



ALTERRA

WAGENINGEN UR

Meetnet Verzuring provincie Utrecht

Rapportage over uitvoering in 2004, 2005, 2006 en 2007

R.P.J.J. Rietra
D.J. Brus

Alterra-rapport 1534, ISSN 1566-7197



Meetnet Verzuring provincie Utrecht

Meetnet Verzuring provincie Utrecht

Rapportage over uitvoering in 2004, 2005, 2006 en 2007

René Rietra

Dick Brus

Alterra-rapport 1534

Alterra, Wageningen, 2007

REFERAAT

R.P.J.J. Rietra en D.J. Brus, 2007. *Meetnet Verzuring provincie Utrecht; Rapportage over opzet en uitvoering in 2004, 2005, 2006 en 2007*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1534. 110 blz.; 3 tab.; 10 ref.

Gepresenteerd wordt een rapportage van het meetnet verzuring over het meetjaar 2004, 2005, 2006 en 2007. De huidige metingen en de rapportage zijn het resultaat van een innovatie van het meetnet in 2004. De vorm van de rapportage is zoals in de voorgaande rapportages en zoals initieel gepland. Het doel is de vaststelling van de toestand van de verzuring van de bodem op de Utrechtse Heuvelrug en een robuuste bepaling van de trends. Besproken wordt de toestand en de trends zoals waargenomen op basis van bodemanalyses, en de toestand op basis van vegetatie. Gedurende vier meetjaren zijn op 40 locaties twee keer bodembemonsteringen op drie diepten uitgevoerd, en is één keer de vegetatie geïnventariseerd. De toestand van de bodem (6 op 11 locaties) en vegetatie (7 op 11 locaties) geeft aan dat maar een deel van de locaties de minimale pH heeft die gewenst is gezien de natuurdoeltypen. Tevens heeft een deel van de locaties een hogere nitraatuitspoeling heeft dan gewenst: 93 % van de locaties voldoet aan de minst kritische norm van 11,3 mg N/l (voor de productie van schoon drinkwater), en 63% van de locaties voldoet aan de streefwaarde grondwater van 5,6 mg N/l. Het meest kritisch is de doelstelling voor nitraat op basis van soortensamenstelling van 3 mg N/l in bodemvcht: hieraan voldoet maar 28% van de locaties. Er zijn zoals verwacht geen relevante significante veranderingen tussen 2004 en 2005, 2005 en 2006, en tussen 2006-2007.

Trefwoorden: meetnet, provincie Utrecht, verzuring

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via www.alterra.wur.nl. Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie www.boomblad.nl/rapportenservice.

© 2007 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

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

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

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

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Achtergrond	11
1.2 Doel van deze rapportage meetnet verzuring	12
2 Resultaten meetrondes 2004 t/m 2007	13
2.1 Huidige resultaten en planning	13
2.2 Toetsen kwaliteit	13
2.3 Toetsen trends	15
3 Evaluatie van het huidige meetnet	17
Literatuur	19
 <i>Bijlagen</i>	
1 Innovatie Meetnet Verzuring	21
2 Vegetatieopnamen uit MFV	45
3 Natuurdoeltypen en natuurdoelen	47
4 Analysegegevens	49
5 Bemonsterde diepten in 2004, 2005, 2006 en 2007	53
6 Statistische verwerking meetnetgegevens meetnet Utrecht tot en met vierde meetronde.	55
7 Draaiboek meetronde 2004	67
8 Foto's van de in 2007 bemonsterde locaties	71
9 Boorbeschrijvingen 2004	75
10 Boorbeschrijvingen 2005	91
11 Boorschrijvingen 2006	99

Woord vooraf

In 2004 is een voorstel gedaan voor een innovatie van het meetnet verzuring van de provincie Utrecht. Daarna is elk jaar (2004, 2005, 2006, 2007) een bemonstering uitgevoerd en gerapporteerd.

Samenvatting

In 2004 is een innovatie voorgesteld om te komen tot een robuust meetnet van verzuring. Omdat de meetronde 2007 het vierde meetjaar is van een cyclus van 4 meetronden is het relevant om conclusies te maken. De innovatie kwam voort uit een behoefte om een relatie te leggen tussen de verzuring van de bodem en de effecten op de vegetatie, en uit de behoefte om beter de trends te bepalen. De soortenrijkdom van de vegetatie is op de meetnetlocaties vastgesteld binnen het landelijke meetnet ten behoeve van de bosstatistiek (MFV). Op een selectie van locaties uit het MFV zijn grondmonsters uit drie bodemlagen (horizonten) geanalyseerd. De meetresultaten zijn vergeleken met diverse kwaliteitsnormen. In onderstaande tabel staat per criterium of doel welk percentage van de bemonsterde locaties voldoet aan de norm. Belangrijke parameters zijn het nitraat in het bodemvocht en de – op basis van de vegetatie gemodelleerde – voedselrijkdom, zuurgraad en vochtgehalte van de bodem.

Het bodemvocht van de onderzochte bodemlocaties voldoet aan de drinkwaternorm met betrekking tot de stof nitraat. Voor de streefwaarde voor grondwater geldt dit voor meer dan 73 % van de locaties. De hoeveelheid nitraat voldoet op maar 28% van de locaties op basis van een doel welke gesteld kan worden om de soortensamenstelling van planten te beschermen. Conclusies over de milieukwaliteit in relatie tot de gewenste natuurkwaliteit (op basis van vegetatie) zijn niet mogelijk omdat slechts een zeer beperkt aantal locaties een kritisch natuurdoeltype heeft, en bij een groot aantal locaties het natuurdoeltype multifunctioneel bos is, waarvoor geen kritische milieugrenzen gelden. De provincie Utrecht (sector MST, in samenwerking met sector RER) werkt in het kader van het project Systeembenadering bodem en grondwater (gestart in 2005) aan uitbreiding van de milieucriteria voor multifunctionele natuurdoeltypen. Het is de bedoeling dat deze criteria in de toekomst gebruikt kunnen gaan worden in de rapportages van het meetnet Verzuring.

Resultaten van meetronde 2004, 2005, 2006 en 2007	Percentage van de locaties dat voldoet
Norm voor drinkwater[NO ₃]	95 %
Streefwaarde voor grondwater [NO ₃]	73 %
Kwaliteit op basis van eisen gesteld vanuit samenstelling plantensoorten [NO ₃]	28%
Bosvitaliteit-boomgroei [NO ₃]	63%
kritische grens behorende bij het betreffende natuurdoeltype [pH]	55 %*
voedselrijkdom bij natuurdoeltype Hz3.13 en Hz3.14	82 %*
Zuurgraad bij natuurdoeltype Hz3.13 en Hz3.14	64 %*
Vocht bij natuurdoeltype Hz3.13 en Hz3.14	100 %*

* bij een groot aantal locaties behoort het natuurtype: multifunctioneel bos waardoor het aantal met een kritisch natuurdoeltype beperkt is.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Een belangrijke opdracht voor provincies en lokale overheden is het realiseren van een duurzame kwaliteitsverbetering van bodem en water. Kennis over de samenhang tussen bodem, water, natuur, landschap en cultuurhistorie is hierbij essentieel. De genoemde kennis is onontbeerlijk voor bijvoorbeeld de systeembeschrijving van de huidige situatie, de autonome ontwikkeling en de milieugevolgen van voorgenomen activiteiten in het plangebied van de provincie Utrecht.

De monitoring van verzuring wordt interprovinciaal als een algemene zorgplicht beschouwd. De Europese Kaderrichtlijn Water, de Europese notitie inzake een thematische strategie van de bodembescherming, de Europese verordening inzake de bewaking van bossen en milieu-interacties, het project Bodem Informatie Essentieel voor Landelijke en Lokale Sturing (BIELLS), en de reconstructiegebieden rechtvaardigen een gedegen monitoring van het thema verzuring.

Volgens het provinciaal milieubeleidsplan (PMP) 2004-2008, waarin de doelstellingen van het nationaal milieubeleidsplan zijn opgenomen, moet de kwaliteit van bodem en grondwater gerapporteerd worden. Hiertoe is tegelijkertijd met het milieubeleidsplan en het waterhuishoudplan (WHP) het concept monitoringsprogramma voor de verschillende milieucompartimenten opgesteld. Via de bodemkwaliteitsmeetnetten Verspreiding, Freatisch grondwater, Verzuring en het meetnet Grondwaterkwaliteit stelt de provincie de kwaliteit van het milieucompartiment bodem vast. De resultaten worden vastgelegd in afzonderlijke rapportages van de meetnetten en zijn onderbouwd op basis van de beschikbare gegevens en de landelijk vastgestelde normen. Daarnaast worden door de dienst Ruimte en Groen in een aantal gebieden regelmatig ecologische effectmetingen verricht door inventarisaties van flora en fauna op structurele basis. Hierdoor ontstaat een zo goed mogelijk beeld van de milieukwaliteit in de provincie Utrecht.

Sinds 1994 meet de provincie Utrecht om de twee jaar de verzuring in de bosbodems op de Utrechtse Heuvelrug en richt zich hierbij op het volgen van veranderingen van verzuringsindicatoren in de bodem en in het bodemvocht in de bovenste meter van het bodemprofiel. Gedurende deze periode is een schat aan ervaring opgedaan en een goede indicatie verkregen van de bodemkwaliteit in bosgebieden op de Utrechtse Heuvelrug. Landelijk en interprovinciaal zijn ervaringen op elkaar afgestemd. Dit heeft geleid tot rapportage over vergelijking van verschillende meetnetten tussen de provincies onderling. In samenwerking met de Universiteit Utrecht en zeven anderen provincies is een promotiestudie uitgevoerd naar het meten van verzuring in bosbodems.

