

Herstel van een bosecosysteem na overbelasting met ammoniak

Resultaten van de nul-meting in 2002

Th.A. Dueck, C.J. van Dijk, E.E.J.M Leeters, G.J. de Groot & J.J. Mols



Nota 256



Herstel van een bosecosysteem na overbelasting met ammoniak

Resultaten van de nul-meting in 2002

Th.A. Dueck¹, C.J. van Dijk¹, E.E.J.M Leeters², G.J. de Groot³ & J.J. Mols³

¹ Plant Research International, Wageningen

² Alterra, Wageningen

³ Energieonderzoek Centrum Nederland, Petten

© 2003 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : post@plant.wag-ur.nl
Internet : <http://www.plant.wageningen-ur.nl>

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1. Inleiding	3
1.1 Achtergrond	3
1.2 Bosecosysteem Molenheide	3
2. Atmosferische depositie	5
2.1 Resultaten	5
2.2 Conclusies	6
3. Bodembemonstering en -chemie	9
3.1 Methodiek	9
Keuze en vastlegging lokaties	9
Opzet bemonstering	9
Uitvoering bemonstering	10
Analyse methode	13
3.2 Resultaten	13
Vaste fase	14
Bodemvocht	16
3.3 Conclusies	20
4. Vegetatieopnames en -vitaliteit	23
4.1 Vegetatieopnames	23
4.2 Mineralen	30
4.3 Vitaliteitsmetingen	30
4.3 Conclusies	31
Bijlage I. Beschrijving proefveldjes	3 pp.
Bijlage II. Gelote en gebruikte bemonsteringspunten	9 pp.

Samenvatting

In het boscysteem op de Molenheide nabij Mill heeft een kippenhouderij gedurende 35 jaar gezorgd voor een hoge lokale ammoniakuitstoot. Het bos ligt in een gebied waar veel intensieve veehouderijen gevestigd zijn en is daardoor gedurende lange tijd aan hoge stikstofdeposities blootgesteld. De depositie bedroeg naar schatting tussen de 33000 mol ha⁻¹ jaar⁻¹ over de eerste 250 meter, tot 3000 mol ha⁻¹ jaar⁻¹ op ongeveer 500 meter afstand van de stallen, exclusief de achtergrond depositie. Inmiddels is de stikstofdepositie gedaald tot ruim 3000 mol ha⁻¹ jaar⁻¹, wat hoger is dan de gemiddelde stikstofdepositie in Nederland van 2400 mol ha⁻¹ jaar⁻¹ (2001). Ter vergelijking, de critical load ter bescherming van de meest gevoelige natuurlijke ecosystemen bedraagt 1000-1300 mol ha⁻¹ jaar⁻¹ en de doelstelling voor Noord-Brabant in 2010 bedraagt 1950 mol ha⁻¹ jaar⁻¹.

Het bedrijf is inmiddels gesloten en de lokale NH₃ belasting is weggefallen, waardoor het boscysteem uiteindelijk weer kan herstellen. Om dit proces te kunnen volgen is in 2002 een monitoring programma gestart om de huidige situatie vast te leggen, een zogenaamde nul-meting. Hiervoor zijn metingen uitgevoerd om een beeld te krijgen van:

- de huidige atmosferische depositie van ammoniak
- het gehalte aan nutriënten in het bodemvocht en de verzuring van de bodem
- de vegetatie samenstelling en vitaliteit.

De ammoniakdepositie in 2002 is vastgesteld d.m.v. zgn. doorvalmetingen in regenwater. De jaargemiddelde ammoniakconcentratie in het doorvalwater was 7.4 ± 2.8 mg l⁻¹, wat nog steeds relatief hoog is t.o.v. onbelaste locaties in Nederland (waar de lokale ammoniakconcentratie in doorval rond de 2 mg l⁻¹ ligt). Op grond van de doorvalmetingen is de depositie geschat op 3000 mol ha⁻¹ jaar⁻¹ wat vergelijkbaar is met ander regio's met veel intensieve veehouderijen.

Verhoogde stikstof depositie kan leiden tot eutrofiëring en verzuring van de bodem. De C/N verhoudingen, de concentraties aan NO₃, aan SO₄ en NH₄ in de strooisellagen en bodem weken echter niet veel af van het gemiddelde in de Nederlandse bossen. Ook de Al concentratie lag in de range van waarden zoals die in Nederland gemiddeld wordt gemeten. Uit de analyse van deze bodemparameters kan niet afgeleid worden dat er een verhoogde N input heeft plaatsgevonden en wijzen ook niet op een extreme verzuring. De veronderstelde kritische waarden voor NO₃ en Al concentraties met betrekking tot veranderingen in de vegetatie en effecten op de boomwortels worden wel overschreden, maar dit is niet anders dan in veel andere bosopstanden waar de bodemvocht samenstelling is gemonitord.

Gegeven de hoge belasting aan stikstof in het verleden bleek het effect op het bodemvocht gering te zijn. Een mogelijke verklaring is dat de N toevoer in het verleden grotendeels is opgeslagen in de strooisellaag (de lage nitraat concentraties wijzen ook op N vastlegging) maar dat dit gelijktijdig gepaard is gegaan met C vastlegging. Deze hypothese kan worden getoetst door het meten van de C pool in strooisel in dit gebied en in minder belast gebied in samenhang met de geschatte totaal geaccumuleerde N depositie over de periode dat het bedrijf in werking is geweest.

De 'nul-meting' heeft aangetoond dat er in het bos rond de voormalige kippenhouderij relatief weinig plantensoorten voorkomen en dat de dennenbomen minder vitaal zijn. De effecten op het bodemvocht zijn gering. Op korte afstand van de voormalige kippenhouderij is de belasting vele malen hoger geweest. Nu die is komen te vervallen mag verwacht worden dat er een herstel van de vegetatie op zal treden. Om dit proces te volgen, bieden het monitoren van de eventuele veranderingen in de soorten-samenstelling en de vitaliteit van de bomen het meeste perspectief.

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

De stikstofdepositie in Nederland ligt al tientallen jaren boven de ‘critical load’ van de meeste boscossystemen. Wanneer een boscossysteem zwaar belast wordt met een overmaat aan stikstof, met name voorkomend in gebieden met intensieve veehouderij op arme zandgronden en hoge NH_3 -emissies, wordt het ecosysteem na een aantal jaren onherroepelijk beschadigd. Indien de ammoniak-uitstoot vervolgens sterk wordt gereduceerd, mag verwacht worden dat op den duur herstel van het ecosysteem zal optreden. De vraag is echter op welke termijn en op welke wijze dit zal plaatsvinden. Dit projectvoorstel heeft betrekking op een dergelijke situatie. Hierin komen de volgende onderdelen aan de orde:

- de mate van de lokale NH_3 belasting in het verleden;
- het herstel van het boscossysteem (bodem en vegetatie);
- hoe de resultaten ingepast kunnen worden in een wetenschappelijk model. De projectonderdelen worden ingevuld en uitgevoerd door respectievelijk het ECN, Plant Research International en Alterra. Daarnaast draagt Plant Research International de zorg voor de projectcoördinatie.

Het doel van het project is een beeld te krijgen van de herstelsnelheid van een boscossysteem na stopzetting van een jarenlange overbelasting met ammoniak. Als lokatie is gekozen voor een klein bosgebied in Brabant.

1.2 Boscossysteem Molenheide

Middenin een klein boscossysteem in Brabant (Molenheide nabij Mill) is gedurende 35 jaar een kippenhouderij in bedrijf geweest waar per 6 weken circa 1.2 miljoen vleeskuikens werden opgefokt. De eerste ruwe schatting van de NH_3 uitstoot van dit bedrijf bedroeg in de laatste jaren circa 45000 kg (45 ton) op jaarbasis wat uiteindelijk tot schade aan het boscossysteem heeft geleid. De lokale NH_3 concentratie bedroeg naar schatting over de eerste 250 m vanaf de bron circa $150 \mu\text{g m}^{-3}$ (en een depositie van $33000 \text{ mol ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$) en nam af tot $20 \mu\text{g m}^{-3}$ ($3000 \text{ mol ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$) op circa 500 m afstand. Deze globale berekeningen zijn exclusief de regionale achtergrondbelasting van circa $16 \mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$ ($3700 \text{ mol ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$ depositie). Kortom, de NH_3 uitstoot uit de kippenhouderij heeft in het verleden in belangrijke mate bijgedragen aan de stikstof belasting van het bos. Eind 2000 is het bedrijf gesloten en in 2001 zijn alle opstallen verwijderd.

Het terrein is nu in handen van Stichting Natuurmonumenten. Natuurmonumenten wil het bos herinrichten en voor recreatieve doelen openstellen. Nu het bedrijf is gesloten is de lokale NH_3 belasting weggefallen, alleen de regionale belasting blijft aanwezig. Hierdoor kan het boscossysteem uiteindelijk weer herstellen. Echter, herstel is een langzaam proces; verbeteringen zullen niet direct optreden en daarom is een monitoring programma over langere tijd nodig om het herstel in kaart te brengen.

In 2002 is gestart met het vastleggen van de huidige situatie, een zogenaamde nul-meting. Hierbij worden de meest relevante parameters bepaald in verschillende plantensoorten, de lucht, de bodem en in het bodemvocht. In dit rapport worden de resultaten van de nul-meting weergegeven.

2. Atmosferische depositie

De belangrijkste parameters in een dergelijk ecosysteem zijn sterk gerelateerd aan $\text{NH}_3\text{-N}$ en zullen het sterkst veranderen in de eerste 500 meter vanaf de voormalige bron. Voordat een goede inschatting van de verandering als gevolg van het wegvallen van deze bron kan worden gemaakt, moet een nauwkeurige schatting gemaakt worden van de depositie uit het voormalige bedrijf in de afgelopen jaren gebaseerd op emissies en verspreidingsberekeningen. Daarnaast zal de actuele depositie van stikstof in het boscysteem (nulmeting) worden bepaald.

De meting van de depositie van stikstofcomponenten vindt plaats in Nederlandse bossen met de doorvalmethode. Er wordt een maandmonster gemaakt van verzameld water dat afgestroomd is van het bladerdek en opgevangen via goten en verzameld in flessen. De concentratie en hoeveelheid water is representatief voor de depositie op het bos. Door de belangrijkste componenten uit de ionenbalans te meten is het mogelijk uit deze metingen m.b.v. een zgn. kronen-uitwisselingsmodel de atmosferische depositie te bepalen. Om een representatieve jaarflux te meten zijn 12 maandmonsters nodig. De ruimtelijke variatie in depositie kan bepaald worden door op meerdere locaties de doorval te meten. Aangezien de analyse kosten hoog zijn is er hier echter voor gekozen wel op meerdere plekken te meten, maar een verzamelmonster te maken zodat er een depositiewaarde representatief voor het hele bos bepaald wordt.

2.1 Resultaten

Tabel 2.1. *Gemeten fluxen van de doorval en bulkprecipitatie ($\text{mol ha}^{-1} \text{jaar}^{-1}$).*

Datum	NH_4	Cl	Br	NO_3	SO_4	NO_2	Tot-N	pH	Alkal.	Cond.
21-2-2002	705	447	1.25	178	170	5.4	408	6.09	10078	0.03
21-3-2002	2949	2299	2.11	705	851	10.3	2983	5.90	14075	0.10
19-4-2002	2194	624	1.73	763	577	3.0	2893	6.15	12441	0.11
15-5-2002	1278	837	3.64	446	329	3.6	1868	5.67	7266	0.07
12-6-2002	1108	590	1.17	331	281	19.9	1597	5.73	13536	0.12
9-7-2002	21730	6135	6.00	1251	1058	1.7	21888	7.75	377366	0.38
7-8-2002	2835	999	2.07	1476	571	2.9	4084	5.76	15443	91.30
6-9-2002	2205	565	n.a.	1233	328	2.9	2972	5.47	16025	39.80
1-10-2002	1553	666	0.77	711	240	1.3	2111	5.92	9528	0.11
30-10-2002	27977	10500	7.43	663	1364	15.1	46783	8.36	483861	0.79
28-11-2002	5238	3960	5.46	942	1049	21.3	7778	6.07	68942	0.11
24-12-2002	3269	371	6.42	715	1199	19.8	3377	6.23	15014	0.10
22-1-2003	2915	712	3.95	602	704	6.9	3694	5.98	27643	0.01
Gem.	5843	2208	3.5	771	671	8.8	7880	6.2	82401	10.2
Std.dev.	8612	3021	2.3	373	401	7.6	12908	0.8	156864	26.7
<i>Exclusief meetwaarden 9-7-2002 en 30-10-2002</i>										
Gem.	2386	1097	3	737	573	9	3070	6	19090	12
Std.dev.	1271	1085	2	377	345	8	1880	0	17350	29
<i>Bulkmeting</i>										
Gem.	158	60.8	0.36	41.3	27.9	19.4	190	5.72	1288	14.7
Std.dev.	125	92.6	0.23	17.4	26.3	63.5	157	0.90	1085	50.8

Er zijn in het bos rondom de vlakte waar vroeger de fokkerij gesitueerd was, 5 doorvalmeetpunten ingericht. Op de vlakte zelf is een bulk sampler geplaatst. Op ieder doorvalmeetpunt zijn 2 goten geplaatst. De monsters uit de goten werden samengevoegd tot één analyse monster. De oppervlakte van een goot is 400 cm². Oppervlak van de bulkvanger is 400 cm². De meetpunten voor doorval lagen tussen de 20 en 100 meter van de vlakte. Fluxen van de doorval en de bulkprecipitatie worden berekend door concentratie te vermenigvuldigen met de hoeveelheden. Daarna wordt de flux berekend in mol per hectare per jaar.

Er is de afgelopen maanden redelijk veel activiteit geweest op het terrein. Zo is een heel stuk van de genoemde vlakte afgegraven omdat er naar gezegd asbest in zat. Dit resulteerde in een vrachtverkeer tot op enkele tientallen meters. Invloed hiervan is onzeker maar wel te verwachten. Hierboven in Tabel 2.1 staan de gemeten fluxen weer uitgedrukt als mol ha⁻¹ jaar⁻¹.

Opvallend zijn de hoge waarden voor monsters van 9-7-2002 en 30-10-2002. Deze zijn niet eenduidig te verklaren. Wel zijn de pH waarden voor deze monsters hoger dan gemiddeld (zo ook de alkaliniteit). De bulkmeting voor die periodes zijn niet hoger dan gemiddeld. De doorvalmetingen in Nederland uitgevoerd tussen 1995-2000 (zie ECN-rapport ECN-C-01-041, Tabel 3.1) zijn vergelijkbaar met de hier gerapporteerde waarden indien de genoemde hoge waarden niet worden meegenomen.

