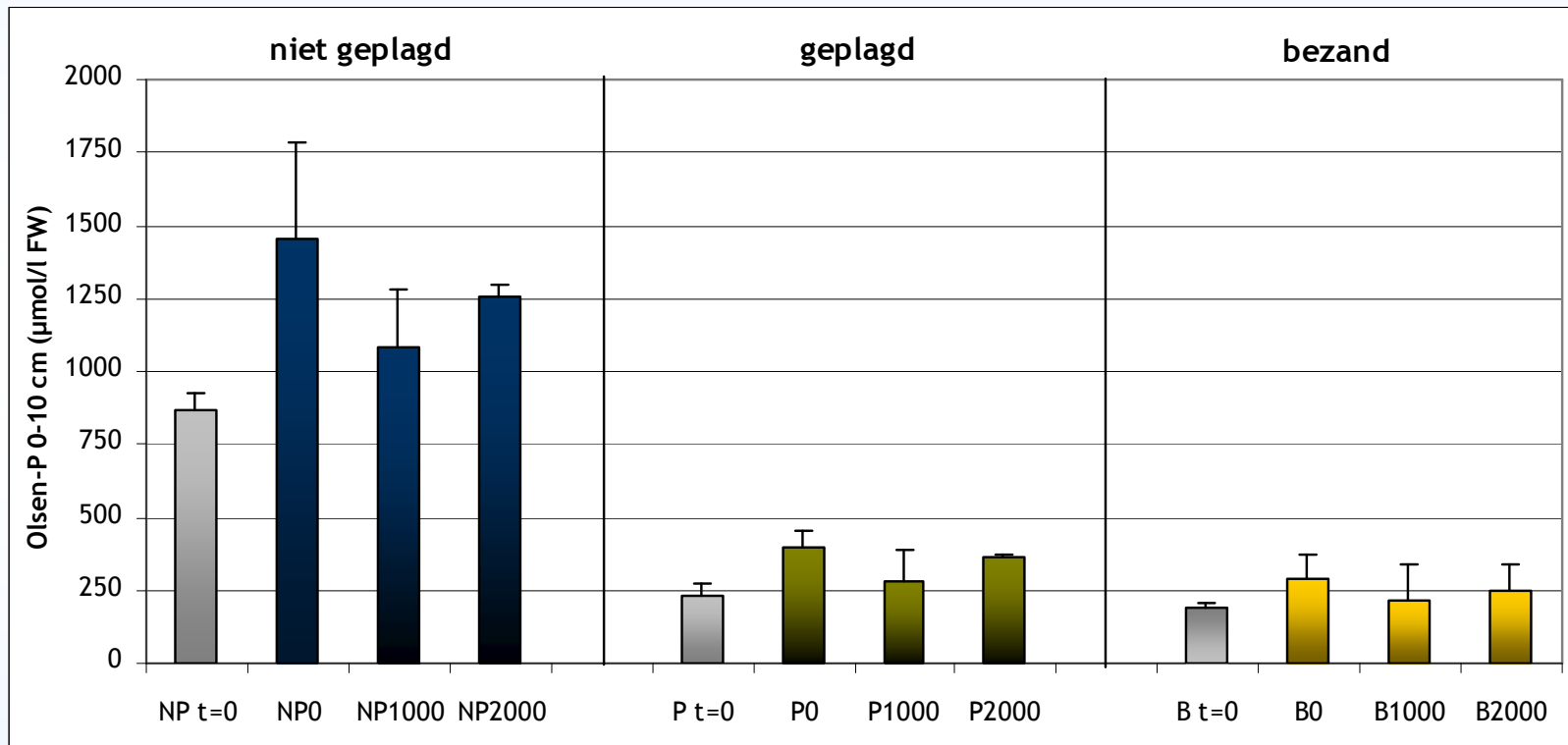
A: VELDEXPERIMENT



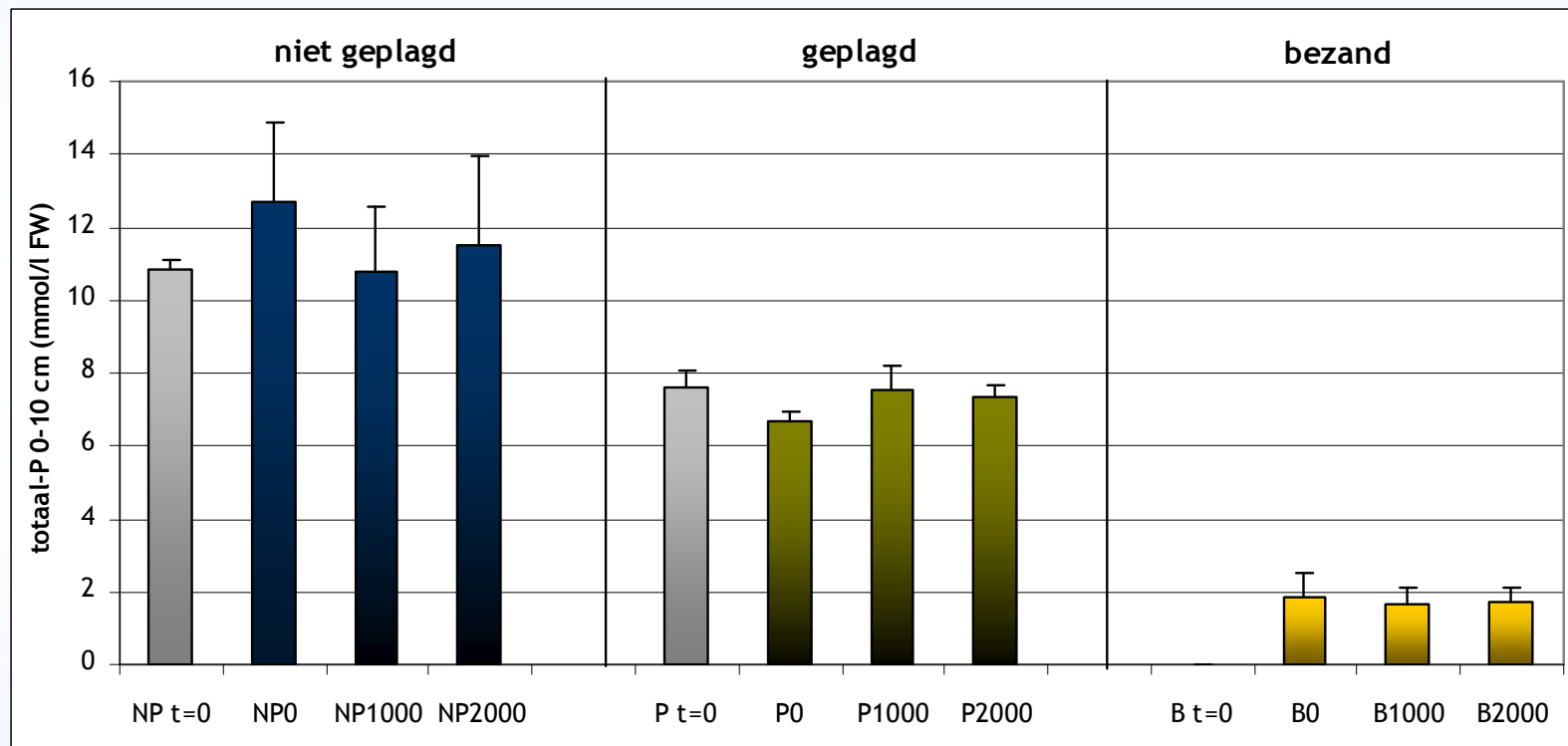
2005: Veldexperiment ingezet voor testen mogelijke herstelmaatregelen