Het huidige onderzoek is een resultaat van de samenwerking van de diensten 'Water en Milieu' en 'Ruimte en Groen' om het thema verzuring integraal te monitoren. Nationaal wordt deze wijze van monitoren voorgesteld in het project 'Kwali-tijd' waarbij de meetmethodes van bodem en grondwater worden geharmoniseerd.

De provincie wil dat het meetnet verzuring resultaten geeft, waarmee vastgesteld kan worden of de, in het PMP en in andere plannen en beleid, gestelde doelen gehaald worden.

De provincie wil daarbij dat met de best toepasbare techniek monsters genomen worden en analyses worden uitgevoerd. De resultaten moeten vergeleken kunnen worden met resultaten elders in het land en ook internationaal.

Voor de Utrechtse Heuvelrug is een gebiedsdekkend meetnet ontworpen, aan de hand waarvan betrouwbare uitspraken kunnen worden gedaan over de bodemkwaliteit. In 2004 is gestart met het huidige hernieuwde gebiedsdekkende meetnet.

De mogelijkheid om beleidsvoornemens te modelleren en door te rekenen is mede bepalend geweest voor de omvang van het meetnet. De provincie wil graag weten wat de resultaten van de eerste vier meetronden van het vernieuwde meetnet Verzuring zijn.

1.2 Doel van deze rapportage meetnet verzuring

Het doel van de rapportage is om de resultaten van de meetrondes verzuring samen te vatten die zijn uitgevoerd in de periode van 2004 t/m 2007. Hierbij worden de resultaten weergegeven (hoofdstuk 2) volgens een format die vooraf is afgesproken bij de innovatie van het meetnet verzuring (Bijlage 1). Daarnaast worden in de bijlagen van dit rapport alle gegevens uit het meetnet, en de gebruikte rekenmethoden (Bijlage 6) gegeven zodat dit rapport gelezen kan worden als een afsluiting van de laatste vier jaren. Op het einde van het rapport wordt het huidige meetnet geëvalueerd.

In het kort komt worden de volgende zaken in de resultaten besproken:

1. De kwaliteit van de bodem wordt beoordeeld op basis van bodemanalyses van drie horizonten en de parameters: pH, N-NO₃, N-NH₄ en de normen of doelen die daarvoor gelden.
2. De resultaten van de analyses worden statistisch getoetst (zie Bijlage 6). Ontwikkeling van de bodemkwaliteit wordt beoordeeld door te kijken of er significante verschillen tussen de jaren zijn.
3. De status van verzuring en eutrofiëring wordt beoordeeld. Naast de bodemgegevens zijn de plantensoorten op de locaties bepaald en hiermee zijn de Ellenbergindicatorgetallen voor vocht, zuur en voedselrijkdom berekend. Deze indicatorgetallen worden vergeleken met de aan het natuurdoeltype gekoppelde milieu-randvoorwaarden.
4. Een vergelijking tussen de bodem en de vegetatiegegevens wordt gemaakt. Eventuele consequenties voor de betrouwbaarheid of inrichting van het meetnet worden gerapporteerd.

2 Resultaten meetrondes 2004 t/m 2007

2.1 Huidige resultaten en planning

In Bijlage 4 zijn alle gegevens van de vier meetjaren gegeven. Het is in 2005 gebleken dat bij de bemonstering goed opgelet moet worden dat de opeenvolgende bemonsteringen bij dezelfde bodemdiepten moeten plaatsvinden. In Bijlage 5 zijn daarom alle bemonsterde diepten gegeven zodat voor 2007 een overzicht beschikbaar is. In 2006 en 2007 zijn alle bemonsteringen correct verlopen. Foto's van 2007 zijn op elke locatie genomen en worden op een bij dit rapport behorende CD apart geleverd.

2.2 Toetsen kwaliteit

Om de toestand van de bodemkwaliteit eenvoudig te toetsen wordt gebruik gemaakt van de normen die gelden of de doelen die daarvoor ontwikkeld zijn (zie Tabel 9 in "Innovatie meetnet verzuring"). In Tabel 1 is vermeld hoeveel locaties voldoen aan de gestelde doelen. Afgelezen kan worden voor hoeveel locaties doelen gesteld zijn en hoeveel locaties voldoen aan die gestelde doelen. Doordat de doelen opgedeeld zijn in: "te beschermen", "criteria" en "doel" is af te lezen welke toestand minder gewenst is (te zuur, of te hoge voedselrijkdom; lees in dit geval: te veel stikstofdepositie).

Alle 40 geplande locaties zijn nu twee keer bezocht. Het aantal in 2004, 2005, 2006 en 2007 bemonsterde locaties waarvoor een kritisch natuurdoel is gesteld is beperkt (11)(zie Tabel 1, rij nr 5). Alle locaties hebben een zuurgraad die voldoet aan de gestelde randvoorwaarde. Dit geldt niet voor de vegetatie (zie Tabel 1, rij nr. 8). De gegevens in Tabel 1 geven aan (zie Tabel 1, rij 7, 8, en 9) dat op basis van de vegetatie de zuurgraad de meest kritische factor is, in vergelijking tot voedselrijkdom en vocht. Het geringe aantal locaties maakt het toetsen moeilijk. Bij maar 48% van de locaties voldoet het bodemvocht aan het algemene criterium dat gesteld wordt aan de concentratie van nitraat in relatie tot de bescherming van de soortensamenstelling (zie Tabel 1, rij 3). Andere criteria voor nitraat zijn minder kritisch (streefwaarde en norm voor drinkwater)(zie Tabel 1, rij 1 en 2).

Voor het natuurdoeltype "multifunctioneel bos" (zie Bijlage 3) gelden geen kritische milieugrenzen¹. Voor locaties met dit natuurdoeltype is geen toetsing mogelijk op de

¹ Het is niet eenvoudig mogelijk om zomaar andere doelen te stellen. Bijvoorbeeld voor de pH. De zuurgraad in de bovenste bodemhorizont in de bemonsterde bossen is gemiddeld pH(KCl)=3.3 (zie Tabel 3)(is als pH(H₂O)=3.9), het doel varieert echter van pH >3.7 (bij arme zandgrond) tot pH >5.2 (bij leemgrond). Het is dus relevant om het specifieke natuurdoeltype te weten.

manier zoals eerder is voorgesteld (Bijlage 1: “Innovatie meetnet verzuring”)². Het is vooralsnog bestuurlijk niet haalbaar de multifunctionele typen te detailleren tot natuurdoeltypen met gespecificeerde milieu-randvoorwaarden. We kunnen van die locaties uiteindelijk wel de eventuele trends in de tijd bepalen.

Tabel 1. Toetsen toestand[§]: het aantal locaties dat voldoet aan het daarvoor gestelde doel, en daarnaast het aantal locaties waar het betrekking op heeft. (Waarom niet % geven, dit leest makkelijker)

nr	te beschermen	Criteria voor bodem	Doel	aantal locaties			
				horizont			totaal
				1	2	3	
1	bodemvocht (60-100 cm)	Nitraat < 11,3 mg N/l	Norm voor drinkwater	37	37	38	40
2	bodemvocht (60-100 cm)	Nitraat < 5,6 mg N/l	Streefwaarde	25	26	29	40
3	bodemvocht (0-30 cm)	Nitraat < 3 mg N/l <i>zie noot ³</i>	grondwater op basis van planten soortensamenstelling	11	15	19	40*
4	bodemvocht (0-30 cm)	Nitraat < 5,6 mg N/l	Bosvitaliteit (boomgroei)	25	26	29	40*
5	bodemvocht (0-30 cm)	pH bepaald > pH (H ₂ O) critical limit	critical limit behorende bij natuurdoeltype	6	7	7	11*
6	bodem	Basenverzadiging	Geen daling als functie van de tijd				#
7	Vegetatie: Voedselrijkdom	Nat. doelt. Hz3.13/3.14	mN < 4,5 / mN < 7 ⁴	9	-	-	11*
8	Vegetatie: Zuurgraad	Nat. doelt. Hz3.13/3.14	mR > 1.2 / mR < 4.3	7	-	-	11*
9	Vegetatie: Vocht	Nat. doelt. Hz3.13/3.14	mF > 4 / mF > 4,8	10	-	-	10*

[§] bij metingen in meerdere jaren: toestand op basis van de meest recente metingen

* Vegetatie heeft betrekking op bovenste horizont.

niet bepaald

² Een poging om de gegevens te interpreteren inclusief de locaties met natuurdoeltype “multifunctioneel bos” is daarom interessant. We zouden kunnen stellen dat die locaties moeten voldoen aan de minst kritische eis voor de pH in bodemvocht en bij de beoordeling van de Ellenbergindices voor voedselrijkdom, pH en vocht. Dan blijkt dat bij een aantal locaties (5 van de 19) de zuurgraad lager is dan de minst kritische eis van pH_{H₂O} van 3,7. Daarentegen geven de Ellenbergindices voor alle extra locaties aan dat zuur en vocht geen probleem zijn voor de vegetaties maar wel de voedselrijkdom (6 van de 17).

³ Volgens een recent onderzoek (Van Dobben, 2004) is de in eerdere rapportages genoemde concentratie in Tabel 2 van 0,56 mg N/l (internationaal gehanteerde kritische nitraatconcentratie in relatie tot de plantensoortenrijksomwaarde) te laag voor de Nederlandse situatie. De in dat rapport genoemde critical load is 22 kg N/ha/yr voor Nederland. De uitspoeling die hierbij optreedt is modelmatig berekend: 3 mg/l (mondelinge mededeling De Vries, 2005). We stellen voor om dit getal te gebruiken

⁴ mN, mR en mF zijn ellenbergindicatoren voor resp. voedselrijkdom, zuurgraad en vocht.