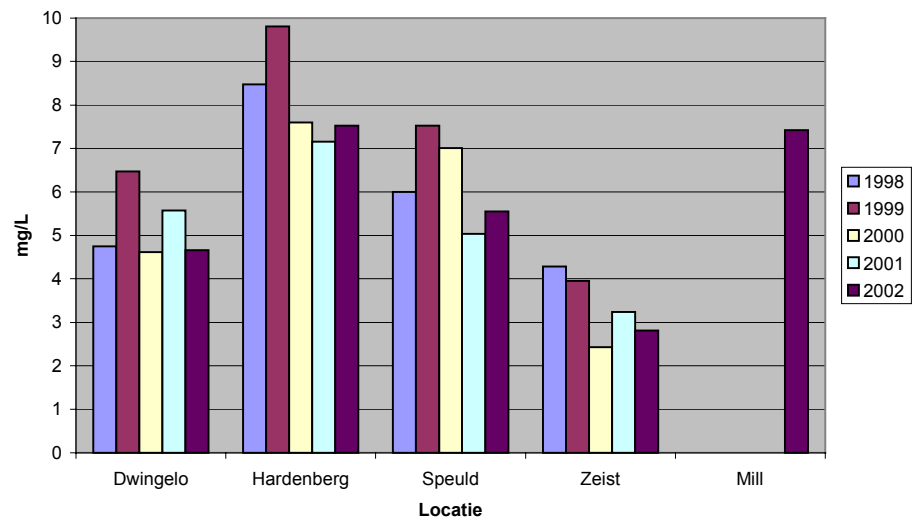
2.2 Conclusies

Om een uitspraak te kunnen doen over de niveaus van de depositie die gemeten is op de Molenheide nabij Mill, kunnen de gemeten ammoniak concentraties worden vergeleken met concentraties verkregen op verschillende plaatsen in Nederland. Voor deze vergelijking zijn meetgegevens gebruikt die vanaf 1998 zijn verkregen op de meetlocaties Dwingelo, Hardenberg, Zeist en Speuld. Voor ammoniak zijn in de verschillende jaren de volgende jaargemiddelde concentraties (mg/l) gemeten:

NH ₄ ⁺ conc. (in mg l ⁻¹)	2002	2001	2000	1999	1998	Gemid.
Dwingelo	4.7	5.6	4.6	6.5	4.7	5.2
Hardenberg	7.5	7.2	7.6	9.8	8.5	8.1
Speuld	5.6	5.0	7.0	7.5	6.0	6.2
Zeist	2.8	3.2	2.4	4.0	4.3	3.3
<i>Achtergrond</i>	1.5	1.4	2.2	2.0	2.9	2.0

In 2002 is bij de 'nul-meting' bij Mill een jaargemiddelde ammoniakconcentratie van 7.4 ± 2.8 mg l⁻¹ gemeten. In onderstaande figuur zijn de resultaten ter vergelijking nogmaals grafisch weergegeven. Hieruit blijkt dat het jaargemiddelde bij Mill relatief hoog is t.o.v. die op andere locaties en vergelijkbaar met de niveaus die gemeten worden bij Hardenberg (locatie met relatief hoge 'dierlijke activiteit': boerderijen, wild etc.). Op basis van de doorvalresultaten zou een vervolgmeting dan ook zinvol (kunnen) zijn.

Jaargemiddelde doorvalconcentraties voor Ammoniak



3. Bodembemonstering en -chemie

Het N-gehalte in de bodem geeft een eerste indruk van de verandering in depositie. In verschillende lagen, te beginnen met de strooisellaag, wordt N beïnvloed door veranderingen in depositie. Afhankelijk van de mate van stikstofverzadiging van deze lagen, heeft een verminderde depositie op kortere of langere termijn effect op nitraat in het bodemwater. Ook de decompositiesnelheid van organische stof (bv in de strooisellaag) en dus stikstofmineralisatie kan veranderen. Beide processen (veranderde depositie en veranderde decompositie) bepalen de N-beschikbaarheid voor planten in de bodem en de gevaren voor uitspoeling.

3.1 Methodiek

Keuze en vastlegging lokaties

De bodem is bemonsterd op drie lokaties (Figuur 1 en voor details zie Bijlage I). De lokatiekeuze, uitgevoerd door Plant Research International, is gebaseerd op de ouderdom van de opstand en de ligging ten opzichte van de voormalige kippenhouderij. Het betreft opstanden van voornamelijk grove den die in een lijn van de meest voorkomende windrichting (Zuid-West) in toenemende mate van de voormalige bron zijn verwijderd.

De begrenzing van de veldjes waar de bodemmonsters genomen worden is gedetailleerd weergegeven in Figuur 1. Dit was nodig omdat de bemonsteringspunten vooraf geloot zijn. Voor veld 3 waren in eerste instantie 3 opties (a, b en c). Er is gekozen voor 3c op basis van homogeniteit in bodem en ondergroei. Hierdoor is het veldje beter te bemonsteren. Bovendien kon dezelfde oppervlakte als bij veld 1 worden aangehouden en dezelfde loting worden gebruikt. De coördinaten voor de veldjes zijn bepaald door GPS (op 8 m nauwkeurig) op open plekken en paden, aangevuld met metingen met behulp van een meetlint.

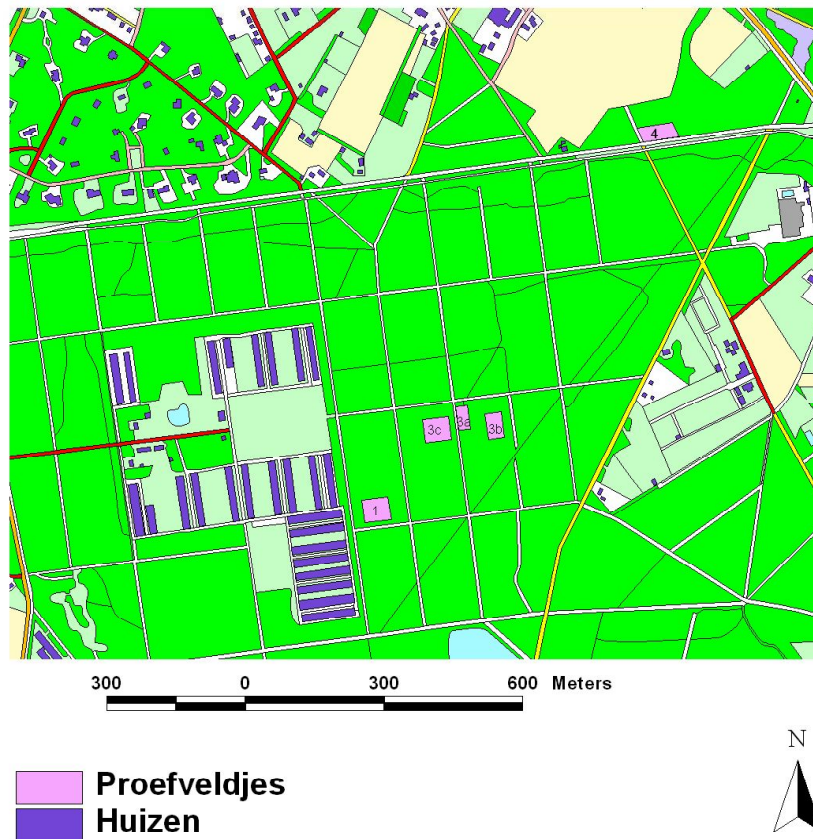
Opzet bemonstering

Bemonsterd zijn de strooisellaag en de minerale lagen op de diepten 0-10, 10-30 en 30-60 cm -maai-veld. Deze diepten sluiten aan bij bodembemonsteringen in landelijke vitaliteitsstudies, de voornaamste bron over de chemische samenstelling van bodem en bodemvocht in de Nederlandse bossen.

Per veld zijn van iedere bemonsterde laag twee mengmonsters genomen. De mengmonsters bestaan uit 20 steken verdeeld over het veld. Voor de verdeling van de steken over het veld is een loting uitgevoerd volgens het principe van een gestratificeerde aselechte steekproef. Binnen het veld zijn 20 zo compact mogelijke, even grote geografische gebieden onderscheiden; de strata. In elk van deze strata zijn twee punten geloot. Het eerste mengmonster is samengesteld uit steken op alle eerste punten binnen de strata en het tweede mengmonster uit steken op alle tweede punten binnen de strata. Elk mengmonster levert een zuivere schatting van het veldgemiddelde op. Op deze wijze kan, door het nemen van twee mengmonsters in plaats van één, een schatting gemaakt worden van de steekproefvariantie van het geschatte gemiddelde volgens onderstaande vergelijking:

$$S^2 = \frac{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}{2}$$

Waarbij y_i de concentratie van mengmonster i is en $\bar{y}$ het gemiddelde van de twee mengmonster-concentraties.



Figuur 1. Ligging van de lokaties op Molenbeide nabij Mill.

Indien slechts één (meng)monster per veld wordt genomen kunnen geen uitspraken worden gedaan over de onzekerheid van het gevonden gemiddelde. Met andere woorden er kan geen uitspraak worden gedaan over het gevonden gemiddelde in het geval dat de monsters op een andere plek binnen het plot waren genomen. Twee (meng)monsters is een minimum om een uitspraak over de steekproefvariantie (nauwkeurigheid) te kunnen doen.

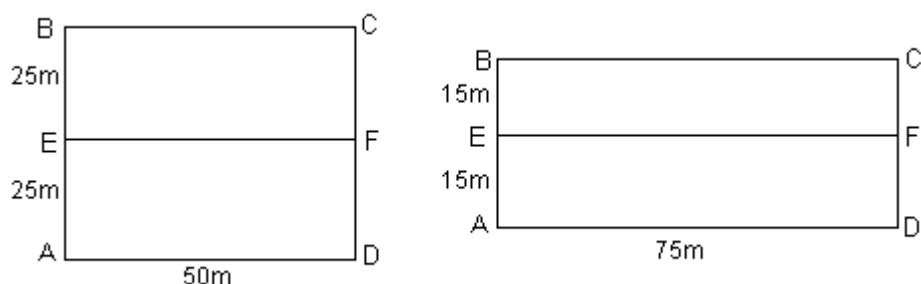
In opzet zijn drie bemonsteringen per jaar voorzien, uit te voeren in de perioden waarin de bodemvochtigheid voldoende is om het bodemvocht te kunnen bemonsteren. Gekozen is voor de perioden: januari-februari, april en oktober. Met name in die laatste twee perioden komen de gemeten concentraties dicht in de buurt van fluxgewogen jaargemiddelde concentraties.

Het bodemvocht wordt verkregen door centrifuge van de bodemmonsters. In het bodemvocht worden bepaald: pH, NH_4 , NO_3 , SO_4 , Al, Fe, K, Mg, Na, Ca, Cl en DOC. Bij de eerste bemonstering worden in de vaste fase ook C, N, CEC en uitwisselbare kationen (Al, Ca, Mg, Fe, Mn, K en Na) bepaald.

Uitvoering bemonstering

Voor de loting van te bemonsteren punten zijn de veldjes in 20 strata opgedeeld. Ondanks het feit dat de veldjes rechthoekig zijn, vormen de strata geen verdere opdeling hiervan. Het zijn geen mooie rechte hoeken binnen het veld. Per stratum zijn 10 punten geloot. Hiervan worden er maar twee als meetpunt genomen. De overige dienden als reservepunten indien monsternamen op de eerste twee punten niet mogelijk was. Voor veldje 1 en 3 is dezelfde loting gebruikt. In Bijlage II staan alle gelote punten met daarbij aangegeven welke in de meting zijn opgenomen. Indien dit niet de eerste twee punten zijn is

aangegeven om welke reden een reservepunt is gekozen. De aangegeven coördinaten zijn relatief ten opzichte van het midden van het proefveld (Figuur 2 lijn EF). Dit verkleint de te meten afstanden bij het uitzetten van de meetpunten. De punten A t/m F zijn ter plekke met paaltjes gemarkeerd. De meetpunten zijn met tentharingen gemarkeerd. Deze haringen zijn gelabeld met de nummers zoals aangegeven in Bijlage I en met de nummers A1 t/m A20 of B1 t/m B20. Deze tweede nummering is duidelijker in verband met het samenvoegen van de mengmonsters. Alle A's een monster en alle B's een monster. De verdeling van de meetpunten over de veldjes is te zien in de figuren in Bijlage I. De strooisellaag is bemonsterd met een zogenaamde humushapper (Figuur 3) en de minerale lagen met een edelmanboor. Bemonstering met een steekboor was door de grote hoeveelheden grind niet mogelijk.



Figuur 2. Indeling veldjes.

Wegens een verlate start van dit project was het niet meer mogelijk om de in januari-februari en april voorziene metingen uit te voeren. In plaats daarvan is bemonsterd op: 14, 15, 16, 17, 18, 21 en 22 oktober en 9, 10 en 11 december.

De monsternamen hebben meer tijd gekost dan voorzien. Dit kwam door het vele grind en het feit dat de bodem, zelfs nog in december, erg droog was. Bij de eerste bemonstering heeft ook het uitzetten van de meetpunten een rol gespeeld. Ondanks het feit dat er grote hoeveelheden grond zijn gecentrifugeerd was er weinig bodemvocht beschikbaar voor analyse. Evenals de monsternamen heeft de centrifuge meer tijd in beslag genomen dan voorzien. Tabel 2 laat de hoeveelheden zien die beschikbaar waren na de bemonstering in oktober.



Figuur 3. Bemonstering van de strooisellaag met 'de humushapper'.

Tabel 2. Hoeveelheden bodemvocht bij bemonstering medio oktober 2002.

Veld	Punt 1	Laag	Ml	Punt 2	Laag	ml
M1	1A	strooisel	200	1B	strooisel	80
	1A	0-10	10	1B	0-10	-----
	1A	10-30	10	1B	10-30	-----
	1A	30-60	-----	1B	30-60	-----
M3	3A	strooisel	100	3B	strooisel	70
	3A	0-10	50	3B	0-10	35
	3A	10-30	40	3B	10-30	15
	3A	30-60	-----	3B	30-60	-----
M4	4A	strooisel	100	4B	strooisel	100
	4A	0-10	-----	4B	0-10	30
	4A	10-30	-----	4B	10-30	-----
	4A	30-60	-----	4B	30-60	-----

Omdat voor iedere analyse nu eenmaal een minimale hoeveelheid bodemvocht nodig is was het door de kleine hoeveelheden niet mogelijk om alle analyses uit te voeren. Vooraf was hiervoor een prioritering in analyses vastgesteld (Tabel 3).

Tabel 3. Prioritering voor analyse bij onvoldoende bodemvocht.

Bepaling	Eenheid	Volume	< 10 ml	10-20 ml	20-30 ml	30-35 ml	35-40 ml	> 40 ml
pH		5 ml	X	X	X	X	X	X
TOC	DOC [mg/l]							
TN	DON [mg/l]	15 ml						X
TC/NPOC	[mg/l]	extra 5 ml		X	X	X	X	X
IC	[mg/l]							
	K [mg/l]	ICP	10 ml		X	X	X	X
	Mg [mg/l]	ICP			X	X	X	X
	Ca [mg/l]	ICP			X	X	X	X
	Al [mg/l]	ICP			X	X	X	X
	S [mg/l]	ICP			X	X	X	X
	Na [mg/l]	ICP			X	X	X	X
	Zn [µg/l]	ICP			X	X	X	X
	Cu [µg/l]	ICP			X	X	X	X
	Fe [mg/l]	ICP			X	X	X	X
	Mn [mg/l]	ICP			X	X	X	X
	P _{tot} [mg/l]	ICP			X	X	X	X
	Cr [µg/l]	ICP			(X)	(X)	(X)	(X)
	Ni [µg/l]	ICP			(X)	(X)	(X)	(X)
	Pb [µg/l]	ICP			(X)	(X)	(X)	(X)
	Cd [µg/l]	ICP			(X)	(X)	(X)	(X)
	NO ₃ -N [mg/l]	FIA	6 ml	X	X	X	X	X
	NH ₄ -N [mg/l]	FIA		X	X	X	X	X
	Cl [mg/l]		6 ml			X	X	X
	P-PO ₄ [mg/l]		6 ml				X	X
				5 ml	16 ml	26 ml	32 ml	36 ml
								41 ml

Analyse methode

Alle analyses zijn uitgevoerd door het Alterra-laboratorium met uitzondering van C- en N-elementair bepaling, deze zijn uitgevoerd door het WUR, centraal Lab sectie Bodemkwaliteit.