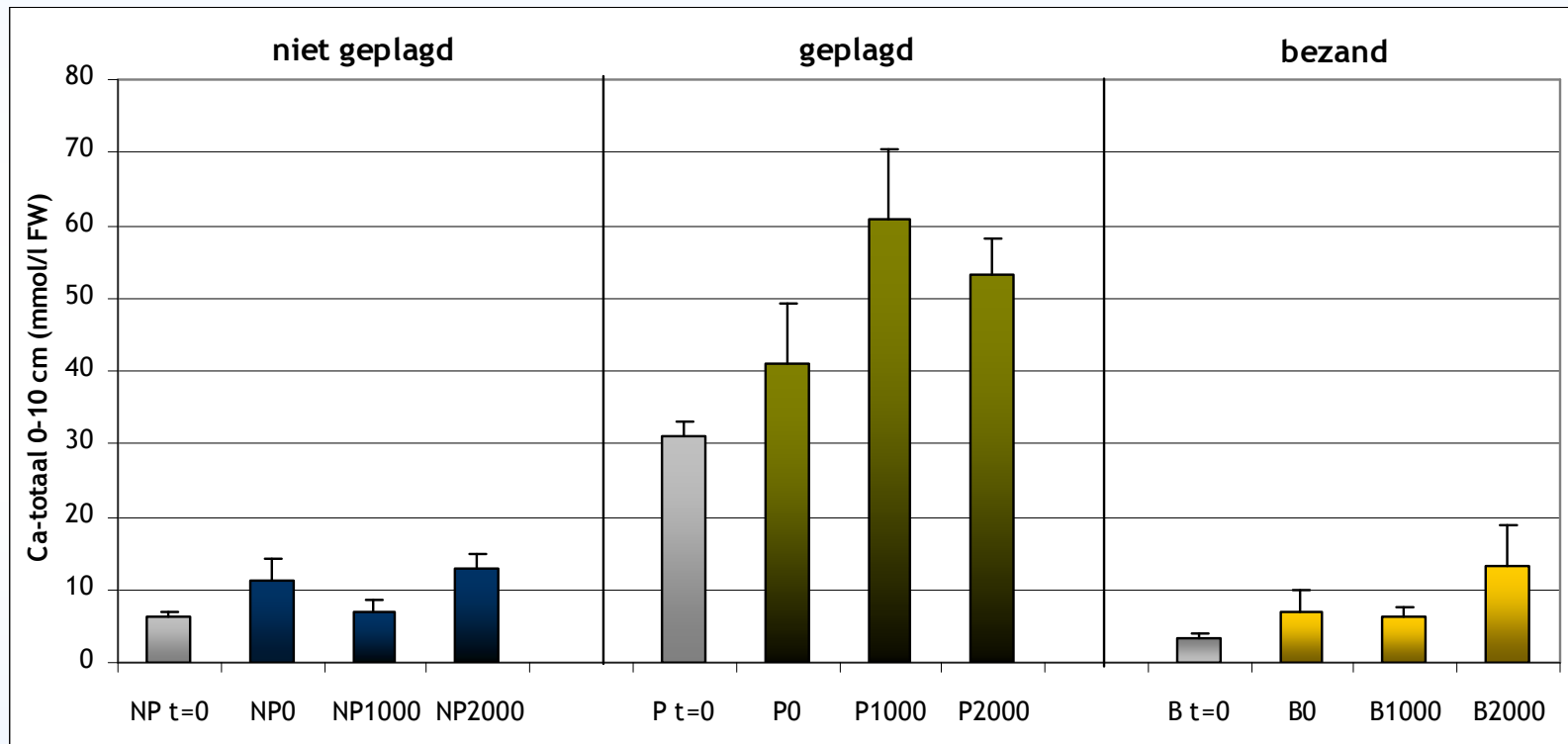
Olsen-P concentratie ↓

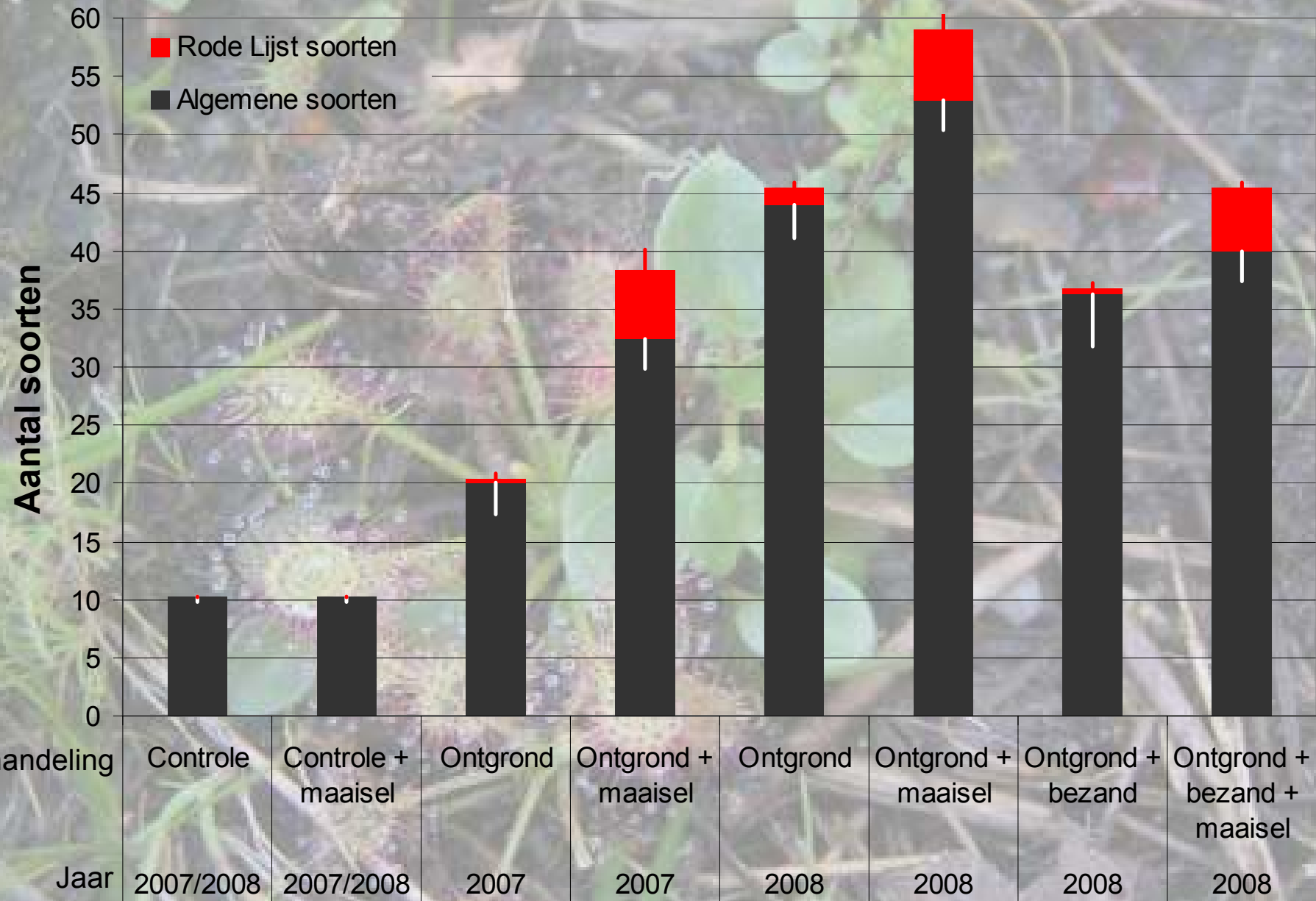


Totaal-P concentratie ↓



Totaal-Ca concentratie ↑ (veenlaag)





Plantensoorten

Nederlandse naam	RL 2004	2007/2008	2007	2008	2008 ontgrond + bezand
	categorie	controle	ontgrond	ontgrond	
Blauwe knoop	GE	nee	ja	ja	ja
Klokjesgentiaan	GE	nee	ja	nee	nee
Heidekartelblad	BE	nee	ja	ja	nee
Kleine zonnedauw	GE	nee	ja	ja	nee
Ronde zonnedauw	GE	nee	ja	ja	ja
Witte snavelbies	GE	nee	ja	nee	nee
Beenbreek	BE	nee	ja	ja	nee
Stijve ogentroost	GE	nee	ja	ja	ja
Parnassia	KW	nee	ja	ja	ja
Liggende vleugeltjesbloem	KW	nee	nee	nee	ja
Moerasbasterdwederik	GE	nee	nee	nee	ja