2.3 Toetsen trends

Trends in de bodemkwaliteit kunnen alleen vastgesteld worden aan de hand van de jaarlijks gemeten parameters. De vegetatie is éénmalig gemonitord⁵.

Tabel 2 Toestand tussen meetjaren van verschillende parameters (tussenhaakjes: geschatte standaardafwijking).

parameter	Eerste meetronde	Tweede meetronde	Derde meetronde	Vierde meetronde
pH_top	3.34 (0.072)	3.45 (0.066)	3.41 (0.077)	3.33 (0.126)
NO3_top	1.01 (0.165)	0.81 (0.176)	0.37 (0.066)	1.01 (0.223)
NH4_top	1.60 (0.255)	0.96 (0.095)	0.98 (0.064)	1.30 (0.537)
NO3mg_l_top	6.16 (0.773)	5.85 (1.160)	2.55 (0.477)	7.49 (1.263)
pH_mid	3.96 (0.055)	3.98 (0.048)	3.40 (0.058)	4.03 (0.090)
NO3_mid	0.40 (0.127)	0.56 (0.092)	0.28 (0.044)	0.44 (0.102)
NH4_mid	0.73 (0.111)	0.53 (0.058)	0.32 (0.037)	0.27 (0.113)
NO3mg_l_mid	5.28 (0.880)	5.20 (0.901)	2.74 (0.445)	6.10 (1.292)
pH_ond	4.44 (0.030)	4.28 (0.048)	4.26 (0.046)	4.26 (0.070)
NO3_ond	0.26 (0.082)	0.35 (0.085)	0.20 (0.034)	0.30 (0.057)
NH4_ond	0.13 (0.055)	0.25 (0.025)	0.19 (0.021)	0.13 (0.035)
NO3mg_l_ond	5.06 (0.973)	4.53 (0.986)	2.88 (0.543)	4.62 (0.918)

Tabel 3 Verschil (geschat met samengestelde schatter) tussen gemiddeldes tijdens eerste en tweede meetronde, en tijdens de tweede en derde meetronde, en tijdens de derde en vierde meetronde. Negatief verschil: afname, positief verschil: toename (tussenhaakjes: geschatte standaardafwijking). Parameters met significante verschillen ⁶ zijn aangeduid met een *.

parameter	Verschil eerste en tweede meetronde	Verschil tweede en derde meetronde	Verschil derde en vierde meetronde
pH_top	0.11 (0.093)	-0.058 (0.11)	-0.098 (0.048)*
NO3_top	-0.14 (0.22)	-0.295 (0.300)	0.605 (0.068)*
NH4_top	-0.57 (0.26) *	0.090 (0.17)	0.337 (0.167)*
NO3mg_l_top	-0.15 (0.99)	-2.4 (2.0)	4.503 (0.598)*
pH_mid	-0.02 (0.076)	-0.010 (0.092)	0.035 (0.038)
NO3_mid	0.15 (0.15)	-0.080 (0.16)	0.129 (0.063)*
NH4_mid	-0.22 (0.14)	-0.12 (0.10)	0.038 (0.049)
NO3mg_l_mid	0.61 (1.1)	-0.72 (1.5)	2.495 (0.866)*
pH_ond	-0.16 (0.054) *	-0.017 (0.084)	-0.027 (0.023)
NO3_ond	0.27 (0.056) *	-0.052 (0.14)	0.062 (0.024) *
NH4_ond	0.15 (0.071) *	-0.040 (0.044)	-0.021 (0.009)*
NO3mg_l_ond	0.59 (1.0)	-0.47 (1.7)	0.638 (0.405)

In de periode 2004 – 2005 (eerste en tweede meetronde) treden er significante verschillen op voor pH_ond, NO3_ond, NH4_ond en NH4_top. Dat er een statistisch verschil is gevonden voor pH_ond (pH onderste laag) heeft te maken met een fout in de bemonsterde lagen zoals is toegelicht in de vorige rapportage.

In de periode 2005-2006 (tweede en derde meetronde) treden geen significante verschillen op. In de bemonstering van 2006 zijn dezelfde lagen bemonsterd als in

⁵ Er is de intentie om een vervolgmeeetronde te houden (contact: Ministerie van LNV, Directie Kennis).

⁶ Verschil is significant indien absolute waarde groter is dan 2 x standaard afwijking.

2005 en er worden nu ook geen significante verschillen in pH gevonden. Opvallend is dat er ook geen verschillen in nitraat en ammonium worden gevonden.

In de periode 2006-2007 (de derde en vierde meetronde) worden significante toename gevonden voor NO_3 in alle drie bodemlagen, een toename van NH_4 in de bovenste laag, een afname van NH_4 in onderste laag, en een daling van de pH in de bovenste laag.

Veranderingen in de concentraties van NO_3 zijn waarschijnlijk gerelateerd aan verschillen in de hoeveelheid neerslag. In de jaren 2004, 2005 en 2007 is de $\text{NO}_3\text{mgl_top}$ zo'n 5,8 a 7,5 mg N/L, in 2006 echter veel lager: 2,6 mg N/L. RIVM heeft hiervoor een neerslagcorrectie berekend, en is in het bodemmeetnet van Gelderland een vergelijkbare correctie ontwikkeld (Japenga et al., 2001). Deze neerslagcorrectie is nog niet toegepast op de huidige gegevens.

De significante daling van de pH, en de stijging van NH_4 in de bovenste laag zijn onverwacht. De veranderingen zijn echter klein en worden gecompenseerd door veranderingen in de voorgaande jaren zodat over de hele periode 2004-2007 geen veranderingen zijn (pH_top in 2004 en 2007 is resp. 3,34 en 3,33), en $\text{NH}_4\text{_top}$ in 2003 en 2007 is resp. $1,6 \pm 0,3$ en $1,3 \pm 0,5$).

3 Evaluatie van het huidige meetnet

- De verschillen tussen meetjaren zijn gering en meestal niet significant (behalve geringe daling van pH_top tussen 2006 en 2007). Hiermee voldoet het meetnet aan de verwachting omdat verschillen in pH tussen opeenvolgende jaren niet verwacht worden.
- In de huidige opzet is de statistische berekening eigenlijk te omvangrijk doordat er een selectie van locaties is gemaakt uit een ander meetnet, en omdat een deel van de locaties jaarlijks wordt bemonsterd. Een mogelijkheid om de statistische berekening te vereenvoudigen is los van MFV⁷ meetnet locaties te kiezen (vegetatiegegevens in eigen beheer uitvoeren), alle locaties te bemonsteren, en niet jaarlijks te bemonsteren. Het jaarlijks bemonsteren is echter nuttig gezien de jaarlijks fluctuerende nitraatconcentraties, en het kiezen van MFV locaties is nuttig door de meerwaarde van vegetatiegegevens.
- In de huidige opzet is nog niet opgenomen om de trend in te schatten. Het schatten van een trend wordt relevant bij nog meer meetjaren en is mogelijk door regressieanalyse (met onzekerheidsmarge) met behulp van de huidige gegevens.
- De huidige meetnetopzet bevat ook metingen van de CEC en basenbezetting. Er wordt geadviseerd om deze metingen gelijktijdig uit te voeren met monsters van nieuwe meetjaren (bijvoorbeeld over 4 of 8 jaren). Geadviseerd wordt dus om de opgeslagen grondmonsters te bewaren.

⁷ Meetnet functievervulling, zie Bijlage 1 paragraaf 2.2.

Literatuur

Beschrijving van het bestand 'Landelijke Natuurdoelenkaart 12.2003', vervaardigd in opdracht van Directie Natuur door het Expertisecentrum LNV, februari 2004, Expertisecentrum LNV, Ede.

Callesen, I. K. Rauland-Rasmussen, P. Gundersen, H. Struhn, 1999. Nitrate concentrations in soil solutions below Danish Forests. *Forest Ecology and Management* 114, 71-82.

Cochran, W.C., 1977. *Sampling techniques*. Wiley, New York.

Djurhuus, J. en O.H. Jacobsen, 1995. Comparison of ceramic suction cups and KCl extraction for the determination of nitrate in soil. *European Journal of Soil Science* 46, 387-395.

Dobben, H.F. van, E.P.A.G. Schouwenberg, J.P. Mol, H.J.J. Wieggers, M.J.M. Jansen, J. Kros en W. De Vries, 2004. Simulation of critical loads for nitrogen for terrestrial plant communities in The Netherlands. Alterra rapp.nr. 953, Wageningen.

Domburg, P., J.J. de Gruijter & D.J. Brus: A structured approach to designing soil survey schemes with prediction of sampling error from variograms. *Geoderma* 62 (1994), 1/3: 151-164

Ellenberg, H., H.E. Weber, R. Duell, V. Wirth, W. Werner & D. Paulissen, 1992. Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas. *Scripta Geobotanica* 18: 1-258.

Hennekens, S.M., 1995. TURBO(VEG). Programmatuur voor invoer, verwerking en presentatie van vegetatiekundige gegevens. Gebruikershandleiding. IBN-DLO, Giesen & Geurts, Wageningen.

Japenga, J., J. Bril & W. Schuurmans, 2001. Het meetnet bodemkwaliteit van de provincie Gelderland; opzet en resultaten 1997-1999. Alterra rapport 138, Wageningen.

Rietra, R.P.J.J., D.J. Brus, J. Kros, W. de Vries, H.F. van Dobben, 2004. Innovatie meetnet Verzuring Provincie Utrecht, Provincie Utrecht, Utrecht.