De uitwisselbare kationen Al, Fe, Ca, Mg, Mn, K en Na zijn gemeten door extractie met 0.01 M oplossing van zilver thiureum (AgTu) gedurende 4 uur. Gevolgd door analyse met ICP (SWV E1303). De CEC is bepaald aan de hand van de afname in Ag concentratie voor en na de extractie.

Voor de bepaling van de bodemvochtsamenstelling zijn bodemmonsters in een POM (polyoxymethylene) container met 7500 rpm gedurende circa 20 minuten gecentrifugeerd. Deze bodemvocht monsters zijn gefilterd over 0,45 µm. Direct na centrifuge is de pH bepaald. Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, en SO₄ zijn geanalyseerd op de ICP en NH₄, NO₃ en Cl op de FIA.

3.2 Resultaten

Onderstaand worden de resultaten per bemonsterde laag gegeven als gemiddelde van de twee mengmonsters met de standaardafwijking van dat gemiddelde. Daar waar geen standaardafwijking is vermeld was er slechts voor één mengmonster een waarde. Waarden ontbreken als er te weinig bodemvocht was voor analyse of als de waarde kleiner is dan de detectiegrens van de apparatuur.

Waarden zijn waar mogelijk vergeleken met waarden gevonden in twee landelijke studies, namelijk:
 W. de Vries & E.E.J.M. Leeters, 2001. *Chemical composition of the humus layer, mineral soil and soil solution of 150 forest stands in the Netherlands in 1990*. Wageningen, Alterra-rapport 424.1
 E.E.J.M. Leeters & W. de Vries, 2001. *Chemical composition of the humus layer, mineral soil and soil solution of 200 forest stands in the Netherlands in 1995*. Wageningen, Alterra-rapport 424.2

Vaste fase

De range voor, niet voor organisch stof gecorrigeerde, N gehalten in de strooisellaag bij de 200 in 1995 gemeten bosopstanden in Nederland varieerde van 6-22 g kg⁻¹. Deze variatie komt overeen met de range in variatie die op Europese schaal wordt aangetroffen. De N gehalten in Mill bevinden zich ruim binnen deze range. De C/N verhouding in veld 1 bedraagt 34 en is daarmee aan de hoge kant (Tabel 4). Dit wordt met name veroorzaakt door een relatief laag N gehalte in een van de twee metingen.

Tabel 4. C, N, pH, CEC en uitwisselbare kationen (gemiddelden en standaardafwijking) in de strooisellaag voor drie velden in Mill.

		M1		M3		M4	
		gem	sd	gem	sd	gem	sd
C	[g/100g]	277.74	71.91	314.20	44.68	301.46	19.60
N	[g/kg]	10.20	5.72	12.23	2.23	11.99	0.55
PH		2.95	0.01	2.75	0.00	2.78	0.03
CEC	mmol _c kg ⁻¹	155.49	13.95	160.50	5.84	164.78	1.45
Al	[%CEC]	1.10					
Fe	[%CEC]	0.29		0.12		0.12	
Ca	[%CEC]	24.14	9.28	23.99	0.82	38.86	3.07
Mg	[%CEC]	9.71	3.35	8.04	0.36	10.77	0.32
Mn	[%CEC]	0.20	0.09	0.17	0.00	0.39	0.01
K	[%CEC]	5.88	1.17	4.53	0.24	3.85	0.34
Na	[%CEC]	2.13		2.40	0.29	2.44	

De in Mill gemeten CEC waarden in de strooisellaag variëren tussen de 142 en 166 mmol_c kg⁻¹. In de 150 opstanden die in 1990 zijn gemeten en evenzo in de 200 opstanden die in 1995 zijn gemeten varieerde de CEC waarden tussen de 200 en 400 mmol_c kg⁻¹. De CEC waarden van de 100 grove den opstanden in 1990 bedroeg gemiddeld 273 mmol_c kg⁻¹ en van de 42 grove de opstanden in 1995 bedroeg gemiddeld 267 mmol_c kg⁻¹. In vergelijking hiermee zijn de CEC waarden in Mill laag. De mate van humificatie in de strooisellaag kan hierbij een rol spelen.

Zoals Tabel 5 laat zien zijn de waarden voor uitwisselbaar Al en Fe in Mill erg laag in vergelijking met de landelijke gegevens van 1990 en 1995. Waarden voor uitwisselbaar Ca, Mg, K en Na in Mill komen beter overeen met de landelijke (mediaan) waarden van 1990 en 1995 onder grove den opstanden.

Tabel 5. Mediaan waarden voor uitwisselbare kationen onder grove den.

Strooisel		1990 mediaan	1995 mediaan
Al	[%CEC]	7.1	5.9
Fe	[%CEC]	3.9	5.8
Ca	[%CEC]	22	20
Mg	[%CEC]	5.7	6.3
K	[%CEC]	4.2	2.4
Na	[%CEC]	1.8	1.1

Tabel 6. C, N, pH, CEC en uitwisselbare kationen (gemiddelden en standaardafwijking) in de minerale laag 0-10 voor drie velden in Mill.

		M1		M3		M4	
		gem	sd	gem	sd	gem	sd
C	[g/100g]	13.50	0.01	16.10	0.00	21.37	1.04
N	[g/kg]	1.21	0.03	1.37	0.00	1.40	0.28
pH		3.58	0.03	3.56	0.05	3.43	0.08
CEC	mmol _c kg ⁻¹	66.94	4.51	74.48	0.83	76.24	1.72
Al	[%CEC]	17.04	0.51	17.97	0.98	16.33	0.99
Fe	[%CEC]	9.89		8.43	0.66	8.04	0.59
Ca	[%CEC]						
Mg	[%CEC]	0.63		0.54		0.77	0.14
Mn	[%CEC]						
K	[%CEC]						
Na	[%CEC]						

De CEC waarden in de minerale grond zijn veel lager dan in de strooisellaag (Tabel 5 tot 8). Dit gaat gepaard met de eveneens lagere gehalten aan organische stof in de minerale laag. De in 1995 gemeten CEC waarden voor de minerale laag 0-10 variëren van 16 (5 percentiel), 36 (50 percentiel) en 77 (95 percentiel) mmol_c kg⁻¹. In vergelijking hiermee zijn de CEC waarden in Mill aan de hoge kant.

De waarden voor uitwisselbaar Al en Fe in Mill bevinden zich tussen de 5 en 50 percentielen van de in 1995 gevonden landelijke waarden; respectievelijk 0.37 en 45 (% van de CEC) voor Al en 0.19 en 9 (% van de CEC) voor Fe. De waarden voor Mg liggen onder de 5 percentiel waarde van 1995, namelijk 0.85 (% van de CEC).

Tabel 7. C, N, pH, CEC en uitwisselbare kationen (gemiddelden en standaardafwijking) in de minerale laag 10-30 voor drie velden in Mill.

		M1		M3		M4	
		gem	sd	gem	sd	gem	sd
C	[g/100g]	14.35	2.24	13.63	1.39	14.13	0.01
N	[g/kg]	0.76	0.27	1.02	0.01	1.00	0.06
pH		4.03	0.02	4.08	0.02	3.92	0.09
CEC	mmol _c kg ⁻¹	64.29	5.31	70.40	0.96	60.93	2.62
Al	[%CEC]	29.38	1.75	29.01	0.61	26.51	2.30
Fe	[%CEC]	4.83	0.64	3.54	0.31	11.16	6.73
Ca	[%CEC]						
Mg	[%CEC]					0.88	
Mn	[%CEC]						
K	[%CEC]						
Na	[%CEC]					9.53	

Tabel 8. C, N, pH, CEC en uitwisselbare kationen (gemiddelden en standaardafwijking) in de minerale laag 30-60 voor drie velden in Mill.

		M1		M3		M4	
		gem	sd	gem	sd	gem	sd
C	[g/100g]	6.38	0.14	8.00	0.77	7.80	0.11
N	[g/kg]	0.39	0.08	0.77	0.06	0.68	0.03
pH		4.27	0.03	4.31	0.02	4.18	0.04
CEC	mmol _c kg ⁻¹	42.38	2.57	48.94	3.00	38.25	1.47
Al	[%CEC]	42.50	0.51	38.86	1.98	38.96	3.12
Fe	[%CEC]	3.47	0.03	2.14	0.29	2.98	0.47
Ca	[%CEC]						
Mg	[%CEC]						
Mn	[%CEC]						
K	[%CEC]						
Na	[%CEC]						

Uitwisselbaar Al neemt toe met de diepte.

Bodemvocht

De pH, Al, SO₄, NO₃ en NH₄ concentraties zijn belangrijke indicatoren voor de verzuring en eutrofiëring van de bodem.

In de strooisellaag liggen de NO₃ en SO₄ concentraties in dezelfde orde van grootte (Tabel 9). In de onderliggende minerale lagen is de SO₄ concentratie meestal hoger dan de NO₃ concentratie (Tabel 10 tot 12). Dit geeft aan dat SO₄ een grotere rol speelt in de verzuring van de bodem. N komt vrij door mineralisatie gevolgd door nitrificatie. Het gevolg van dit proces is ook zichtbaar aan de met de diepte afnemende NH₄ concentraties door NH₄ opname en nitrificatie.

In de strooisellaag zijn de H, Al en Ca concentraties in M4 duidelijk hoger dan in M1. Dit komt overeen met een lagere pH; een zuurder milieu in M4 hetgeen gecompenseerd wordt door Al mobilisatie en Ca buffering. Al concentratie nemen ook toe met de diepte als gevolg van Al mobilisatie, een indicatie van verzuring.

Tabel 9. Elementen concentraties (gemiddelden en standaardafwijking) in de strooisellaag voor drie velden in Mill.

			M1		M3		M4	
			gem	sd	gem	sd	gem	sd
H	[mg/l]	okt	0.18	0.01	0.22	0.01	0.36	0.05
		dec	0.08	0.01	0.24	0.05	0.43	0.02
Al	[mg/l]	okt	0.92	0.29	0.95	0.24	1.41	0.17
		dec	0.60	0.12	0.99	0.16	1.36	0.17
Fe	[mg/l]	okt	0.51	0.26	0.38	0.04	0.54	0.02
		dec	0.33	0.04	0.41	0.10	0.68	0.06
Ca	[mg/l]	okt	8.11	1.74	6.57	1.11	12.90	0.22
		dec	6.12	0.88	5.62	0.92	8.47	0.06
Mg	[mg/l]	okt	4.19	0.99	2.71	0.34	4.89	0.25
		dec	3.07	0.56	2.36	0.42	3.13	0.07
K	[mg/l]	okt	9.07	1.21	6.80	0.95	8.07	0.07
		dec	13.91	1.31	10.97	1.80	8.37	0.51
Mn	[mg/l]	okt	0.38	0.09	0.30	0.03	0.61	0.04
		dec	0.22	0.03	0.20	0.03	0.35	0.01
NH ₄	[mg/l]	okt	3.22	1.26	2.55	0.01	5.20	0.47
		dec	4.29	1.32	7.73	1.22	5.48	0.08
Na	[mg/l]	okt	12.18	2.85	13.52	3.22	15.92	2.03
		dec	14.63	0.94	15.52	0.36	10.46	0.14
Cl	[mg/l]	okt	30.04	4.09	21.96	0.03	33.09	1.80
		dec	31.66	3.51	33.61	3.60	27.36	1.12
NO ₃	[mg/l]	okt	21.18	5.74	21.14	0.07	35.50	3.99
		dec	28.39	3.25	26.77	2.36	31.73	2.07
SO ₄	[mg/l]	okt	20.51	2.53	23.64	6.60	34.45	1.64
		dec	22.12	1.54	31.02	2.34	29.31	1.42
PO ₄	[mg/l]	okt	3.57	0.53	0.79	0.36	1.75	0.20
		dec	3.69	0.05	1.06	0.44	3.10	0.04
DOC	[mg/l]	okt	214.89	18.01	253.65	89.85	231.80	20.90
		dec	111.65	10.79	158.35	30.65	179.69	1.38

NH₄ concentraties geven een indicatie van de eutrofiëring. In de strooisellaag liggen deze concentraties rond, of iets boven de landelijke mediaan van 4.86 mg l⁻¹, gemeten in 1995. Dit geldt eveneens voor de minerale lagen waar de landelijk gemeten mediaan van 1995 respectievelijk 1.98 mg l⁻¹ en 1.08 mg l⁻¹ voor de lagen 0-10 en 10-30 zijn. De mate waarin de Mill waarden boven de landelijke mediaan uitkomen neemt toe met de diepte. Ook wordt in de minerale lagen duidelijk dat de NH₄ concentraties toenemen van M1 naar M4. Dit geeft aan dat de eutrofiëring in M4 het grootst is.

De NO₃ concentraties vallen nog binnen het EU criterium van 50 mg l⁻¹ voor grondwater. De Nederlandse norm van 25 mg l⁻¹ wordt echter, met name in de lagen 0-10 en 10-30 wel overschreden. De kritische waarde van 6.2 mg l⁻¹ waarboven zich veranderingen in de vegetatie zouden voordoen wordt in alle lagen ruim overschreden.

Voor Al concentratie gelden de kritische waarden 1.8 en 8.9 mg l⁻¹ waarbij effecten op boomwortels optreden. In eerste instantie bij de gevoeligste soorten, bij overschrijding van de hoogste waarden treden ook effecten op bij minder gevoelige soorten. De Al concentraties in Mill overschrijden ruim de laagste waarde.