April 2009: moeraswespenorchis in bezande plot aangetroffen



Parnassia, Dopheide,
Ronde zonnedaauw



Klokjesgentiaan



Heidekartelblad

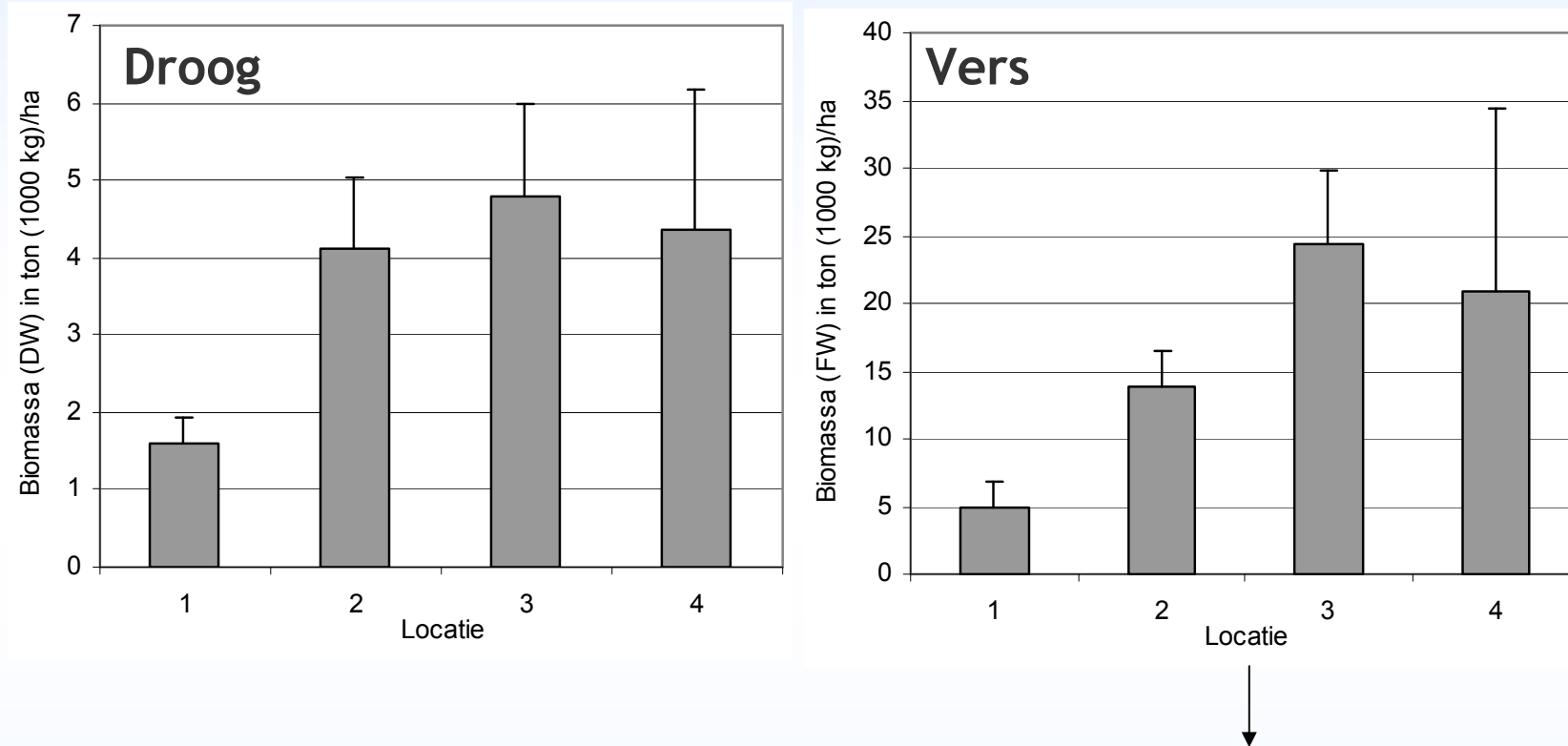


Blauwe knoop

*Rode Lijst soorten
1 jr na ontgroning*

- Blauwe knoop
- Klokjesgentiaan
- Heidekartelblad
- Kleine zonnedaauw
- Ronde zonnedaauw
- Witte Snavelbies
- Beenbreek
- Stijve ogentroost
- Parnassia

Biomassa productie (1000 kg/ha)



- ↓
1. *Ontgronde proefvlak (2 jr niet gemaaid): ±5 ton FW/ha*
 2. *Controle proefvlak noord (1 jr niet gemaaid): ± 14 ton FW/ha*
 3. *Niet ontgronde proefvlak zuid (2 jr niet gemaaid): ± 24 ton FW/ha*
 4. *Controle proefvlak zuid (1 jr niet gemaaid): ± 21 ton FW/ha*


Conclusies



- Lagere Olsen-P en totaal-P concentraties door ontgronden en bezanden. Hierdoor kunnen doelsoorten tot ontwikkeling komen en is bovendien de biomassaproductie lager.
- Na verwijdering van de voedselrijke zandlaag vormt een veenlaag met een hoger calciumconcentratie het nieuwe maaiveld.
- Bezanden leidt tot een verbetering van de beheersmogelijkheden (maaimachines).
- Het bekalkingseffect is nihil:
 - 2000 kg/ha lijkt te veel op venige bodem
 - Op zandbodem: remming veenmossen en zonedauw
- Door ontgronden neemt de grondwaterinvloed toe. Bij bezanding kan dit worden gereguleerd (bv 30 cm afgraven en 20 cm opbrengen)

OVER-ALL:

- Ontgronden (evt. met bezanden) is effectieve herstelmaatregel voor het creëren van voedselarm, soortenrijk milieu, vooral in combinatie met herintroduceren soorten



CONCLUSIE:
IN HET HIERDENSE BEEKDAL LIGGEN
VOLOP KANSSEN VOOR DE
ONTWIKKELING VAN SOORTENRIJKE
GRONDWATERAFHANKELIJKE NATUUR!