Särndal C. E., Swensson B., Wretman J., 1992. *Model Assisted Survey Sampling*, Springer-Verlag, New York.

Bijlage 1 Innovatie Meetnet Verzuring⁸

1. Aanpak

Op basis van bij Alterra beschikbare kennis en de inrichting van het huidige meetnet en andere monitoringsactiviteiten wordt hier voorgesteld hoe het meetnet te innoveren. Om tot een innovatie van het meetnet te komen zijn via gesprekken met de provincie het doel en de randvoorwaarden van het meetnet gepreciseerd: in termen van doelkenmerk, doelgrootheid, gewenste betrouwbaarheid (fase 1). Daarbij is er aandacht voor de toekomstige mogelijkheden om gebruik te maken van procesmodellen (fase 6).

Het project bestond uit de volgende fasen:

- 1) Startoverleg met provincie, waarin is vastgesteld welke informatie het meetnet moet opleveren ten behoeve van het Provinciaal MilieubeleidsPlan en andere provinciale beleidsvoornemens.
- 2) Beknopt onderzoek naar bemonsteringsmethoden en de te meten parameters in relatie tot verzuring en beknopt onderzoek naar de nauwkeurigheid en herhaalbaarheid van bodembemonstering en bodemanalyse. De relevantie wordt aangeven van nationale en Europese monitoringsactiviteiten voor de provincie Utrecht.
- 3) Onderdelen zijn geleverd voor het draaiboek aan de provincie t.b.v. voortgang meetronde 2004 (zie 7).
- 4) Beknopt onderzoek naar de beste methoden om vegetatieonderzoek aan te laten sluiten bij het abiotische deel van het meetnet. We geven aan in hoeverre het zinvol is om te zoeken naar relaties. Uitgangspunt is dat het meetnet primair is bedoeld voor het monitoren van de bodem.
- 5) Ontwerpen van het meetnet, en daarbij is rekening gehouden met de bestaande gegevens, meetlocaties en onderzoeksmethoden (gegevens over depositie, vegetatieonderzoek, onderzoek aan korstmossen).
- 6) Een beschrijving is gegeven hoe het meetontwerp aansluit bij de huidige modellen, welke schattingen mogelijk maken van de effecten van beleidsvoornemens.
- 7) Beschrijving van het draaiboek voor het meetnet (uitvoering meetronde: beschrijving van de bemonsteringsmethoden, transport, de parameters, de monstervoorbehandeling, de analysemethoden, de minimale vereiste kwaliteit, testen van herhaalbaarheid, uitvoeren van controles op werkzaamheden en op data)
- 8) Eindoverleg en rapportage.

Ad.2-7.Na elke fase was er de mogelijkheid voor overleg.

Ad. 2. Parameters: voor bodem: vast fase organische stof, uitwisselbaarheid etc.; vloeibare fase: pH, Al, Na, K, Ca, etc. Daarnaast is ook gekeken naar de nieuwe

⁸ Dit onderdeel over de opzet van het meetnet is afkomstig uit het rapport: "R.P.J.J. Rietra, D.J. Brus, J. Kros, W. de Vries, H.F. van Dobben (2004) Innovatie meetnet Verzuring Provincie Utrecht, Provincie Utrecht, Utrecht" en is voor de leesbaarheid aan het huidige rapport toegevoegd. Sommige onderdelen zijn geactualiseerd, en illustraties zijn weggelaten.

ontwikkelingen op het gebied van humusprofielen. Voor vegetatie: biomassa, soortensamenstelling, etc.

Ad. 4 en 5 Naast literatuur is ook de Alterra-expertise erbij betrokken op het gebied van het inrichten van (verzuring)meetnetten. Zoals het nationale meetnet functievervulling bos (Dirkse 2003) en het Europese meetnet Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe (FIMCI, zie oa. De Vries et. al., 2003). Voor de afstemming met de monitoring van korstmossen en vegetatie is gebruik gemaakt van het netwerk in de provincie Utrecht (oa. Van Herk, 2002). Verder is gekeken naar de mogelijkheden voor afstemming tussen de meetnetten van Utrecht, Noord-Holland en Gelderland.

Ad 6. Een optimale afstemming tussen meetnet en modeltoepassing is van cruciaal belang voor het uitvoeren van beleidsevaluaties. Hiertoe is het meetnet zo goed mogelijk afgestemd aan de databehoeft van de modellen waarmee de hele keten depositie-bodem-successie-soortensamenstelling 'doorgerekend' kan worden (zie bijlage 1).

2. Resultaten

2.1 Benodigd meetnet

Op basis van de offertevraag van de provincie (Bijlage 5) en het startoverleg is vastgesteld dat het hoofddoel een bodemmeetnet is waarmee vastgesteld kan worden in hoeverre het beleid effect heeft op de bodemkwaliteit. Daarnaast wordt gevraagd of en hoe het mogelijk is om aan te sluiten bij monitoring van effecten van verzuring op vegetatie.

2.2 Beknopte inventarisatie methoden

2.2.1 Meetnetten

Hieronder volgt een lijst met meetnetten of monitoringsactiviteiten die relevant zijn voor de innovatie van het meetnet verzuring van de provincie Utrecht.

1. Europese richtlijn voor bosmonitoring (Forest Focus, EU 2152/2003).
2. Nationale Meetnet FunctieVervulling (MFV) bos (Dirkse 2003). Betreft groot aantal metingen van soortensamenstelling, bosbiomassa en andere parameters (o.a. recreatie) op 201 locaties in Utrecht (vrijwel allen op de Heuvelrug)¹. Zie Figuur 1.
3. Het Landelijk Meetnet Flora, Milieu en Natuurkwaliteit (LMF M&N). Het LMF beschrijft de vegetatie en het beheer. Het LMF schat, op grond van vegetatieopnamen, landelijke trends in verdroging, verzuring en vermesting. Het LMF is nog in ontwikkeling en zal in 2005 operationeel zijn. Het beperkte aantal waarnemingspunten in bossen wordt aangevuld met waarnemingen uit het MFV².
4. Provinciaal meetnet flora en fauna. Tot en met 2003 heeft de provincie Utrecht haar gebied vlakdekkend geïnventariseerd. Momenteel wordt een nieuwe opzet

ontwikkeld en dit resulteert in een meetnet Natuur en Landschap waarmee in 2005 wordt gestart. Zo mogelijk wordt dit afgestemd met andere meetnetten.

5. Europese meetnet Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe (FIMCI, zie oa. De Vries et. al., 2003). Betreft meetnet tot en met 2002: analyses op intensieve bemonstering depositie, bodem en bodemvocht bij een beperkt aantal locaties, waaronder ook een locatie in Zeist).
6. Meetnet bodemkwaliteit Noord-Holland. Betreft analyses aan bodemmonsters en bovenste grondwater in 2002. Relevante analyses aan vaste fase: de basenverzadiging, en de pH(KCl).
7. Meetnet bodemkwaliteit Gelderland. Betreft analyses aan bodemvocht bij relatief groot aantal locaties vanaf 1997. Relevante analyses aan vaste fase: de basenverzadiging, en de pH(KCl).
8. Relevante monsterarchieven: Dorschkamp archief. Hierin worden bodemmonsters bewaard die dateren uit de periode rond 1950. Ook van de Utrechtse Heuvelrug. Dit geeft de mogelijkheid om naar dezelfde monsterlocaties terug te gaan en dezelfde analyses te doen op bodemmonsters van nu en 50 jaar geleden. Het TAGA monsterarchief in Wageningen bevat monsters van proefvelden (vnl. landbouw percelen). Dit type van onderzoek heeft tot zeer succesvol resultaat geleid in Rothamsted (Blake et al., 1999).
9. Korstmossen meetnet (zie bespreking hieronder).

¹ Het MFV bevat een groot aantal boslocaties. Over twee jaren zijn alle locaties een keer bezocht. Veel locaties zijn in de voorgaande jaren al bezocht en de rest wordt de komende twee jaren bezocht. Een groot aantal locaties ligt ook in de provincie Utrecht.

² Het Landelijk Meetnet Flora Algemene soorten en Milieu- en Natuurkwaliteit (LMF M&N) is een onderdeel van de NEM (Netwerk Ecologische Monitoring)-meetnetten. Het NEM is een samenwerkingsverband van drie ministeries (LNV, V&W, VROM), twee rijksinstellingen (CBS en RIVM) en sinds kort ook van de provincies. De provincie Utrecht participeert in het LMF.

Verscheidene andere provincie hebben ook bodemmeetnetten maar deze zijn voor Utrecht minder relevant omdat ze niet nabij de Utrechtse Heuvelrug liggen.

Relatie met korstmossen meetnet

Het korstmossen meetnet in de provincie Utrecht bestaat al sinds 1979 (Van der Knaap 1980)⁹. Aanvankelijk was het doel vooral het schatten van de algemene kwaliteit van natuur en milieu, met de nadruk op effecten van SO₂. Het Utrechtse meetnet was waarschijnlijk het eerste onderzoek dat aanwijzingen opleverde voor het effect van NH₃ op korstmossen (Van der Knaap 1984). Toen -in de loop van de jaren '80- duidelijk werd dat NH₃ een dominante invloed had op de samenstelling van de epifytische korstmosvegetatie, werd de monitoring van deze stof het hoofddoel van het meetnet. Aan de calibratie van de op grond van korstmossen geschatte NH₃ concentratie tegen de gemeten concentratie is veel aandacht besteed (dit onderzoek had deels plaats in de provincie Utrecht; Van Herk 1998, 1999). De correlatie tussen de zogenaamde NIW (een index berekend op grond van de ammoniak tolerantie per soort) en de gemeten NH₃ concentratie blijkt hoog ($R^2_{adj}=60\%$). Verder is van belang

⁹ Het monitoren van de korstmossen is sinds 2001 beëindigd

dat het Utrechtse meetnet in belangrijke mate heeft bijgedragen aan het inzicht dat korstmosvegetaties reageren op klimaatverandering (Van Herk et al. 2002).