Tabel 10. *Elementen concentraties (gemiddelden en standaardafwijking) in de minerale laag 0-10 voor drie velden in Mill.*

			M1		M3		M4	
			gem	sd	gem	sd	gem	sd
H	[mg/l]	okt	0.13		0.20	0.00	0.28	
		dec	0.15	0.01	0.18	0.03	0.38	0.01
Al	[mg/l]	okt	2.59		4.37	0.53	5.12	
		dec	2.49	0.12	3.81	0.07	4.12	0.05
Fe	[mg/l]	okt	1.18		1.04	0.08	1.48	
		dec	1.30	0.13	1.03	0.18	1.23	0.05
Ca	[mg/l]	okt	4.67		3.58	0.08	5.95	
		dec	4.61	1.27	2.88	0.51	3.98	0.61
Mg	[mg/l]	okt	2.18		2.22	0.09	3.25	
		dec	2.62	0.48	1.93	0.36	2.48	0.31
K	[mg/l]	okt	6.20		4.51	0.44	4.97	
		dec	4.29	0.80	4.90	0.82	5.07	0.66
Mn	[mg/l]	okt	0.07		0.10	0.01	0.23	
		dec	0.10	0.01	0.09	0.02	0.11	0.02
NH ₄	[mg/l]	okt	0.84		1.72	0.23	2.14	
		dec	1.15	0.22	3.22	1.00	2.23	0.40
Na	[mg/l]	okt	21.04		16.78	1.50	17.88	
		dec	16.43	1.00	15.22	1.44	13.14	1.00
Cl	[mg/l]	okt	33.15		27.34	3.68	40.54	
		dec	25.72	2.45	26.58	2.84	37.60	1.34
NO ₃	[mg/l]	okt	9.01		39.66	0.30	13.66	
		dec	24.94	2.64	29.78	2.24	11.40	3.08
SO ₄	[mg/l]	okt	19.08		19.59	0.18	33.43	
		dec	20.57	0.90	19.86	3.36	30.26	0.99
PO ₄	[mg/l]	okt	0.39		0.21		0.35	
		dec	0.30	0.01	0.21	0.02	0.46	0.01
DOC	[mg/l]	okt	148.00		127.15	9.35	188.20	
		dec	107.10	0.10	100.96	25.34	103.08	3.72

Tabel 11. *Elementen concentraties (gemiddelden en standaardafwijking) in de minerale laag 10-30 voor drie velden in Mill.*

			M1		M3		M4	
			gem	sd	gem	sd	gem	sd
H	[mg/l]	okt	0.03		0.08	0.00		
		dec	0.11	0.04	0.09	0.01	0.14	0.01
Al	[mg/l]	okt	1.90		5.73	0.22		
		dec	3.61	0.18	4.91	0.15	4.94	0.13
Fe	[mg/l]	okt	0.38		0.44	0.01		
		dec	0.57	0.09	0.33	0.01	0.76	0.15
Ca	[mg/l]	okt	3.32		3.30	0.00		
		dec	3.06	0.65	2.93	0.20	3.48	0.54
Mg	[mg/l]	okt	1.55		2.46	0.11		
		dec	1.97	0.18	2.30	0.18	2.32	0.28
K	[mg/l]	okt	5.04		5.61	0.74		
		dec	3.28	0.68	4.33	0.33	5.97	1.28
Mn	[mg/l]	okt	0.07		0.12	0.01		
		dec	0.08	0.02	0.13	0.02	0.14	0.02
NH ₄	[mg/l]	okt	1.65		2.66	0.56		
		dec	1.29	0.22	2.29	0.11	3.00	0.51
Na	[mg/l]	okt	18.49		23.86	3.02		
		dec	14.74	0.56	14.59	1.03	16.16	4.58
Cl	[mg/l]	okt	27.99		36.40	6.26		
		dec	26.23	0.38	29.05	1.82	37.34	5.52
NO ₃	[mg/l]	okt	8.20		25.01	0.80		
		dec	10.92	1.98	16.73	2.21	7.20	0.67
SO ₄	[mg/l]	okt	14.40		23.31	0.48		
		dec	19.25	0.41	24.02	5.22	27.50	4.62
PO ₄	[mg/l]	okt	0.10					
		dec					0.29	
DOC	[mg/l]	okt	96.85		126.65	7.85		
		dec	109.22	29.18	84.85	28.15	97.68	15.12

Tabel 12. Elementen concentraties (gemiddelden en standaardafwijking) in de minerale laag 30-60 voor drie velden in Mill.

			M1		M3		M4	
			gem	sd	gem	sd	gem	sd
H	[mg/l]	okt						
		dec	0.06	0.00	0.07	0.01	0.05	0.03
Al	[mg/l]	okt						
		dec	3.90	0.33	5.35	0.27	5.79	0.55
Fe	[mg/l]	okt						
		dec	0.28	0.04	0.17	0.02	0.52	0.06
Ca	[mg/l]	okt						
		dec	2.52		2.85	0.07	4.00	0.10
Mg	[mg/l]	okt						
		dec	1.79	0.03	2.22	0.10	2.40	0.03
K	[mg/l]	okt						
		dec	2.51	0.09	2.50	0.01	6.44	0.41
Mn	[mg/l]	okt						
		dec	0.09	0.00	0.13	0.01	0.18	0.01
NH ₄	[mg/l]	okt						
		dec	0.81	0.11	1.15	0.04	2.95	0.09
Na	[mg/l]	okt						
		dec	16.43	0.09	15.85	1.07	17.15	2.54
Cl	[mg/l]	okt						
		dec	28.92	2.28	29.19	0.81	36.57	0.43
NO ₃	[mg/l]	okt						
		dec	6.29	0.80	17.18	0.47	7.50	0.68
SO ₄	[mg/l]	okt						
		dec	18.98	1.59	21.20	0.69	27.26	0.27
PO ₄	[mg/l]	okt						
		dec					0.19	0.01
DOC	[mg/l]	okt						
		dec	84.40	7.54	73.50	28.31	121.01	21.99

3.3 Conclusies

In het algemeen geldt dat verhoogde stikstofdepositie op kortere of langere duur leidt tot eutrofiëring en verzuring van de bodem. Eutrofiëring is met name waarneembaar aan lage C/N verhoudingen in de bovengrond en verzuring aan hoge NO₃ concentraties in de ondergrond. Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat in Mill geen sprake is van een sterkere eutrofiëring of verzuring van de bodem dan elders wordt aangetroffen in een gemiddelde bosgrond.

De C/N verhoudingen in de strooisellagen liggen rond de 25. De range van C/N verhoudingen in de Nederlandse bossen loopt van 20 tot 30. Hieruit valt dus niet af te leiden dat de bodem met stikstof is verzadigd als gevolg van een verhoogde N input in de afgelopen decennia

De C/N verhoudingen in de minerale laag 0-10 liggen rond de 11. Deze verhoudingen liggen lager dan die in de strooisellaag omdat de minerale grond minder organische stof bevat dan de strooisellaag, maar ligt eveneens in de range van C/N verhoudingen in de Nederlandse bossen. In het algemeen is die verhouding niet beïnvloedt door depositie in de afgelopen 30 jaar omdat de veranderingen erg traag zijn. Ook uit die verhouding kan niet worden geconcludeerd dat er de bodem met stikstof is verzadigd.

De NO_3 concentraties in de ondergrond liggen rond de 7 mg l^{-1} met een uitschieter naar 17 mg l^{-1} op de middelste lokatie (M3). Deze waarden zijn allen lager dan de mediaan van de in 1990 nationaal gemeten concentraties. Ook hieruit valt dus niet af te leiden dat er een verhoogde N input heeft plaatsgevonden. In het algemeen geldt dat concentraties in de strooisel-lagen aan SO_4 , ($20\text{-}34 \text{ mg l}^{-1}$), NO_3 , ($21\text{-}35 \text{ mg l}^{-1}$) en NH_4 (2.5 mg l^{-1}) concentraties in Mill zich allemaal rond of beneden de mediaanwaarden zoals gemeten in 1995 (SO_4 32.6 mg l^{-1} , NO_3 35 mg l^{-1} en NH_4 4.9 mg l^{-1}). Dit geldt in grote lijnen ook voor de concentraties in de lagen 0-10 en 10-30. Ook de Al concentratie ligt in de range van waarden zoals die in Nederland wordt gemeten en wijst niet op een extreme verzuring.

Hoewel veronderstelde kritische depositiewaarden voor NO_3 en Al concentraties met betrekking tot veranderingen in de vegetatie en effecten op de boomwortels wel worden overschreden is dit niet anders dan in veel andere bosopstanden waar de bodemvocht samenstelling is gemonitord.

Gegeven de hoge belasting aan stikstof in het verleden is de uitkomst opvallend te noemen. Een mogelijke verklaring is dat de N toevoer in het verleden wel grotendeels is opgeslagen in de strooisellaag (de lage nitraat concentraties wijzen ook op N vastlegging) maar dat dit gelijktijdig gepaard is gegaan met C vastlegging. Deze hypothese kan worden getoetst door het meten van de C pool in strooisel in dit gebied en in minder belast gebied (langs de transect) in samenhang met de geschatte totaal geaccumuleerde N depositie over de periode dat het bedrijf in werking is geweest.

4. Vegetatieopnames en -vitaliteit

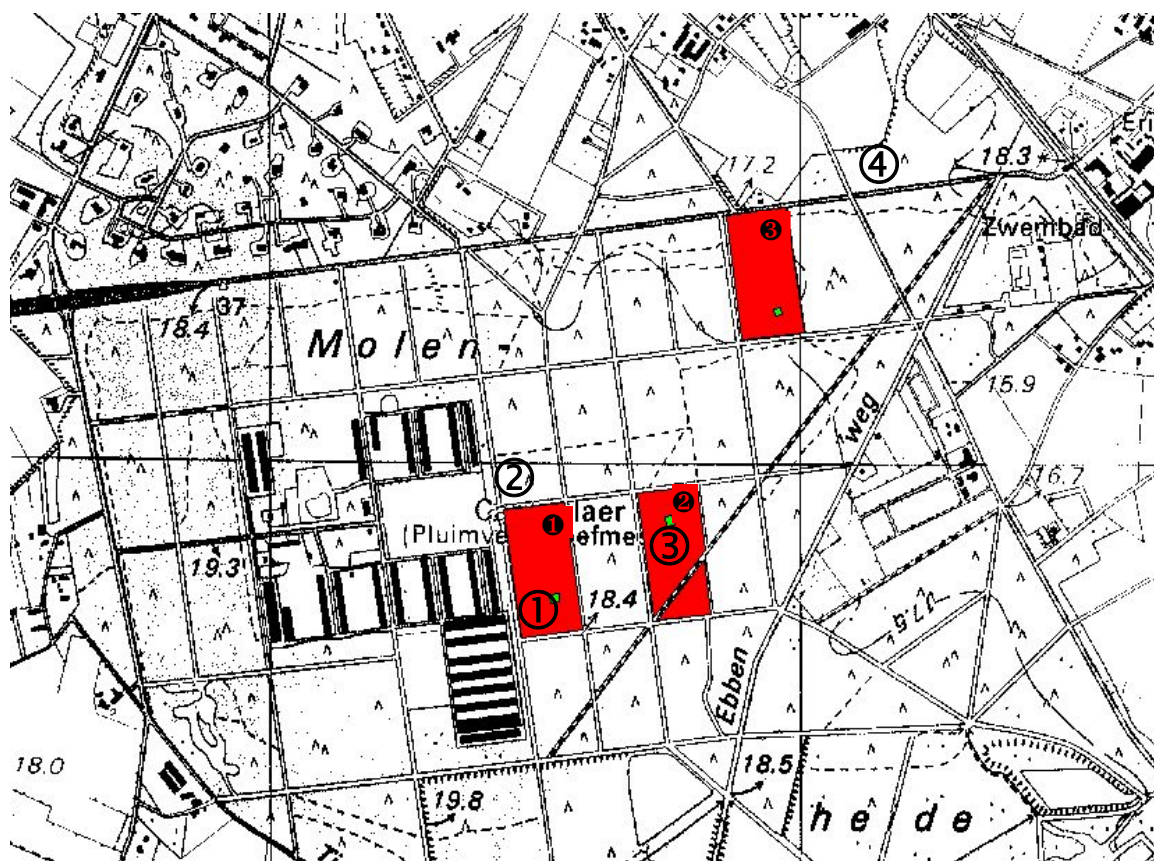
In juli werd op elke lokatie (opstanden van grove den) een vegetatieopname gemaakt. Monsters van *Pinus sylvestris* (Grove den) werden genomen en de volgende parameters werden bepaald:

- N-totaal, NH_4 , NO_3 ,
- ^{15}N : ^{14}N verhouding
- C:N verhouding

Deze N-verbindingen geven een indicatie van de N-belasting, de herkomst van de stikstof (depositie of mineralisatie) en de vorm van de stikstof (NH_y of NO_x) waaraan de planten zijn blootgesteld. De vitaliteit van de vegetatie wordt in het vroege najaar vastgesteld aan de hand van vorstgevoeligheidsmetingen aan 0-jaars naalden van Grove den te bepalen.

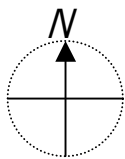
4.1 Vegetatieopnames

Vegetatieopnames (rode vlak) en vitaliteitsmetingen (omcirkelde zwarte cijfers) zijn gemaakt op de lokaties weergegeven in Figuur 4, en in detail daarna.



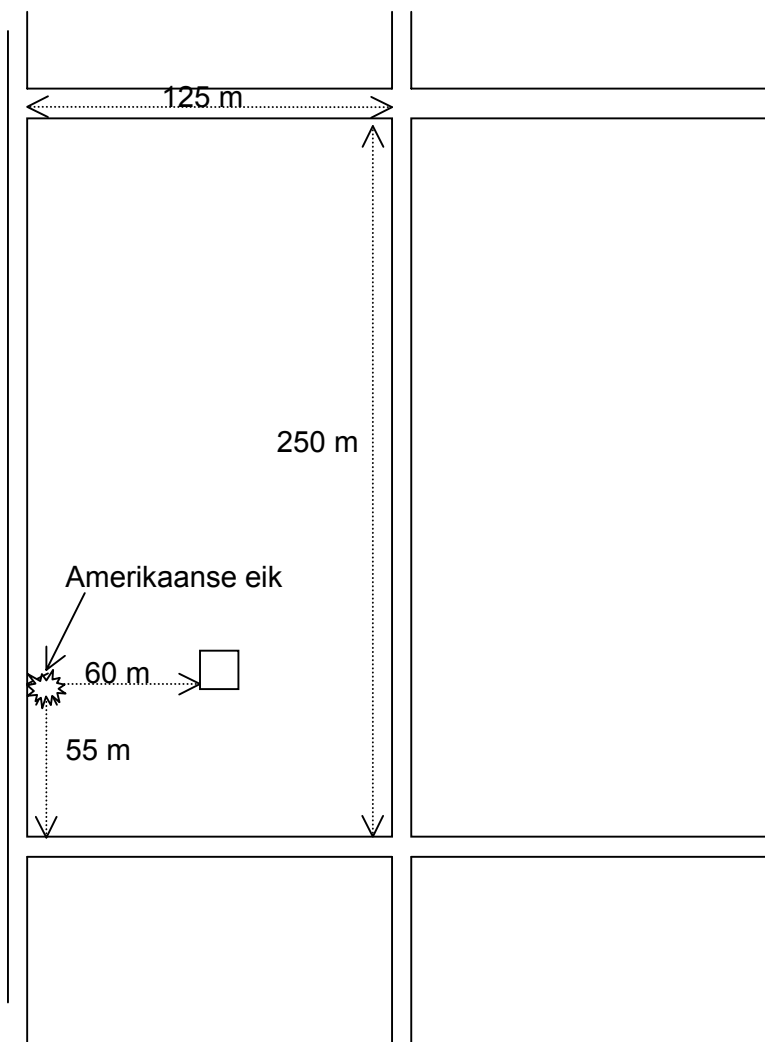
Figuur 4. Situatieschets van de bosopstand Molenbeide.