Alle korstmossen meetpunten liggen op vrijstaande wegbomen. Hiervoor is gekozen omdat dit een min of meer 'gestandaardiseerd' biotoop is, waarvan de korstmosvegetatie vooral wordt bepaald door de luchtkwaliteit. Ook het aantal boomsoorten is beperkt. Het meetnet omvat 450 meetpunten, met een opnamefrequentie van eenmaal per 5 jaar. Overigens worden niet alle punten iedere ronde opgenomen, in de laatste ronde (2001) is ca. de helft van de punten opgenomen. Door de ligging van de meetpunten is een directe aansluiting met het Meetnet Verzuring, waarvan alle meetpunten in bos liggen, niet mogelijk. Wel kunnen de resultaten van deze beide meetnetten in samenhang worden bekeken. De meerwaarde van het meetnet Korstmossen ligt in het veel sneller signaleren van veranderingen in luchtkwaliteit. Het meetnet Verzuring meet de effecten van verzuring op de bodem en het bodemvocht.

Algemeen wordt aangenomen dat epifyten een snelle respons geven op veranderingen in atmosferische kwaliteit, in ieder geval veel sneller dan terrestrische hogere planten. De daling van de SO_2 concentratie en de stijging van de NH_3 concentratie leidden binnen een tijdsbestek van enkele decennia tot spectaculaire veranderingen in de epifytenvegetatie (Van Dobben & De Bakker 1996, Van Herk et al. 2002). Ook een daling van de atmosferische NH_3 concentratie zal waarschijnlijk snel in het korstmossen meetnet tot uiting komen. Wanneer veranderingen optreden in NIW (in het korstmossen meetnet), en in NO_3 of NH_4 gehalten in bodem monsters (in het meetnet verzuring), en in de mN van de vegetatieopname (in het meetnet verzuring), dan is dit een sterke aanwijzing voor een zodanige verandering in de depositie van ammoniak dat deze ecologische relevantie heeft. Eventueel zou hieraan nog toegevoegd kunnen worden de directe meting van de NH_3 (of NH_4) concentratie, wanneer deze in de provincie plaatsvindt.

2.1.2 Bemonsterings- en analysemethoden

In het kort worden de onderzoeksmethoden besproken die gebruikt zijn en worden bij de monitoring in verzuringsonderzoek. Tabel 1 geeft een overzicht van de huidige nationale monitoringsactiviteiten en activiteiten van de provincies rondom Utrecht wat betreft bodemverzuring.

Tabel 1 Overzicht van bemonsteringsmethoden van de voor Utrecht relevante monitoringsmeetnetten

Keuze locaties Meetnetontwerp	Bemonstering op locatie	referentie
Locaties verspreid over de Utrechtse Heuvelrug	Een mengmonster is samengesteld uit 6 boringen bemonsterd op een uitgetekende locatie. Bemonsterd zijn twee diepten. 20 locaties, 6 meetjaren vanaf 1994.	Bodemmeetnet Utrecht
Gestratificeerd enkelvoudig aselechte steekproefontwerp	Een mengmonster is samengesteld uit 9 boringen in een raster van 5 m x 5m. Bemonstering op twee diepten 60 locaties in bossen en duinen, 1e meetjaar: 2003; bodem.	Bodemmeetnet Noord-Holland
Naaldbossen in specifieke gebieden	Een mengmonster wordt samengesteld uit 40 boringen bemonsterd per uitgetekend plot. 28 locaties in bossen, bodem 1 maal, bodemvocht jaarlijks vanaf 1997	Bodemmeetnet Gelderland
Systematisch gekozen locaties	Een mengmonster is samengesteld uit 20 boringen in een raster van 20 m x 20 m. 150-200 locaties in bossen. Meetjaren bodem en bodemvocht 1990-1995-2000.	Meetnet Bosvitaliteit
Gecomplexeerde selectie van 5 a 14 locaties	Vanaf 1997. Vanaf 2002 wordt op een beperkt aantal locaties (waaronder Zeist) zeer intensief gemonitord op bodemvocht en doorval.	Forest Focus

In Tabel 2 wordt een kort overzicht gegeven van de methoden die gebruikt worden in de huidige meetnetten, in andere landen en voor wetenschappelijk onderzoek. Alleen de genoemde methoden die potentieel interessant zijn voor het Utrechtse meetnet worden genoemd.

In Tabel 3 beoordelen we de methoden op hun relevantie voor het meetnet zodat we in de laatste kolom de methoden aan kunnen geven die we de provincie adviseren. De methoden (uit Tabel 2) die minstens nodig zijn om verzuring of “ontzuring” aan te tonen en te monitoren zijn:

- het meten van de zuurgraad of basenverzadiging (methode 3, 4, 7 of 8; in Tabel 3 aangeduid met #). Het meten van de zuurgraad kan in een extract (water, KCl of CaCl_2) van verse grond of droge grond.
- Het meten van stikstof in de bodem (methode 3,4 of 6; in Tabel 3 aangeduid met #). Dit is belangrijk omdat van alle stoffen die vergezeld gaan met verzuring (b.v. stikstof, zwavel) de depositie van stikstof het meest relevant is (zie paragraaf 2.3).

Tabel 2 Overzicht van relevante analysemethoden

Methode	Elementen, relevantie voor monitoring	referentie
1. Ontsluiting met aqua regia	Totaalgehalten van een aantal elementen is sterk gerelateerd aan antropogene beïnvloed (zware metalen). Ontsluiting met aqua regia sluit aan bij streefwaarden	NEN 6465 NEN 6426
2. Totaal Ontsluiting	Totaalgehalten van een aantal elementen is sterk gerelateerd aan antropogene beïnvloed (zware metalen). Totaal ontsluiting is relevant bij geologisch karakteriseren van de monsters.	NEN 14869
2. XRF analyse van parel of pil	Totaalgehalten van een aantal gids-elementen (zeer immobiel) geeft ten opzicht van relevante elementen inzicht in bodemvorming onder invloed van verzuring	1
3. Extractie met 1 M KCl van veldvochtig monster	Eenvoudige en robuuste pH bepaling inclusief de stoffen NO ₃ en NH ₄ welke sterk gerelateerd zijn aan zure depositie en effecten hiervan op soortenrijkdom en plantengroei. Deze extractie is o.a. door BLGG gewijzigd door gebruik te maken van 0,01 M CaCl ₂ (let wel: dit is bij vers grond en bij en andere vast stof/vloeistofverhouding dan methode 4).	NEN 5750
4. Extractie met 0,01 M CaCl ₂ van gedroogd monster	Eenvoudige extractie met mogelijkheden om alle milieurelevante elementen te bepalen in omstandigheden die bodemvocht simuleert.	3
5. Extractie met oxaalzuur	Extractie van reactief ijzer en aluminium is maat voor aanwezigheid van het bufferend vermogen in een verzuurd milieu (Al) en extreem verzuurd milieu (Fe)	NEN 5776
6. totaal C en N	Het totaal N en de C/N quotiënt geven samen een indicatie van de hoeveelheid N die elk jaar mineraliseert, en daarmee beschikbaar komt voor planten of uitspoelt.	NEN 5756 NEN 13878
7. CEC en basenbezetting	Robuuste bepaling van het zuurbufferend vermogen van grond	NEN 5780
8. Extractie bodemvocht	Bodemvocht is meest gevoelige medium om te monitoren en is ook is ook het medium via welke de planten de voedingstoffen opnemen.	4

1.Mol, 2002

2.Houba et al., 1997

3.Houba et al., 2003

4.Eigen methoden van laboratoria, veel wetenschappelijke literatuur, bijvoorbeeld Del Castillo et al.,1993.

De genoemde methoden moeten liefst aansluiten bij de genoemde meetnetten uit Tabel 1. In het meetnet van Gelderland en van Noord-Holland is het de bedoeling om de zuurgraad ongeveer eens per 10 jaar te bepalen (methode 3 en 4). In Gelderland wordt de zuurgraad in de bosbodems ook jaarlijks via geëxtraheerd bodemvocht bepaald (methode 8) zoals ook is gebeurd in het meetnet Bosvitaliteit en het meetnet van de provincie Utrecht. De genoemde methoden worden daarom in Tabel 3 als heel relevant aangeduid. Nog niet duidelijk is welke methoden in het toekomstige Forest Focus gebruikt zullen worden. Er zijn in Nederland enkele locaties waar nu en in de toekomst intensief gemonitord wordt (depositie, doorval, samenstelling blad, en bodemvocht). Eén locatie ligt bij Zeist zodat in de provincie Utrecht al heel intensief gemonitord wordt als functie van de tijd. Het ligt dan ook

voor de hand om in bodemmeetnet van de provincie Utrecht te toetsen of de in Zeist gemeten trends zich voordoen over de gehele Utrechtse Heuvelrug.

Om de genoemde methoden ook nog te beoordelen op hun geschiktheid (kwaliteit en de efficiëntie) wordt gekeken of er normen voor zijn, of de methoden in ringonderzoeken onderzocht worden en of ze Sterlab geaccrediteerd uitgevoerd kunnen worden. De meest relevante methoden (methode 3, 7 en 8) komen niet in ringonderzoeken voor omdat het verse monsters betreft (methode 3 en 8) of omdat het een methode is (methode 8) waar relatief weinig vraag naar is. De extractie met bodemvocht (methode 8) geeft zeer relevante informatie maar is waarschijnlijk minder robuust dan de bepaling van de zuurgraad in een bodemextract (in water, KCl, of CaCl_2). Relevant is het om te vermelden dat in een vergelijking tussen de twee methoden (methode 3 en 8; bodemvocht-extracties met keramische cups of extractie met KCl) om nitraat in het bodemvocht te bepalen, is gebleken dat beide methoden sterk vergelijkbare resultaten gaf alhoewel de extractie met KCl minder variatie gaf (Djurhuus en Jacobsen, 1995).

De keuze tussen de extractie met veldvochtige grond of gedroogde grond is niet eenvoudig. De extractie van gedroogde grond (methode 4) heeft waarschijnlijk belangrijke voordelen voor veel stoffen (zwarte metalen, fosfaat etc.) maar heeft als nadeel dat de bepaling van stikstof (nitraat en ammonium) beïnvloed wordt door het drogen en de droogtemperatuur. De methode met KCl neemt niet deel aan ringonderzoeken terwijl de methode met CaCl_2 verder onderzocht en ontwikkeld wordt. In dit advies (Tabel 3) heeft de methode met KCl de voorkeur omdat er veel ervaring met deze methode is en het de “werkelijke” hoeveelheid nitraat in het bodemvocht geeft. Door gedroogde bodemonsters te bewaren is het tevens mogelijk om de extractie in CaCl_2 , indien gewenst, nog uit te voeren. Enige aanvullende informatie over de kwaliteit van de methoden wordt gegeven in Bijlage 5. Overigens is de extractie met KCl uitgebreid toegepast (1000 monsters) in Denemarken om nitraat in het bodemvocht van bossen te bepalen (Callesen et al., 1999).

Tabel 3 Evaluatie van de relevante analysemethoden (✓ = ja, - = nee)

Methode	Relevantie	+ laag # hoog	NEN norm	Ring- onderzoek	Sterlab	Advies aan Provincie Utrecht
1. Ontsluiting met aqua regia	vermesting, verzuring, verspreiding	+	✓	✓	✓	- ⁴
2. Totaal Ontsluiting		+	✓	✓	-	- ⁴
2. XRF analyse van parel of pil		+	-	✓	-	- ⁴
3. Extractie met 1 M KCl van veldvochtig monster	vermesting, verzuring	+ #	✓ ¹	-	✓ ¹	Jaarlijks, alle locaties
4. Extractie met 0,01 M CaCl ₂ van gedroogd monster	vermesting, verzuring, verspreiding	+ + +	✓ ¹	✓	✓ ^{1,2}	- ⁴
5. Extractie met oxaalzuur	verzuring	+	✓	✓	-	- ⁴
6. Totaal C en N	vermesting	+	✓	✓	-	- ³
7. CEC en basenbezetting	verzuring	#	✓	✓	-	Per 5 à 10 jaar
8. Extractie bodemvocht	vermesting, verzuring, verspreiding	# # #	-	-	-	- ⁴

¹ de NEN norm betreffende de pH bepaling

² o.a. bij BLGG (Oosterbeek) is een extractiemethode met CaCl₂ Sterlab geaccrediteerd, maar dit geldt alleen voor een beperkt aantal nutriënten zoals bijvoorbeeld mineraal stikstof.

³ relevante factor in multiple regressievergelijkingen die nitraat in bodemvocht relateren aan stikstof depositie, zie ook N-beschikbaarheid in paragraaf 2.3.

⁴ methoden die te overwogen zijn indien bepaalde trends zijn waargenomen, te verwachten zijn.

Synthese voor provincie Utrecht

Voorstel is om het provinciaal meetnet op een zo kostenefficiënt en flexibel mogelijke manier in te richten. Dit is mogelijk door een flexibel pakket aan werkzaamheden te definiëren:

- een minimum pakket
- additionele onderzoeken.

Het minimumpakket bevat de bemonsteringen, monstervoorbewerking, monsterconservering en de analyses die aan verse monsters dienen plaats te vinden. Zo'n minimumpakket aan bemonsteringen en analyses kan gezien worden als indicatief onderzoek. Indien uit dergelijk indicatief onderzoek blijkt dat de toestand en de veranderingen geen punt van zorgen biedt dan is geen additioneel onderzoek nodig. Indien de toestand of de ontwikkelingen dusdanig zijn dat er meer onderzoek nodig is dan bieden de gedroogde en opgeslagen monsters de mogelijkheden voor meerdere typen analyses.

Het minimumpakket houdt in dat op drie bodemdiepten wordt bemonsterd (bij benadering 0-30 cm, 30-60 cm, en 60-90 cm). Indien een beschrijving gemaakt wordt van het bodemprofiel dan heeft het de voorkeur om te bemonsteren per bodemhorizont. Elk monster wordt gesplitst in twee delen: monster 1 voor de analyses die dienen plaats te vinden aan verse bodemmonsters (*het minimumpakket*), en monster 2 voor analyses die dienen plaats te vinden aan gedroogde en gezeefde

monsters (*additioneel onderzoek*). De gedroogde monsters kunnen lang bewaard worden en geanalyseerd worden op het meest geschikte moment. Het type additionele analyses aan de gedroogde monsters kan sterk variëren afhankelijk van de wensen en ontwikkelingen in de komende jaren. We denken daarbij in ieder geval aan de bepaling van de CEC en de basenbezetting (geeft bufferend vermogen van grond). Het voordeel van het samen analyseren van de monsters van verschillende meetjaren is dat dan exact dezelfde methode gehanteerd wordt.

De kosten van de bemonstering, drogen, zeven en analyseren, alsmede de pedogenetische beschrijving van een deel van het meetnet bedragen op jaarbasis € 13.000, voor 22 locaties.

De analyse van het bufferend vermogen van gronden voor en na ongeveer 5 à 10 jaren geeft een robuust beeld van mogelijke veranderingen onder invloed van verzuring.

2.2 Relatie bodemmeetnet met vegetatieonderzoek

Voorstel is om de monsterlocaties te kiezen uit de locatielijst van het meetnet functievervulling (MFV). Verantwoordelijk voor het meetnet functievervulling is Expertise Centrum van het ministerie LNV (EC-LNV). De gegevens zijn in principe openbaar en kosteloos. De beschikbaarheidstelling van MFV verloopt op dit moment via Gerard Grimberg van LNV Directie Kennis).

Een beschrijving van het MFV is te vinden in Dirkse et al. (2000, 2003). Hierin is beschreven de opzet en de parameters die gemeten worden. In Bijlage 2 staat de volledige lijst gegevens die verzameld zijn en worden voor het MFV. Een aantal parameters uit het meetnet functievervulling bos zijn relevant voor het provinciale meetnet verzuring. De relevante parameters zijn gegeven in onderstaande tabel.

Tabel 4 Relevante parameters in het MFV

<i>Parameters</i>
Bodemtype (7 klassen)
Opname bomen (boomtype, hoogte*,diameter*).
Opname plantensoorten en hun bedekkingsgraad
<i>Afgeleide indicatoren:</i>
Biomassa
Bijgroei
Kiemjaar
Houtvoorraad

Op basis van de vegetatieopname kan een inschatting worden gemaakt van de verzurings en eutrofiëringstatus van de locatie. Het is aan te bevelen om niet op soortniveau te beoordelen, maar op het niveau van een associatie. Hiertoe dient de vegetatieopname eerst vertaald te worden naar een associatie. Dit kan geautomatiseerd gebeuren met het programma ASSOCIA, zie Wamelink et al. (2003). Dit programma is opgenomen in het kennissysteem SymBioSys (Hennekens et al., 2001) dat informatie biedt over plantensoorten (trouwgraad, ecologische responsies,

coëxistentie), vegetatieopnamen (Landelijke Vegetatie Databank, persoonlijke databank), plantengemeenschappen en landschappen.

Tabel 5 De beeldbepalende associaties per natuurdoeltype (zie Bal, 1999)

Natuurdoeltype	Associatie naam	Associatie Code
Bosgemeenschappen van arme zandgrond	Leucobryo-pinetum	41Aa3
	Betulo-quercetum roboris	42Aa1
Bosgemeenschappen van leemgrond	Fago-quercetum	42Aa2
	Deschampsio-fagetum	42Aa3
	Stellario-carpinetum	43Ab1
	Carici elongatae-alnetum	39Aa2
Bosgemeenschappen van bron en beek	Pruno-fraxinetum	43Aa5
	Carici curtae-betuletum	40Aa1
Bosgemeenschappen van hoogveen	Erico-betuletum	40Aa2
	Stellario-carpinetum	43Ab1
Middenbos	Stellario-carpinetum	43Ab1
Park-stinzenbos	Fago-quercetum	42Aa2

Vervolgens kan gekeken worden of de waargenomen associaties voor dienen te komen binnen het beoogde natuurdoeltype. Hierbij is gebruik gemaakt van de oude NDT systematiek (Bal et al. 1995) omdat de NDT kaart van de Provincie Utrecht op de oude systematiek is gebaseerd. Op termijn kan deze zonder al te veel extra inspanning omgezet worden naar de nieuwe systematiek (Bal et al., 2001). In tabel 5 zijn voor de oude natuurdoeltype systematiek (Bal et al. 1995) de beeldbepalende associaties weergegeven. Hierin zijn alleen de geplande natuurdoeltypen op de Utrechtse Heuvelrug opgenomen (gebaseerd op NDT-kaart Provincie Utrecht, EC-LNV, 2004).