Opname 1



Hoekbomen voorzien
van nummers, 1 t/m 4

2^e betonpad

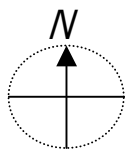


Formulier vegetatieopname boscomplex Molenheide nabij Mill (NB)

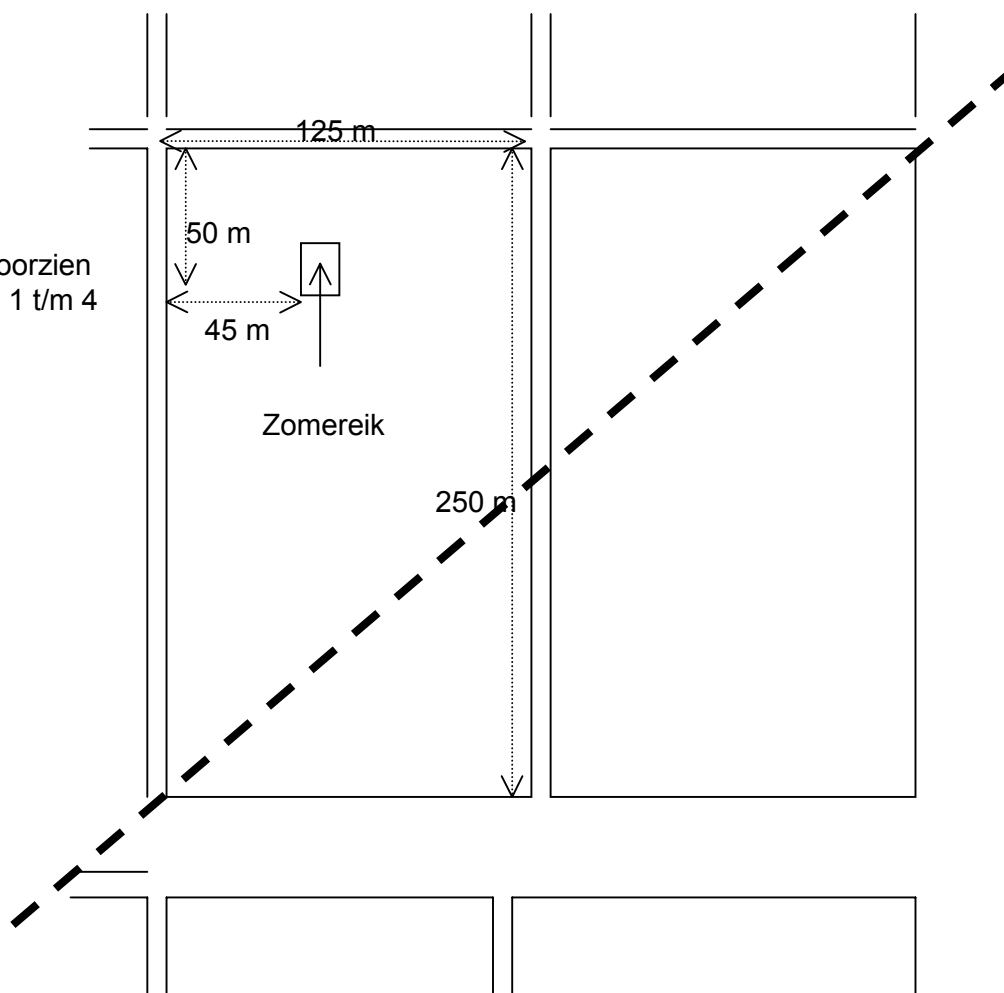
Opnamenr:	1	Totale bedekking:	5	100%		
Datum:	11-07-02	Boomlaag:	3	± 10%	hoogte:	10 m
Plaats:	Molenheide, Mill	Struiklaag:			hoogte:	
Coördinaten:		Kruidlaag:	5	100%	hoogte:	1 m
Oppervlakte:	15 x 15 m (225 m ²)	Moslaag:	5	100%		10 cm
Aspect:	Dennenbos, droog éénzijdig					
Abundantieschaal:	Braun Blanquet					
Waarnemer:	R. Geerts/ W. de Visser					

Boomlaag		1^e cijfer: Braun-Blanquet, abundantie/bedekking	
Grove den	2a . 1	r	<5%, 1 expl., zeer weinig
Zomereik	r . 1	+	<5%, 2-5 expl., weinig
Ruwe eik (niet vitaal)	r . 1	1	<5%, 6-50 expl., talrijk
		2m	<5%, >50 expl., zeer talrijk
		2a	5-12%, willekeurig aantal expl.
		2b	13-25%, willekeurig aantal expl.
		3	26-50%, willekeurig aantal expl.
		4	51-75%, willekeurig aantal expl.
		5	76-100%, willekeurig aantal expl.
Struiklaag			
geen			
Kruidlaag		2^e cijfer: sociabiliteit, mate van groepering	
Bochtige smele	5 . 5	1	alleenstaand
Rankende helmbloem	2m . 2	2	in kleine groepjes of polletjes groeiend
Amerikaanse eik (zaailing)	r . 1	3	om grote groepen groeiend, kussens
Zomereik (zaailing)	+ . 1	4	tapijten of zeer grote groepen vormend
Gewoon struisgras	1 . 2	5	gehele plek homogeen bedekkend
		bedekking	
		1	<1/16 van de grondoppervlakte
		2	1/16 – 1/8 (6.25 – 12.5%)
		3	1/8 – 1/4 (12.5 – 25%)
		4	1/4 – 1/2 (25 – 50%)
		5	1/2 – 1 (50 – 100%)
Moslaag			
Gewoon sterrenmos	2b . 3		
Gewoon dikkopmos (verwarring mogelijk met Gewoon haarspitsmos)	4 . 4		
		Het eerste en tweede cijfer worden gescheiden door een . (+ . 1 of 3 . 5 of 2m . 2)	
		opnamegrootte : 100 – 200 m ²	

Opname 2



Hoekbomen voorzien
van nummers, 1 t/m 4

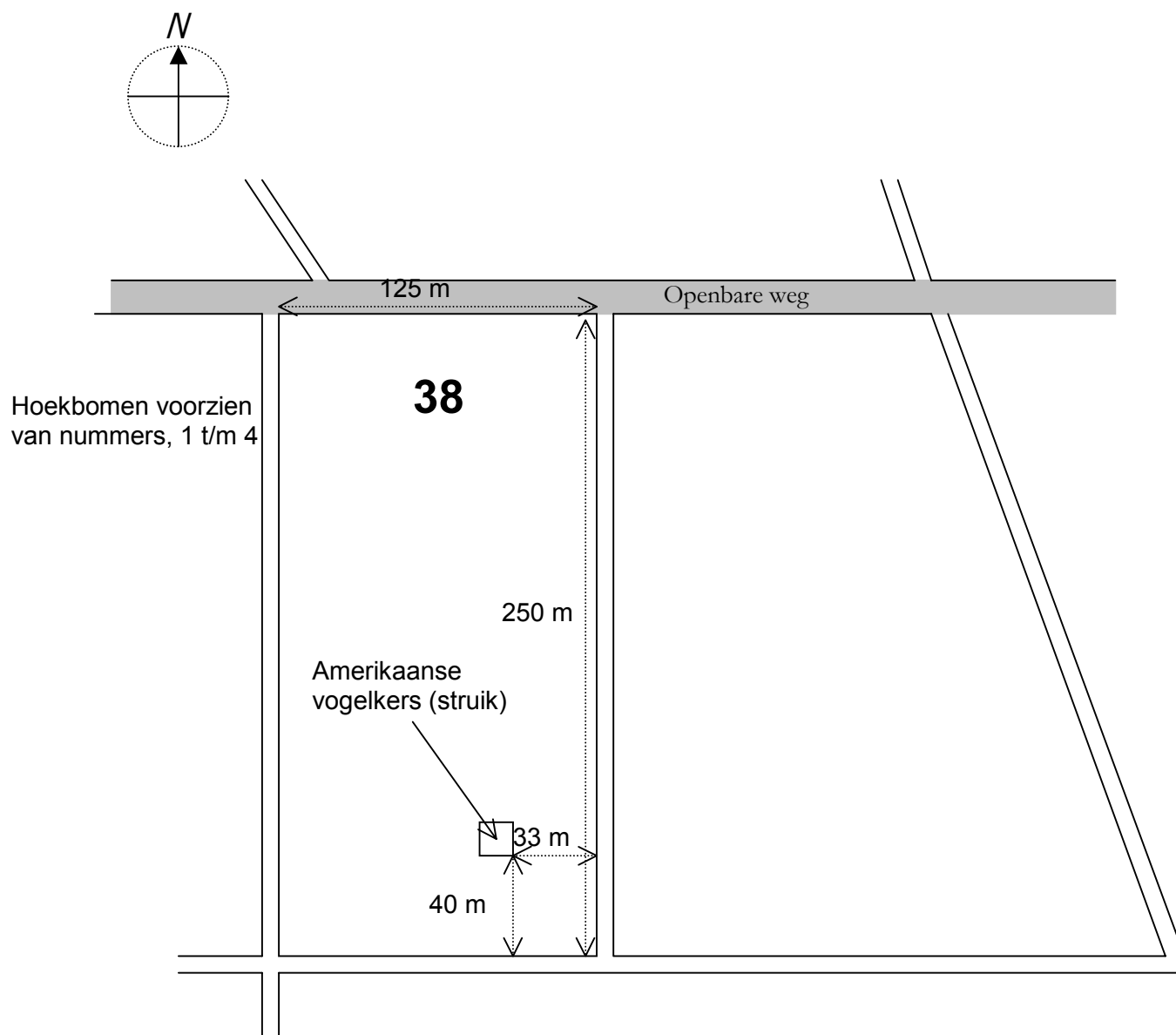


Formulier vegetatieopname boscomplex Molenheide nabij Mill (NB)

Opnamenr:	2	Totale bedekking:	5	85%		
Datum:	11-07-02	Boomlaag:	4	45%	hoogte:	10 m
Plaats:	Molenheide, Mill	Struiklaag:	1	5%	hoogte:	1/2 m
Coördinaten:		Kruidlaag:	4	50%	hoogte:	1 m
Oppervlakte:	12 x 17 m (204 m ²)	Moslaag:	4	40%		< 5 cm
Aspect:	Eiken - Dennenbos					
Abundantieschaal:	Braun Blanquet					
Waarnemer:	R. Geerts/ W. de Visser					

Boomlaag		1^e cijfer: Braun-Blanquet, abundantie/bedekking	
Grove den	3 . 1	r	<5%, 1 expl., zeer weinig
Zomereik	r . 1	+	<5%, 2-5 expl., weinig
Ruwe eik	+ . 1	1	<5%, 6-50 expl., talrijk
		2m	<5%, >50 expl., zeer talrijk
		2a	5-12%, willekeurig aantal expl.
		2b	13-25%, willekeurig aantal expl.
		3	26-50%, willekeurig aantal expl.
		4	51-75%, willekeurig aantal expl.
		5	76-100%, willekeurig aantal expl.
Struiklaag			
Gewone braam	+ . 2		
Zomereik	r . 1		
Ruwe berk	+ . 1		
Grove den	+ . 1		
Kruidlaag		2^e cijfer: sociabiliteit, mate van groepering	
Bochtige smele	2b . 2	1	alleenstaand
Struikheide	2b . 3	2	in kleine groepjes of polletjes groeiend
Amerikaanse eik (zaailing)	+ . 1	3	om grote groepen groeiend, kussens
Grove den (zaailing)	1 . 1	4	tapijten of zeer grote groepen vormend
Zomereik (zaailing)	1 . 1	5	gehele plek homogeen bedekkend
Brede stekelvaren	r . 1		
Moslaag		bedekking	
Gewoon sterrenmos	3 . 3	1	<1/16 van de grondoppervlakte
Gewoon dikkopmos	2a . 3	2	1/16 – 1/8 (6.25 – 12.5%)
(verwarring mogelijk met Gewoon haarspitsmos)		3	1/8 – 1/4 (12.5 – 25%)
Cladonia spec.	+ . 1	4	1/4 – 1/2 (25 – 50%)
		5	1/2 – 1 (50 – 100%)
		Het eerste en tweede cijfer worden gescheiden door een . (+ . 1 of 3 . 5 of 2m . 2)	
		opnamegrootte : 100 - 200 m ²	

Opname 3



Formulier vegetatieopname boscomplex Molenheide nabij Mill (NB)

Opnamenr:	3	Totale bedekking:	5	100%		
Datum:	11-07-02	Boomlaag:	4	50%	hoogte:	15 m
Plaats:	Molenheide, Mill	Struiklaag:	2	8%	hoogte:	2 m
Coördinaten:		Kruidlaag:	3	45%	hoogte:	80 cm
Oppervlakte:	13 x 13 m (169 m ²)	Moslaag:	5	95%		< 5 cm
Aspect:	Dennenbos					
Abundantieschaal:	Braun Blanquet					
Waarnemer:	R. Geerts/ W. de Visser					

Boomlaag		1^e cijfer: Braun-Blanquet, abundantie/bedekking r <5%, 1 expl., zeer weinig + <5%, 2-5 expl., weinig 1 <5%, 6-50 expl., talrijk 2m <5%, >50 expl., zeer talrijk 2a 5-12%, willekeurig aantal expl. 2b 13-25%, willekeurig aantal expl. 3 26-50%, willekeurig aantal expl. 4 51-75%, willekeurig aantal expl. 5 76-100%, willekeurig aantal expl.
Zwarte den	3 . 1	
Struiklaag		
Ruwe berk	+ . 1	
Amerikaanse vogelkers	r . 1	
Kruidlaag		
Bochtige smele	2b . 3	
Brede stekelvaren	1 . 12	
Rankende helmblom	2m . 2	
Zwarte den (zaailing)	2m . 1	
Carex	+ . 2	
Struikheide	1 . 2	
Zomereik (zaailing)	r . 1	
Wilgenroosje	r . 1	
Zachte berk (zaailing)	r . 1	
Moslaag		
Gewoon sterrenmos	2b . 4	
Gewoon dikkopmos (verwarring mogelijk met Gewoon haarspitsmos)	4 . 4	

2^e cijfer: sociabiliteit, mate van groepering	
1	alleenstaand
2	in kleine groepjes of polletjes groeiend
3	om grote groepen groeiend, kussens
4	tapijten of zeer grote groepen vormend
5	gehele plek homogeen bedekkend
bedekking	
1	<1/16 van de grondoppervlakte
2	1/16 – 1/8 (6.25 – 12.5%)
3	1/8 – 1/4 (12.5 – 25%)
4	1/4 – 1/2 (25 – 50%)
5	1/2 – 1 (50 – 100%)
Het eerste en tweede cijfer worden gescheiden door een . (+ . 1 of 3 . 5 of 2m . 2) opnamegrootte : 100 - 200 m ²	

4.2 Mineralen

Op de lokaties op de Molenheide, aangegeven door de cijfers 1 t/m 4 in Figuur 4 zijn in het najaar dennennaalden gemonsterd waarop mineralenanalyses zijn uitgevoerd. Die zijn hieronder in Tabel 13 weergegeven.