Daarnaast kan de vegetatieopname vertaald worden naar gemiddelde Ellenbergindicator getallen (Ellenberg, 1991) voor zuur (mR), voedselrijkdom (mN) en eventueel ook voor vocht (mF). Hierbij kunnen eventueel ook mossen en korstmossen worden betrokken. Door deze Ellenbergindicatorgetallen in de tijd te volgen, kan er een uitspraak worden gedaan omtrent de mate van verandering. De aan de natuurdoeltype gerelateerde criteria voor Ellenbergindicatorgetallen zijn weergegeven in tabel 6. In deze tabel zijn zowel de waarde voor 80% bescherming als 90% bescherming opgenomen. In de praktijk wordt er van uitgegaan dat in geval van 80% bescherming voldaan is aan de randvoorwaarde voor het beoogde natuurdoeltype (zie Albers et al., 2000).

Tabel 6 Ellenbergindicatorwaarden per natuurdoeltype gerelateerd aan 80% en 90% bescherming. Voor vocht (F) en zuur (R) de minimale en voor voedselrijkdom (N) de maximale waarde (Van Hinsberg en Kros, 1998)

Natuurdoeltype	Vocht (F)		Zuur (R)		Voedselrijkdom (N)	
	80%	90%	80%	90%	80%	90%
Hz-3.13 bosgemeenschappen van arme zandgrond	4	4.1	1.2	1.5	4.5	4.4
Hz-3.14 bosgemeenschappen van leemgrond	4.8	5	4.3	4.4	7	6
Hz-3.15 bosgemeenschappen van bron en beek	5.8	6.1	5	5.2	6.8	6.6
Hz-3.16 bosgemeenschappen van hoogveen	3.7	4.3	1.2	2	4.8	4.6
Hz-3.17 middenbos	4.8	4.9	4.6	4.7	7.1	7
Hz-3.19 park-stinzenbos	4.8	4.9	4.7	4.8	7.1	7

Het is ook mogelijk om de Ellenbergindicator getallen te vertalen naar fysische grootheden. Weliswaar is deze vertaling relatief onzeker, maar het is de enige operationele manier om vegetatieopnamen te koppelen met abiotische fysische grootheden zoals pH, vocht en stikstofrijkdom. Voor het afleiden van deze relaties zijn door diverse onderzoekers pogingen ondernomen. Zo zijn recentelijk door Van Dobben et al. (2004) op basis van de meest recente inzichten en op basis van de nieuwe NDT systematiek herziene grenzen en relaties afgeleid. Wij geven hier echter de relaties zoals vermeld in Van Hinsberg en Kros (1998). Dit omdat deze relaties ook gebruikt zijn voor het vaststellen van de zg. kritische depositieniveaus zoals gepresenteerd in de Milieu- en Natuurbalans. Daarnaast is het zo dat de door Van Dobben et al. (2004) afgeleide relaties weinig verschillen met die van Van Hinsberg en Kros (1998).

Voor de Ellenberg vocht indicator (mF) is hiertoe een relatie met de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) (in cm -mv) afgeleid:

$$GVG = 99.1 - 23.8 \cdot mF \quad (a)$$

Voor de pH (H₂O) geldt de relatie:

$$pH = 0.42 + \frac{39.4}{12.9 - mR} \quad (b)$$

En voor de relatie voedselrijkdom (mN) en droge stof opbrengst geldt:

$$DS = -7.6 + 3.0 \cdot mN \quad (c)$$

Welke vervolgens te herleiden tot een stikstofbeschikbaarheid (kg N ha⁻¹ j⁻¹):

$$N_{bes} = 0.89 + 11.1 \cdot DS \quad (d)$$

Door gebruik te maken van deze relaties zijn de aan de natuurdoeltype gekoppelde Ellenbergindicatorwaarden (Tabel 6) te vertalen naar een kritische pH(H₂O), GVG en N beschikbaarheid (Tabel 7). Bij de interpretatie van de grenzen in tabel 7 is met name de minimale pH en de maximale N beschikbaarheid van belang. Hogere pH's dan de maximale of lagere N beschikbaarheden dan de minimale vormen veelal geen serieus probleem.

Tabel 7 Toelaatbare ranges per natuurdoeltype gerelateerd aan 80% bescherming (Van Hinsberg en Kros, 1998)

Naam	GVG cm -mv		pH (H ₂ O)		N beschikbaarheid (kg ha ⁻¹ j ⁻¹)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Hz-3.13 bosgemeenschappen van arme zandgrond	104 ¹⁾	54	3.7	5.1	8	66
Hz-3.14 bosgemeenschappen van leemgrond	85 ¹⁾	56	5.2	7.1	62	147
Hz-3.15 bosgemeenschappen van bron en beek	18	61	5.6	6.9	85	157
Hz-3.16 bosgemeenschappen van hoogveen	111	28	3.8	5.3	8	59
Hz-3.17 middenbos	85 ¹⁾	54	5.5	7.2	71	157
Hz-3.19 park-stinzenbos	85 ¹⁾	49	5.5	7.2	76	160

¹⁾ De hiergenoemde waarde betreft een artefact van gebruikte methodiek. Feitelijk geldt er voor deze NDT op de Utrechtse Heuvelrug geen minimale GVG.

Het koppelen van monitoringsgegevens met de grootheden uit tabel 7 kan als volgt gebeuren.

GVG:

Op basis van tijdens profielbeschrijving vastgestelde GHG en GLG. Deze zijn als volgt te vertalen naar GVG (cm-mv) (Van der Sluijs, 1990):

$$GVG = 5,4 + 83 \cdot GHG + 19 \cdot GLG \quad (5)$$

pH

Op basis van vertalen van gemeten pH (KCL) naar pH (H₂O):

$$pH (H_2O) = 1.02 \cdot pH (KCL) + 0.53 \quad R^2=0,85 \quad (6)$$

De relatie geldt voor zandgronden begroeid met bos en is gebaseerd op gegevens uit Meetnet Bosvitaliteit.

N beschikbaarheid

Deze grootheid is echter niet direct te koppelen aan parameters uit het bodemmeetnet. Wel kan er een schatting van de N beschikbaarheid worden gemaakt op basis van het de biomassa productie, door gebruik te maken van verg. (4). Hierbij is dan wel zaak dat de niet de biomassa van de bomen wordt genomen, maar de biomassa van de ondergroei. Deze parameter is echter (nog) niet opgenomen in het MFV.

Het type bos, de bosgroei en de soortensamenstelling zijn gerelateerd aan de toestand van de bodem. Onderzocht is door Van Dobben en de Vries (2001) in hoeverre de vegetatiegegevens van 200 bosopstanden gerelateerd zijn aan de abiotische factoren zoals zuurgraad, bodemtype, licht en depositie. Een sterke relatie met vegetatietype is onder andere gevonden met de beschikbaarheid van licht, Al, basische kationen, pH beschikbaarheid van P en vocht van de bodem. Opvallend is dat er geen relatie is gevonden tussen stikstofdepositie en soortensamenstelling. Het effect van stikstof in de bodem is slechts beperkt doordat de onderzocht systemen al verzadigd zijn met stikstof. Interessant is verder dat de ratio van basische kationen en aluminium in het bodemvocht slechts een geringe relatie heeft met vegetatie. De relevantie van dit onderzoek voor de inrichting van het meetnet is dat er een relatie is tussen de vegetatie (soortensamenstelling) en verzuring, en dat het onderzoek is verricht op een manier zoals ook normaal is bij de meetnetten (toestand en trends monitoren door op een bepaald aantal locaties metingen te verrichten). De parameters die gerelateerd zijn aan verzuring zijn te monitoren van bepaling van de zuurgraad en de CEC met bezettingsgraad.

Potentiële criteria ter beoordeling van de meetnetgegevens om de effecten van het landelijk en provinciaal beleid te volgen zijn daarom (criteria tbv meetnet volgen in paragraaf 2.5):

- de van de vegetatieopname afgeleide Ellenbergindicator getallen
- mate van eventuele discrepantie aangeven tussen de vastgestelde beeldbepalende plantenassociaties, de bosnatuurdoeltypen (zie Tabel 6) en de criteria voor deze natuurdoeltypen.

Naast vegetatie of soortensamenstelling is de vitaliteit van bos relevant. Uit eerder onderzoek is gebleken dat de vitaliteit van bossen grotendeels gerelateerd zijn aan boomsoort, leeftijd. Additionele parameters zoals: bodemtype, stikstof in blad en bodem pH spelen een rol, maar gering t.o.v. de ander factoren. De vitaliteit van de bossen wordt daarom niet meegenomen in het MFV en ook niet meer in andere monitoringswerk.

2.3 Ontwerp van het meetnet

Uitgangspunten

Doel van het meetnet is het monitoren (volgen in de tijd) van bodemkenmerken (pH-bodem, nitraat in bodemvocht etc.) in bossen op de Utrechtse Heuvelrug. Na elke meetronde dient de actuele toestand van de bodem te worden gekarakteriseerd door middel van ruimtelijke gemiddelden (of oppervlaktefracties waarbinnen bodemkenmerk voldoet aan bepaalde eis). Ook moeten veranderingen in de toestand worden bepaald door middel van het verschil in de ruimtelijke gemiddelden (oppervlaktefractie) tijdens de laatste meetronde en de voorlaatste meetronde. Veranderingen in de toestand van de bodem dienen ook gekarakteriseerd te worden door middel van de lineaire trend van het gebiedsgemiddelde. Merk op dat het verschil van twee ruimtelijke gemiddelden gelijk is aan het ruimtelijk gemiddelde verschil, en dat de lineaire trend van het gebiedsgemiddelde gelijk is aan het gebiedsgemiddelde van de lineaire trend op punten.