Tabel 13. *Mineraalgehalten in Dennennaalden op 4 lokaties in de Molenheide bos, n=3. Voor de lokaties, zie Figuur 4.*

Lokatie	N (%)	NO ₃	NH ₄ (mmol kg ⁻¹)	P	K
1	1.89	2	16	61	234
2	1.93	0	17	49	182
3	1.94	1	18	45	167
4	1.76	0	15	38	144

Het aandeel aan stikstof dat wordt direct uit de lucht opgenomen in de vorm van NH_y of NO_x kan onderscheiden worden door de verhouding tussen ¹⁵N:¹⁴N te analyseren. Deze verhouding komt van nature voor als 0.00368. Het is mogelijk de herkomst van stikstof opgenomen uit de lucht te traceren door deze verhouding te kennen, hoe groter de ¹⁵N:¹⁴N verhouding (delta-air), des de groter het aandeel van ¹⁴N in stikstof.

In biologische processen zoals opname en metabolisme door planten bestaat er een preferentiële opname van ¹⁴N, de lichtere vorm van stikstof. Dit betekent dat een hogere ¹⁵N:¹⁴N verhouding geeft aan dat er meer N afkomstig moet zijn uit de bodem of andere biologische processen zoals planten en (afgeleid daarvan) ammoniak. Het betekent dan ook dat hoe kleiner het delta-air getal, hoe meer N uit de lucht afkomstig is, hetzij als N₂ of NO_x.

Dennennaalden van de Molenheide zijn geanalyseerd op hun gehalte aan stabiele isotopen van stikstof (¹⁵N) waarmee de verhouding ¹⁵N:¹⁴N is bepaald. Deze verhouding (delta-air waarde) was relatieve hoog, (- 2.83), in vergelijking met dat van dennennaalden uit gebieden met lage NH_y concentraties in de lucht, oftewel zonder intensieve veehouderijen (delta-air waardes van -5 tot -8). Hieruit blijkt dat de stikstof in de naalden waarschijnlijk afkomstig was van NH₃ uit de lucht, danwel van stikstof uit de bodem.

4.3 Vitaliteitsmetingen

Op de verschillende lokaties op de Molenheide werden dennennaalden gemonsterd voor vitaliteitsmetingen. De naalden werden blootgesteld aan een reeks van vries-temperaturen door geleidelijk de temperatuur te verlagen tot een target temperatuur dat werd aangehouden gedurende 3 uur. De temperatuur werd vervolgens verhoogd tot +4°C, waarna chlorofyl fluorescentiemetingen werden uitgevoerd op de volgende dag. Chlorofyl fluorescentie is een veel gebruikte techniek die wordt gebruikt als een maat voor de vitaliteit van planten. Een cijfer van 80 geeft aan dat de naalden goed functioneren en dus vitaal zijn. Daarna zijn de naalden gescoord voor visueel schade op een schaal van 1 tot 5 (waar 1 is groen/vitaal en 5 is bruin/dood). De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 14.

Tabel 14. Vitaliteit van *Dennenaalden* op 4 lokaties in de Molenheide bos, $n=3$. Voor de lokaties waar gemonsterd is in het bos, zie Figuur 4.

Lokatie	Vitaliteit				Zichtbare schade			
	+4	-8	-16	-24	+4	-8	-16	-24
1	80.4	37.7	2.1	6.5	1.0	2.9	4.8	5.0
2	78.2	71.3	15.5	2.8	1.0	1.7	4.4	5.0
3	78.6	65.9	9.4	3.9	1.0	1.8	4.7	5.0
4	68.3	69.4	10.4	2.5	1.4	2.1	4.8	4.9

Gemeten onder condities zonder vorst (continu $+4^{\circ}\text{C}$) is te zien dat alle bomen vitaal zijn, behalve op lokatie 4 waar een iets mindere vitaliteit is waar te nemen. Met toenemende vorst worden de naalden meer beschadigd, vooral na blootstelling aan -16°C . Het grootste effect echter lijkt op lokatie 1 te zijn (dichtst bij de toenmalige stallen) waar de vitaliteit van de dennen gehalveerd is al bij een temperatuur van -8°C . In grote lijnen wordt dit beeld bevestigd door de kwalitatieve waarnemingen van zichtbare schade.

4.3 Conclusies

Een analyse van de vegetatiesamenstelling op de Molenheide geeft aan dat er minder verschillende soorten voorkomen dan in vergelijkbare ecosystemen elders in Nederland. De soorten die aanwezig zijn, staan bekend als nitrofiële soorten, d.w.z. soorten die bij voorkeur groeien op plaatsen met een hoge stikstofbeschikbaarheid (b.v. Bochtige smeile, rankende helmbloem en gewoon struisgras). Door de sterke groei van deze soorten zijn andere soorten minder goed in staat zich te manifesteren in deze (ondergroei) vegetatie.

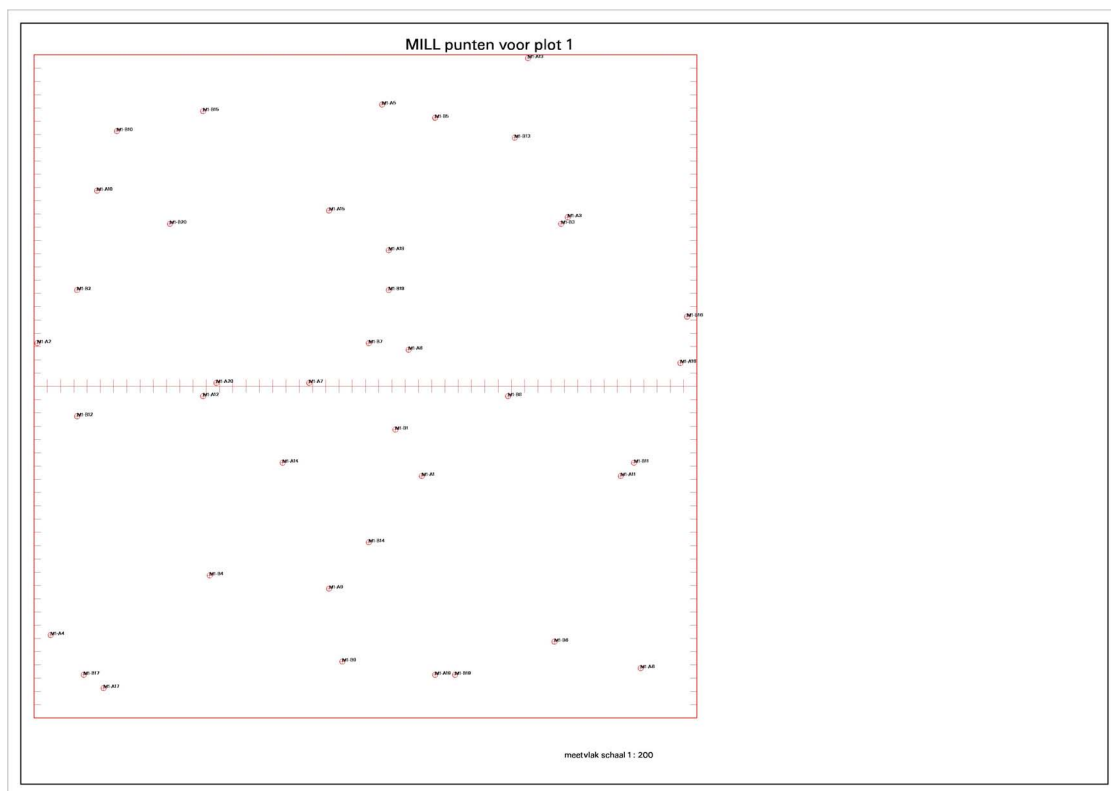
De N-verbindingen gemeten in Grove dennenaalden geven een indicatie van de N-belasting en de vorm van stikstof waaraan de planten zijn blootgesteld. De stikstof in de dennenaalden is overwegend afkomstig van ammoniak. De concentratie aan mineraal stikstof in 0-jaars naalden van Grove den is vergelijkbaar met die in andere locaties met intensieve veehouderij in Nederland. De vitaliteit van Grove den, bepaald aan de hand van de vorstgevoeligheid, blijkt af te nemen op kortere afstand tot de voormalige locatie van de kippenhouderij.

De 'nul-meting' heeft aangetoond dat er in het bos rond de voormalige kippenhouderij relatief weinig plantensoorten voorkomen en dat de dennebomen minder vitaal zijn. De effecten op het bodemvocht zijn gering. De doorval metingen hebben aangetoond dat de N-belasting nog relatief hoog is, gebruikelijk voor gebieden met veel intensieve veehouderij bedrijven. Op korte afstand van de voormalige kippenhouderij is de belasting vele malen hoger geweest. Nu die is komen te vervallen mag verwacht worden dat er een herstel van de vegetatie op zal treden. Om dit proces te volgen, bieden het monitoren van de eventuele veranderingen in de soorten-samenstelling en de vitaliteit van de bomen het meeste perspectief.

Bijlage I.

Beschrijving proefveldjes

Veld 1



Verdeling van de meetpunten in Veld 1.

Veld 1 (M1)

Vak 119a

oppervlakte 0.25 ha (50m x 50m)

x, y linker onderhoek: 182.499, 408.685

x, y rechter bovenhoek: 182.547, 408.739

ligging grenzend aan voormalige kippenhouderij

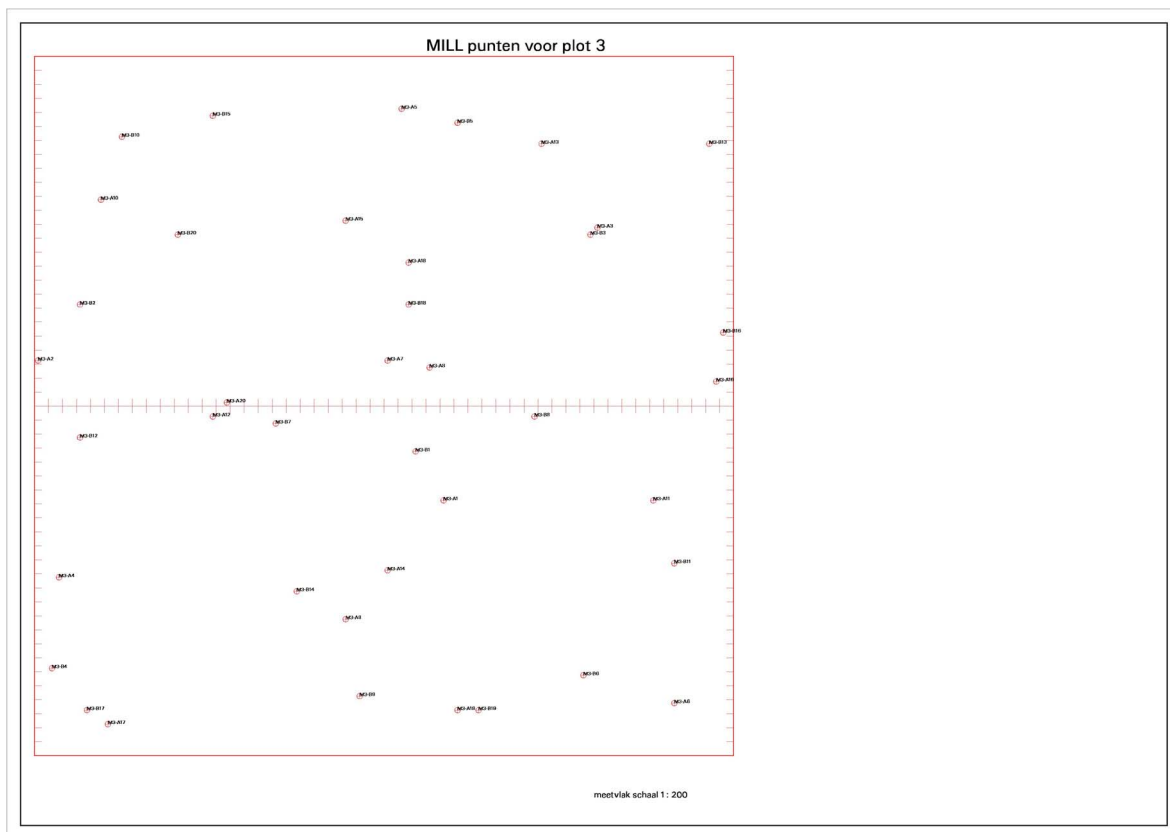
opstand: grove den (1925)

ondergroei: bochtige smeie, veel

strooisel: veel bochtige smeie, gemiddeld 7 cm dik

bodem: gHd30; verwerkte haarpodzolgrond met matig fijn tot matig grof zand met grind

grondwater: Gt VIII; GHG>80, GLG>160

Veld 3c

Verdeling van de meetpunten in Veld 3c.

Veld 3c (M3)

Vak 119b

oppervlakte 0.25 ha (50m x 50m)

x, y linker onderhoek: 182.628, 408.856

x, y rechter bovenhoek: 182.676, 408.911

ligging circa 300m ten Noord-Oosten van veld 1

opstand: grove den (1925)

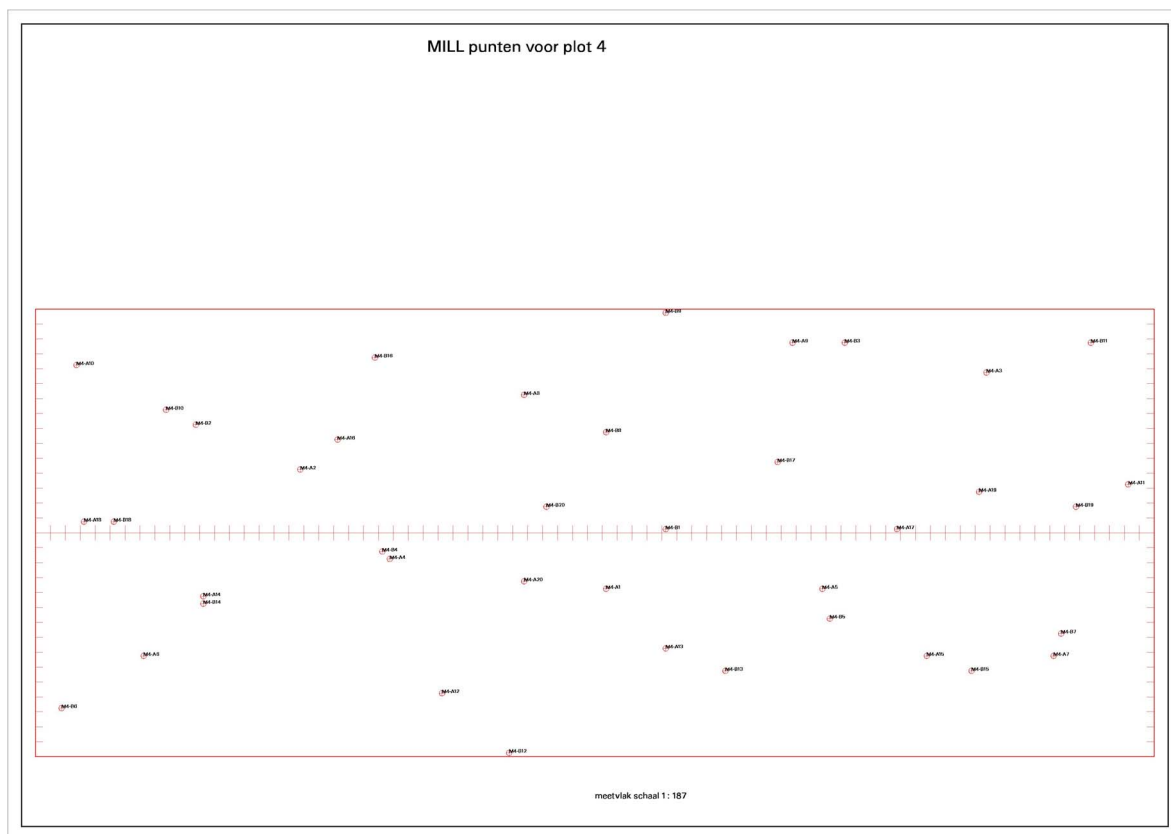
ondergroei: bochtige smele, weinig

strooisel: gemiddeld 7 cm dik

bodem: gHd21; verwerkte haarpodzolgrond met matig fijn zand met grind

grondwater: Gt VIII; GHG>80, GLG>160

Veld 4



Verdeling van de meetpunten in Veld 4.

Veld 4 (M4)

Vak 150b

oppervlakte 0.225 ha (75m x 30m)

x, y linker onderhoek: 183.101, 409.505

x, y rechter bovenhoek: 183.167, 409.547

ligging circa 1000m ten Noord-Oosten van veld 1

opstand: grove den (1927) met veel berkenopslag en Amerikaanse eik

ondergroei: deels bochtige smeie met klauwtjesmos en stekelvaren, deels geen ondergroei

strooisel: gemiddeld 8 cm dik

bodem: gHd30; verwerkte haarpodzolgrond zwak lemig, matig grof zand met grindbijmenging

grondwater: Gt VIII; GHG>80, GLG>160

Bijlage II.

Gelote en gebruikte bemonsteringspunten

Veld 1

nummer	xst	yst	
M1-1-1	29,25	-6,75	A1 16-okt-02
M1-1-2	27,25	-3,25	B1 16-okt-02
M1-1-3	26,25	-6,75	
M1-1-4	30,25	-6,75	
M1-1-5	33,75	-8,75	
M1-1-6	27,75	-11,75	
M1-1-7	27,75	-10,25	
M1-1-8	28,25	-12,75	
M1-1-9	34,25	-13,25	
M1-1-10	35,75	-6,25	
nummer	xst	yst	
M1-2-1	0,25	3,25	A2 16-okt-02
M1-2-2	3,25	7,25	B2 17-okt-02
M1-2-3	3,75	1,75	
M1-2-4	7,75	4,75	
M1-2-5	5,75	12,75	
M1-2-6	0,25	12,25	
M1-2-7	0,25	2,75	
M1-2-8	5,75	13,75	
M1-2-9	4,75	3,25	
M1-2-10	5,25	8,75	
nummer	xst	yst	
M1-3-1	40,25	12,75	A3 16-okt-02
M1-3-2	39,75	12,25	B3 16-okt-02
M1-3-3	49,75	7,25	
M1-3-4	48,25	15,75	
M1-3-5	39,25	10,25	
M1-3-6	45,25	8,25	
M1-3-7	47,75	16,25	
M1-3-8	48,25	16,25	
M1-3-9	48,75	12,25	
M1-3-10	49,75	12,25	

nummer	xst	yst	
M1-6-1	45,75	-21,25	A6 16-okt-02
M1-6-2	39,25	-19,25	B6 16-okt-02
M1-6-3	40,75	-20,25	
M1-6-4	39,25	-24,75	
M1-6-5	41,75	-16,75	
M1-6-6	44,25	-22,25	
M1-6-7	48,25	-15,75	
M1-6-8	43,75	-18,25	
M1-6-9	47,75	-19,75	
M1-6-10	49,25	-17,75	
nummer	xst	yst	
M1-7-1	20,75	0,25	A7 16-okt-02
M1-7-2	25,25	3,25	B7 17-okt-02
M1-7-3	17,25	-1,25	
M1-7-4	23,25	-0,25	
M1-7-5	16,25	-0,75	
M1-7-6	23,75	4,75	
M1-7-7	16,25	-3,25	
M1-7-8	19,25	-2,25	
M1-7-9	18,75	-3,25	
M1-7-10	17,75	0,75	
nummer	xst	yst	
M1-8-1	28,25	2,75	A8 16-okt-02
M1-8-2	35,75	-0,75	B8 16-okt-02
M1-8-3	32,75	-0,25	
M1-8-4	33,25	2,75	
M1-8-5	28,75	-2,25	
M1-8-6	32,75	2,75	
M1-8-7	37,25	4,25	
M1-8-8	37,25	1,25	
M1-8-9	30,75	2,25	
M1-8-10	31,75	2,25	

nummer	xst	yst	
M1-4-1	1,75	-12,25	boom
M1-4-2	1,25	-18,75	A4 16-okt-02
M1-4-3	13,25	-14,25	B4 16-okt-02
M1-4-4	3,75	-15,25	
M1-4-5	1,25	-15,75	
M1-4-6	0,25	-16,25	
M1-4-7	6,75	-12,25	
M1-4-8	0,75	-15,75	
M1-4-9	2,75	-12,25	
M1-4-10	1,75	-14,25	
nummer	xst	yst	
M1-5-1	26,25	21,25	A5 16-okt-02
M1-5-2	30,25	20,25	B5 17-okt-02
M1-5-3	22,25	21,25	
M1-5-4	34,25	18,75	
M1-5-5	25,25	17,75	
M1-5-6	22,25	16,75	
M1-5-7	27,25	15,75	
M1-5-8	25,25	23,25	
M1-5-9	30,75	21,25	
M1-5-10	26,75	21,25	
nummer	xst	yst	
M1-11-1	44,25	-6,75	A11 16-okt-02
M1-11-2	45,25	-5,75	B11 16-okt-02
M1-11-3	45,75	-11,25	
M1-11-4	48,25	-13,75	
M1-11-5	43,75	-3,75	
M1-11-6	47,25	-6,75	
M1-11-7	40,25	-13,75	
M1-11-8	40,75	-11,25	
M1-11-9	46,25	-12,25	
M1-11-10	41,75	-4,75	
nummer	xst	yst	
M1-12-1	12,75	-0,75	A12 16-okt-02
M1-12-2	3,25	-2,25	B12 16-okt-02
M1-12-3	8,75	-0,25	
M1-12-4	9,75	-4,75	
M1-12-5	5,75	-7,75	
M1-12-6	5,75	0,25	
M1-12-7	11,75	-1,75	
M1-12-8	12,25	-1,25	
M1-12-9	12,75	-4,75	
M1-12-10	8,25	-2,25	

nummer	xst	yst	
M1-9-1	22,25	-15,25	A9 16-okt-02
M1-9-2	23,25	-20,75	B9 16-okt-02
M1-9-3	26,25	-18,25	
M1-9-4	23,25	-20,25	
M1-9-5	18,25	-21,75	
M1-9-6	24,75	-13,25	
M1-9-7	25,75	-14,75	
M1-9-8	27,25	-16,25	
M1-9-9	20,75	-24,25	
M1-9-10	22,25	-17,75	
nummer	xst	yst	
M1-10-1	4,75	14,75	A10 16-okt-02
M1-10-2	6,25	19,25	B10 17-okt-02
M1-10-3	2,75	14,75	
M1-10-4	0,75	18,25	
M1-10-5	2,25	23,25	
M1-10-6	1,25	16,25	
M1-10-7	3,75	16,75	
M1-10-8	1,25	15,25	
M1-10-9	1,75	23,75	
M1-10-10	8,25	23,25	
nummer	xst	yst	
M1-16-1	44,25	-0,25	boom
M1-16-2	48,75	1,75	A16 16-okt-02
M1-16-3	49,25	5,25	B16 16-okt-02
M1-16-4	43,75	-0,75	
M1-16-5	37,75	-3,75	
M1-16-6	47,75	1,25	
M1-16-7	44,25	-2,75	
M1-16-8	48,25	-1,75	
M1-16-9	48,75	0,25	
M1-16-10	46,25	3,75	
nummer	xst	yst	
M1-17-1	5,25	-22,75	A17 16-okt-02
M1-17-2	3,75	-21,75	B17 16-okt-02
M1-17-3	2,25	-21,75	
M1-17-4	16,25	-21,75	
M1-17-5	11,75	-20,25	
M1-17-6	13,75	-17,25	
M1-17-7	12,25	-15,75	
M1-17-8	11,25	-20,75	
M1-17-9	3,75	-20,25	
M1-17-10	5,75	-21,25	

nummer	xst	yst	
M1-13-1	37,25	24,75	A13 16-okt-02
M1-13-2	36,25	18,75	B13 17-okt-02
M1-13-3	48,25	18,75	
M1-13-4	37,75	22,75	
M1-13-5	38,75	17,25	
M1-13-6	37,25	17,25	
M1-13-7	37,75	19,75	
M1-13-8	37,75	21,25	
M1-13-9	49,25	24,75	
M1-13-10	49,75	21,25	
nummer	xst	yst	
M1-14-1	18,75	-5,75	A14 16-okt-02
M1-14-2	25,25	-11,75	B14 16-okt-02
M1-14-3	18,75	-13,25	
M1-14-4	14,25	-10,75	
M1-14-5	20,25	-12,75	
M1-14-6	19,25	-12,75	
M1-14-7	15,75	-9,75	
M1-14-8	23,75	-12,25	
M1-14-9	22,75	-12,25	
M1-14-10	21,25	-13,25	
nummer	xst	yst	
M1-15-1	22,25	13,25	A15 16-okt-02
M1-15-2	12,75	20,75	B15 16-okt-02
M1-15-3	19,75	18,75	
M1-15-4	15,75	17,25	
M1-15-5	19,75	23,25	
M1-15-6	17,75	15,75	
M1-15-7	15,75	23,75	
M1-15-8	21,75	12,25	
M1-15-9	19,25	15,75	
M1-15-10	12,75	18,75	

nummer	xst	yst	
M1-18-1	26,75	10,25	A18 16-okt-02
M1-18-2	26,75	7,25	B18 17-okt-02
M1-18-3	29,25	12,75	
M1-18-4	33,75	12,25	
M1-18-5	35,75	12,25	
M1-18-6	25,25	12,25	
M1-18-7	27,25	11,75	
M1-18-8	33,75	9,75	
M1-18-9	30,25	10,75	
M1-18-10	36,25	10,75	
nummer	xst	yst	
M1-19-1	30,25	-21,75	A19 16-okt-02
M1-19-2	31,75	-21,75	B19 16-okt-02
M1-19-3	30,25	-20,25	
M1-19-4	30,75	-21,75	
M1-19-5	38,25	-18,25	
M1-19-6	28,75	-19,75	
M1-19-7	29,25	-20,25	
M1-19-8	28,75	-14,75	
M1-19-9	38,25	-16,25	
M1-19-10	38,25	-24,75	
nummer	xst	yst	
M1-20-1	13,75	0,25	A19 16-okt-02
M1-20-2	10,25	12,25	B19 17-okt-02
M1-20-3	16,25	8,75	
M1-20-4	11,25	12,75	
M1-20-5	22,25	9,75	
M1-20-6	11,75	10,75	
M1-20-7	14,25	7,75	
M1-20-8	20,75	9,75	
M1-20-9	21,75	9,75	
M1-20-10	9,75	4,25	

Veld 3

nummer	xst	yst		
M3-1-1	29,25	-6,75	A1	17-okt-02
M3-1-2	27,25	-3,25	B1	17-okt-02
M3-1-3	26,25	-6,75		
M3-1-4	30,25	-6,75		
M3-1-5	33,75	-8,75		
M3-1-6	27,75	-11,75		
M3-1-7	27,75	-10,25		
M3-1-8	28,25	-12,75		
M3-1-9	34,25	-13,25		
M3-1-10	35,75	-6,25		
nummer	xst	yst		
M3-2-1	0,25	3,25	A2	17-okt-02
M3-2-2	3,25	7,25	B2	17-okt-02
M3-2-3	3,75	1,75		
M3-2-4	7,75	4,75		
M3-2-5	5,75	12,75		
M3-2-6	0,25	12,25		
M3-2-7	0,25	2,75		
M3-2-8	5,75	13,75		
M3-2-9	4,75	3,25		
M3-2-10	5,25	8,75		
nummer	xst	yst		
M3-3-1	40,25	12,75	A3	17-okt-02
M3-3-2	39,75	12,25	B3	17-okt-02
M3-3-3	49,75	7,25		
M3-3-4	48,25	15,75		
M3-3-5	39,25	10,25		
M3-3-6	45,25	8,25		
M3-3-7	47,75	16,25		
M3-3-8	48,25	16,25		
M3-3-9	48,75	12,25		
M3-3-10	49,75	12,25		
nummer	xst	yst		
M3-4-1	1,75	-12,25	A4	17-okt-02
M3-4-2	1,25	-18,75	B4	17-okt-02
M3-4-3	13,25	-14,25		
M3-4-4	3,75	-15,25		
M3-4-5	1,25	-15,75		
M3-4-6	0,25	-16,25		
M3-4-7	6,75	-12,25		
M3-4-8	0,75	-15,75		
M3-4-9	2,75	-12,25		
M3-4-10	1,75	-14,25		

nummer	xst	yst		
M3-6-1	45,75	-21,25	A6	17-okt-02
M3-6-2	39,25	-19,25	B6	17-okt-02
M3-6-3	40,75	-20,25		
M3-6-4	39,25	-24,75		
M3-6-5	41,75	-16,75		
M3-6-6	44,25	-22,25		
M3-6-7	48,25	-15,75		
M3-6-8	43,75	-18,25		
M3-6-9	47,75	-19,75		
M3-6-10	49,25	-17,75		
nummer	xst	yst		
M3-7-1	20,75	0,25	boom	
M3-7-2	25,25	3,25	A7	17-okt-02
M3-7-3	17,25	-1,25	B7	17-okt-02
M3-7-4	23,25	-0,25		
M3-7-5	16,25	-0,75		
M3-7-6	23,75	4,75		
M3-7-7	16,25	-3,25		
M3-7-8	19,25	-2,25		
M3-7-9	18,75	-3,25		
M3-7-10	17,75	0,75		
nummer	xst	yst		
M3-8-1	28,25	2,75	A8	17-okt-02
M3-8-2	35,75	-0,75	B8	17-okt-02
M3-8-3	32,75	-0,25		
M3-8-4	33,25	2,75		
M3-8-5	28,75	-2,25		
M3-8-6	32,75	2,75		
M3-8-7	37,25	4,25		
M3-8-8	37,25	1,25		
M3-8-9	30,75	2,25		
M3-8-10	31,75	2,25		
nummer	xst	yst		
M3-9-1	22,25	-15,25	A9	17-okt-02
M3-9-2	23,25	-20,75	B9	17-okt-02
M3-9-3	26,25	-18,25		
M3-9-4	23,25	-20,25		
M3-9-5	18,25	-21,75		
M3-9-6	24,75	-13,25		
M3-9-7	25,75	-14,75		
M3-9-8	27,25	-16,25		
M3-9-9	20,75	-24,25		
M3-9-10	22,25	-17,75		

nummer	xst	yst	
M3-5-1	26,25	21,25	A5 17-okt-02
M3-5-2	30,25	20,25	B5 17-okt-02
M3-5-3	22,25	21,25	
M3-5-4	34,25	18,75	
M3-5-5	25,25	17,75	
M3-5-6	22,25	16,75	
M3-5-7	27,25	15,75	
M3-5-8	25,25	23,25	
M3-5-9	30,75	21,25	
M3-5-10	26,75	21,25	
nummer	xst	yst	
M3-11-1	44,25	-6,75	A11 17-okt-02
M3-11-2	45,25	-5,75	boom
M3-11-3	45,75	-11,25	B11 17-okt-02
M3-11-4	48,25	-13,75	
M3-11-5	43,75	-3,75	
M3-11-6	47,25	-6,75	
M3-11-7	40,25	-13,75	
M3-11-8	40,75	-11,25	
M3-11-9	46,25	-12,25	
M3-11-10	41,75	-4,75	
nummer	xst	yst	
M3-12-1	12,75	-0,75	A12 17-okt-02
M3-12-2	3,25	-2,25	B12 17-okt-02
M3-12-3	8,75	-0,25	
M3-12-4	9,75	-4,75	
M3-12-5	5,75	-7,75	
M3-12-6	5,75	0,25	
M3-12-7	11,75	-1,75	
M3-12-8	12,25	-1,25	
M3-12-9	12,75	-4,75	
M3-12-10	8,25	-2,25	
nummer	xst	yst	
M3-13-1	37,25	24,75	boom
M3-13-2	36,25	18,75	A13 17-okt-02
M3-13-3	48,25	18,75	B13 17-okt-02
M3-13-4	37,75	22,75	
M3-13-5	38,75	17,25	
M3-13-6	37,25	17,25	
M3-13-7	37,75	19,75	
M3-13-8	37,75	21,25	
M3-13-9	49,25	24,75	
M3-13-10	49,75	21,25	

nummer	xst	yst	
M3-10-1	4,75	14,75	A10 17-okt-02
M3-10-2	6,25	19,25	B10 17-okt-02
M3-10-3	2,75	14,75	
M3-10-4	0,75	18,25	
M3-10-5	2,25	23,25	
M3-10-6	1,25	16,25	
M3-10-7	3,75	16,75	
M3-10-8	1,25	15,25	
M3-10-9	1,75	23,75	
M3-10-10	8,25	23,25	
nummer	xst	yst	
M3-16-1	44,25	-0,25	boom
M3-16-2	48,75	1,75	A16 17-okt-02
M3-16-3	49,25	5,25	B16 17-okt-02
M3-16-4	43,75	-0,75	
M3-16-5	37,75	-3,75	
M3-16-6	47,75	1,25	
M3-16-7	44,25	-2,75	
M3-16-8	48,25	-1,75	
M3-16-9	48,75	0,25	
M3-16-10	46,25	3,75	
nummer	xst	yst	
M3-17-1	5,25	-22,75	A17 17-okt-02
M3-17-2	3,75	-21,75	B17 17-okt-02
M3-17-3	2,25	-21,75	
M3-17-4	16,25	-21,75	
M3-17-5	11,75	-20,25	
M3-17-6	13,75	-17,25	
M3-17-7	12,25	-15,75	
M3-17-8	11,25	-20,75	
M3-17-9	3,75	-20,25	
M3-17-10	5,75	-21,25	
nummer	xst	yst	
M3-18-1	26,75	10,25	A18 17-okt-02
M3-18-2	26,75	7,25	B18 17-okt-02
M3-18-3	29,25	12,75	
M3-18-4	33,75	12,25	
M3-18-5	35,75	12,25	
M3-18-6	25,25	12,25	
M3-18-7	27,25	11,75	
M3-18-8	33,75	9,75	
M3-18-9	30,25	10,75	
M3-18-10	36,25	10,75	

nummer	xst	yst	
M3-14-1	18,75	-5,75	boom
M3-14-2	25,25	-11,75	A14 17-okt-02
M3-14-3	18,75	-13,25	B14 17-okt-02
M3-14-4	14,25	-10,75	
M3-14-5	20,25	-12,75	
M3-14-6	19,25	-12,75	
M3-14-7	15,75	-9,75	
M3-14-8	23,75	-12,25	
M3-14-9	22,75	-12,25	
M3-14-10	21,25	-13,25	
nummer	xst	yst	
M3-15-1	22,25	13,25	A15 17-okt-02
M3-15-2	12,75	20,75	B15 17-okt-02
M3-15-3	19,75	18,75	
M3-15-4	15,75	17,25	
M3-15-5	19,75	23,25	
M3-15-6	17,75	15,75	
M3-15-7	15,75	23,75	
M3-15-8	21,75	12,25	
M3-15-9	19,25	15,75	
M3-15-10	12,75	18,75	

nummer	xst	yst	
M3-19-1	30,25	-21,75	A19 17-okt-02
M3-19-2	31,75	-21,75	B19 17-okt-02
M3-19-3	30,25	-20,25	
M3-19-4	30,75	-21,75	
M3-19-5	38,25	-18,25	
M3-19-6	28,75	-19,75	
M3-19-7	29,25	-20,25	
M3-19-8	28,75	-14,75	
M3-19-9	38,25	-16,25	
M3-19-10	38,25	-24,75	
nummer	xst	yst	
M3-20-1	13,75	0,25	A20 17-okt-02
M3-20-2	10,25	12,25	B20 17-okt-02
M3-20-3	16,25	8,75	
M3-20-4	11,25	12,75	
M3-20-5	22,25	9,75	
M3-20-6	11,75	10,75	
M3-20-7	14,25	7,75	
M3-20-8	20,75	9,75	
M3-20-9	21,75	9,75	
M3-20-10	9,75	4,25	

Veld 4

nummer	xst	yst	
M4-1-1	38,25	-3,75	A1 21-okt-02
M4-1-2	42,25	0,25	B1 21-okt-02
M4-1-3	43,25	4,75	
M4-1-4	39,25	-0,25	
M4-1-5	40,75	6,75	
M4-1-6	46,75	-1,25	
M4-1-7	42,75	5,25	
M4-1-8	46,25	1,75	
M4-1-9	42,25	2,75	
M4-1-10	40,25	-0,75	
nummer	xst	yst	
M4-2-1	14,75	3,25	boom
M4-2-2	17,75	4,25	A2 21-okt-02
M4-2-3	10,75	7,25	B2 21-okt-02
M4-2-4	13,75	10,25	
M4-2-5	14,75	1,75	
M4-2-6	17,75	8,25	
M4-2-7	14,75	6,25	
M4-2-8	10,75	5,25	
M4-2-9	12,75	2,25	
M4-2-10	19,75	5,25	
nummer	xst	yst	
M4-3-1	63,75	10,75	A3 21-okt-02
M4-3-2	54,25	12,75	B3 21-okt-02
M4-3-3	55,75	10,75	
M4-3-4	57,75	10,75	
M4-3-5	56,75	10,75	
M4-3-6	52,75	9,75	
M4-3-7	61,75	3,75	
M4-3-8	63,25	8,25	
M4-3-9	61,75	12,25	
M4-3-10	61,25	9,75	
nummer	xst	yst	
M4-4-1	23,75	-1,75	A4 21-okt-02
M4-4-2	23,25	-1,25	B4 21-okt-02
M4-4-3	21,75	-5,75	
M4-4-4	22,25	-8,25	
M4-4-5	21,25	-6,25	
M4-4-6	20,25	1,25	
M4-4-7	20,25	-6,75	
M4-4-8	21,75	-0,75	
M4-4-9	25,25	-5,75	
M4-4-10	27,25	-5,75	

nummer	xst	yst	
M4-6-1	7,25	-8,25	A6 21-okt-02
M4-6-2	2,25	-4,25	boom
M4-6-3	1,75	-11,75	B6 21-okt-02
M4-6-4	7,25	-7,25	
M4-6-5	1,75	-9,75	
M4-6-6	1,25	-14,25	
M4-6-7	1,25	-5,75	
M4-6-8	6,75	-8,25	
M4-6-9	3,25	-13,25	
M4-6-10	4,75	-4,75	
nummer	xst	yst	
M4-7-1	67,75	-6,75	wortel
M4-7-2	68,25	-8,25	A7 21-okt-02
M4-7-3	68,75	-6,75	B7 21-okt-02
M4-7-4	69,75	-10,75	
M4-7-5	72,75	-13,25	
M4-7-6	66,25	-14,75	
M4-7-7	68,75	-7,25	
M4-7-8	71,75	-5,25	
M4-7-9	66,25	-9,75	
M4-7-10	69,75	-5,25	
nummer	xst	yst	
M4-8-1	32,75	9,25	A8 21-okt-02
M4-8-2	38,25	6,75	B8 21-okt-02
M4-8-3	34,25	10,75	
M4-8-4	35,25	13,25	
M4-8-5	38,75	9,25	
M4-8-6	31,25	14,75	
M4-8-7	34,25	14,75	
M4-8-8	36,25	13,75	
M4-8-9	28,25	11,75	
M4-8-10	34,25	9,75	
nummer	xst	yst	
M4-9-1	50,75	12,75	A9 21-okt-02
M4-9-2	42,25	14,75	B9 21-okt-02
M4-9-3	39,25	9,25	
M4-9-4	46,25	12,25	
M4-9-5	43,25	8,25	
M4-9-6	41,75	7,25	
M4-9-7	46,75	6,75	
M4-9-8	48,25	7,75	
M4-9-9	39,75	10,75	
M4-9-10	51,75	10,75	

nummer	xst	yst	
M4-5-1	52,75	-3,75	A5 21-okt-02
M4-5-2	53,25	-5,75	B5 21-okt-02
M4-5-3	55,25	-4,25	
M4-5-4	50,25	-14,25	
M4-5-5	47,75	-9,25	
M4-5-6	53,75	-3,25	
M4-5-7	52,25	-4,75	
M4-5-8	52,25	-5,75	
M4-5-9	52,25	-3,25	
M4-5-10	50,25	-1,75	
nummer	xst	yst	
M4-11-1	73,25	3,25	A11 21-okt-02
M4-11-2	70,75	12,75	B11 21-okt-02
M4-11-3	73,25	13,75	
M4-11-4	65,75	5,75	
M4-11-5	69,75	14,25	
M4-11-6	73,75	6,75	
M4-11-7	65,75	11,25	
M4-11-8	67,75	6,25	
M4-11-9	70,25	11,25	
M4-11-10	74,25	9,25	
nummer	xst	yst	
M4-12-1	28,75	-8,75	boom
M4-12-2	27,25	-10,75	A12 21-okt-02
M4-12-3	23,75	-13,75	boom
M4-12-4	31,75	-14,75	B12 21-okt-02
M4-12-5	27,75	-14,25	
M4-12-6	29,75	-9,25	
M4-12-7	26,75	-8,25	
M4-12-8	25,75	-11,75	
M4-12-9	31,75	-9,25	
M4-12-10	33,75	-10,25	
nummer	xst	yst	
M4-13-1	42,25	-7,75	A13 21-okt-02
M4-13-2	45,75	-14,75	boom
M4-13-3	46,25	-9,25	B13 21-okt-02
M4-13-4	46,25	-13,75	
M4-13-5	41,25	-9,25	
M4-13-6	39,75	-7,75	
M4-13-7	43,75	-8,25	
M4-13-8	42,25	-10,25	
M4-13-9	46,25	-7,75	
M4-13-10	42,75	-5,75	

nummer	xst	yst	
M4-10-1	2,75	11,25	A10 21-okt-02
M4-10-2	8,75	8,25	B10 21-okt-02
M4-10-3	2,75	12,75	
M4-10-4	7,75	6,25	
M4-10-5	11,25	14,25	
M4-10-6	1,75	9,75	
M4-10-7	2,25	8,75	
M4-10-8	5,25	12,25	
M4-10-9	9,25	11,25	
M4-10-10	7,75	14,75	
nummer	xst	yst	
M4-16-1	20,25	6,25	A16 21-okt-02
M4-16-2	22,75	11,75	B16 21-okt-02
M4-16-3	25,25	3,25	
M4-16-4	17,75	10,25	
M4-16-5	18,75	13,25	
M4-16-6	20,75	9,75	
M4-16-7	25,75	8,75	
M4-16-8	16,25	11,75	
M4-16-9	24,75	9,75	
M4-16-10	17,75	13,75	
nummer	xst	yst	
M4-17-1	57,75	0,25	A17 21-okt-02
M4-17-2	49,75	4,75	B17 21-okt-02
M4-17-3	58,75	3,75	
M4-17-4	54,25	7,25	
M4-17-5	57,25	-0,25	
M4-17-6	54,75	0,25	
M4-17-7	48,25	5,75	
M4-17-8	48,25	1,75	
M4-17-9	51,25	1,25	
M4-17-10	50,75	0,75	
nummer	xst	yst	
M4-18-1	3,25	0,75	A18 21-okt-02
M4-18-2	5,25	0,75	B18 21-okt-02
M4-18-3	2,25	0,75	
M4-18-4	10,75	-1,75	
M4-18-5	10,75	0,75	
M4-18-6	8,75	2,75	
M4-18-7	2,75	2,75	
M4-18-8	4,25	0,75	
M4-18-9	9,25	-3,25	
M4-18-10	8,25	5,25	

nummer	xst	yst	
M4-14-1	11,25	-4,25	A14 21-okt-02
M4-14-2	11,25	-4,75	B14 21-okt-02
M4-14-3	16,75	-6,75	
M4-14-4	12,25	-14,25	
M4-14-5	14,25	-14,25	
M4-14-6	10,25	-13,75	
M4-14-7	12,75	-11,25	
M4-14-8	19,75	-9,75	
M4-14-9	16,25	-7,75	
M4-14-10	17,25	-6,25	
nummer	xst	yst	
M4-15-1	59,75	-8,25	A15 21-okt-02
M4-15-2	62,75	-9,25	B15 21-okt-02
M4-15-3	58,25	-4,75	
M4-15-4	63,75	-13,25	
M4-15-5	61,75	-11,25	
M4-15-6	60,25	-4,25	
M4-15-7	59,25	-13,75	
M4-15-8	59,75	-3,25	
M4-15-9	62,25	-4,75	
M4-15-10	58,75	-1,75	

nummer	xst	yst	
M4-19-1	63,25	2,75	A19 21-okt-02
M4-19-2	69,75	1,75	B19 21-okt-02
M4-19-3	72,75	-1,75	
M4-19-4	66,75	1,25	
M4-19-5	66,75	-3,25	
M4-19-6	66,75	-0,25	
M4-19-7	63,75	1,25	
M4-19-8	73,25	2,75	
M4-19-9	65,25	-3,25	
M4-19-10	62,75	-1,25	
nummer	xst	yst	
M4-20-1	32,75	-3,25	A20 21-okt-02
M4-20-2	26,25	1,25	boomwortels
M4-20-3	34,25	1,75	B20 21-okt-02
M4-20-4	30,75	2,25	
M4-20-5	30,25	4,25	
M4-20-6	27,75	-4,25	
M4-20-7	35,75	-3,25	
M4-20-8	29,25	2,25	
M4-20-9	27,25	0,25	
M4-20-10	27,75	0,25	