Bij de inrichting van het meetnet is uitgegaan van het Meetnet Functievervulling bos (Dirkse et al, 2003). De locaties van dit meetnet zijn geselecteerd volgens een *systematic unaligned* steekproefontwerp, met 1 punt per km². Het voordeel van *systematic unaligned* boven gewoon systematisch (bijv. vierkantsgrid of driehoeksgrid) is dat het gevaar op interferentie met cyclische patronen in het doelkenmerk wordt vermeden, hoewel in dit geval dit gevaar naar ons idee verwaarloosbaar klein is. Dirkse et al. hebben uit deze punten d.m.v. een Bernoulli steekproefopzet punten geselecteerd waar de opname herhaald wordt in de tijd (monitoring), op de overige punten wordt slechts een éénmalige opname verricht. De in de Bernoulli steekproefopzet gehanteerde kans is 0.5, zodat bij benadering op de helft van de punten van de *systematic unaligned* steekproef de vegetatie gemonitord wordt. Er is dus helaas niet gezorgd voor een zo goed mogelijke ruimtelijke spreiding van de substeekproef met monitoringslocaties over de hoofdsteekproeflocaties, bijv. door systematische subbmonstering of geografische stratificatie van de hoofdsteekproef. Echter, het voordeel van aansluiten bij het MVF-bos-monitoringmeetnet weegt ons inziens zwaarder dan het nadeel van een suboptimale ruimtelijke spreiding. Het aantal MVF-bos-monitoringspunten in de provincie Utrecht is 201. Uit deze 201 punten zijn de punten met kalkloos zand (volgens de Bodemkaart van Nederland 1:50000) geselecteerd. Punten met een bekeerdgrond zijn tevens verwijderd, omdat in deze kalkloze zandgronden over het algemeen kwel optreedt, en daarmee deze gronden niet gebruikt worden om verzuring te monitoren omdat ze sterk afwijken van de andere locaties. Tot slot zijn vijf punten verwijderd omdat deze slecht toegankelijk zijn (48901, 49565, 46962 47612, 45338). Dit resulteerde in 88 punten. Verder is

uitgegaan van de randvoorwaarde dat per meetronde (jaar) maximaal ongeveer 20 punten bemonsterd kunnen worden.

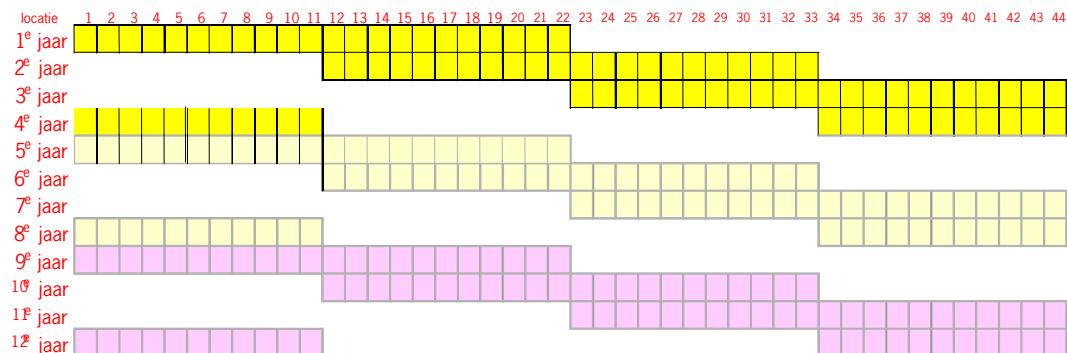
Rotatie steekproef

Gekozen is voor een rotatie steekproef. Dit betekent dat iedere meetronde een deel van de punten wordt vervangen door nieuwe punten. Een rotatie steekproef kan worden gezien als een overgangsvorm tussen een statisch meetnet waarin in alle meetrondes op dezelfde punten wordt gemeten, en een dynamisch meetnet waarin in elke ronde andere punten (onafhankelijk geselecteerd van punten in vorige rondes) worden gemeten. Voor zover ons bekend, worden natuurlijke hulpbronnen in Nederland tot nu toe in alle gevallen gemonitord met statische meetnetten, denk bijv. aan de landelijke en provinciale bodem- en grondwatermeetnetten. Statische meetnetten hebben dan ook praktische voordelen. Wanneer de éénmalige kosten die nodig zijn voordat op een locatie gemeten kan worden hoog zijn (lokaliseren van punten, vragen van toestemming, inrichten van meetlocatie denk bijv. aan het plaatsen van een grondwaterstandsbuis) is het aantrekkelijk om zo weinig mogelijk punten te monitoren. Ook de statistische verwerking van de gegevens is relatief eenvoudig. Statische meetnetten zijn echter over het algemeen sub-optimaal voor het schatten van de actuele toestand. Wanneer het bodemkenmerk gemeten tijdens de laatste meetronde gecorreleerd is met dit kenmerk tijdens de voorlaatste meetronde, kan de nauwkeurigheid van het geschatte actuele gebiedsgemiddelde vergroot worden door de metingen uit de voorlaatste meetronde mee te nemen bij de statistische verwerking van de gegevens. Dit kan alleen wanneer er overlap is tussen de twee opeenvolgende steekproeven. De optimale verhouding tussen het aantal locaties in de eerste steekproef dat opnieuw wordt gemeten en het totaal aantal locaties in de eerste steekproef (overlap-verhouding, *matching proportion*) is afhankelijk van de sterkte van de correlatie. Naarmate de correlatie sterker is, is de optimale overlap-verhouding kleiner, en wordt de nauwkeurigheidswinst ten opzichte van 100% matching groter (Cochran, 1977). De optimale overlap-verhouding is nooit groter dan 0,5 (50%). Alleen wanneer de kosten van herbemeten van bestaande locaties kleiner is dan de kosten van het meten van nieuwe locaties, kan de optimale overlap-verhouding groter worden dan 0,5. Voorinformatie over correlatie en kosten ontbrak, en daarom hebben we om praktische redenen gekozen voor een overlap-verhouding van 0,5. Kleinere overlap-verhoudingen zijn ongewenst omdat dan de relatie tussen het bodemkenmerk gemeten in de laatste meetronde en hetzelfde bodemkenmerk tijdens de voorlaatste meetronde niet goed kan worden vastgesteld (zie hierna bij regressie-schatter).

Gekozen is voor 22* locaties per meetronde. De locaties van de eerste meetronde zijn enkelvoudig aselekt (volledig aselekt) zonder teruglegging uit de 88* MFV-locaties geselecteerd. De volgorde van trekking is van belang. In de tweede meetronde wordt de tweede groep van 11 locaties uit de eerste meetronde ook bemonsterd. De eerste 11 locaties uit de eerste meetronde worden vervangen door 11 nieuwe locaties, enkelvoudig aselekt zonder teruglegging getrokken uit de resterende 66 MFV-locaties. In figuur 1 is de opzet van de steekproef in ruimte en tijd schematisch weergegeven. Merk op dat in de vierde meetronde de eerste groep van 11 locaties uit de eerste meetronde opnieuw wordt gemeten, zodat na vier

meetrondes 44 locaties (de helft van het totaal aantal MFV-locaties) twee keer zijn gemeten.

*deze aantallen zijn in 2005 gewijzigd: 20 locaties per meetronde, in totaal na vier meetjaren 80.



Figuur 2. Schematische weergave rotatiesteekproef met 22 punten per meetronde, matching-proportion van 0,5, en cyclus van 4 meetjaren. Het totaal aantal punten in het meetnet is 44. Voor meetronde 1^e jaar, 2^e jaar, 3^e jaar, etc. kun je lezen: 2004, 2006, 2008, etc.. Bij elke meetronde worden locaties gekozen. In meetronde 5 en 9 wordt meetronde 1 herhaald, in meetronde 6 en 10 wordt meetronde 2 herhaald etc.

2.4 Relatie meetontwerp en doorrekenen van beleidsvoornemens

2.4.1 Criteria

Hulpmiddelen bij de verslaglegging zijn het stellen van bepaalde doelen of criteria. Dit kunnen de landelijke streefwaarden zijn als het gaat om milieuhygiënisch relevante stoffen. In geval van verzuring was het mogelijk om op basis van het bodemvocht te kijken naar de $Al/(Ca+Mg+K)$ ratio. In geval van een extractie zoals nu is voorgesteld kun je de $Al/(Ca+Mg+K)$ ratio niet bepalen. Wel wordt nu de pH in extract bepaald zoals ook gebruikt wordt bij de bodemkaart van Nederland en voor het geven van een pH bereik die specifiek is bij bepaalde plantengemeenschappen. Tevens wordt in het verse extract de hoeveelheid mineraal stikstof (N-min: nitraat en ammonium) bepaald. Dit geeft een maat voor de depositie o.i.v. de intensieve veehouderij. Ook deze is te relateren aan de eisen die bepaalde plantengemeenschappen stellen.

Verder wordt voorgesteld om in ieder geval de basenverzadiging te bepalen. Dit liefst nadat monsters van meerdere jaren zijn verzameld zodat de analysemethode die voor de verschillende monsters wordt gebruikt identiek is.

In geval van de pH, N-min en de basenverzadiging is geen verslechtering gewenst: de pH dient niet te dalen, N-min dient niet toe te nemen, en de basenverzadiging mag niet afnemen. Aangezien in elk meetjaar de pH en N-min bepaald wordt zijn dat additionele criteria. Vergeleken worden de mediaanwaarden t.o.v. de criteria, of het aantal dalers of stijgers t.o.v. het totaal aantal monsters.

Belangrijke aspect is dat bij de beoordeling met name gekeken dient te worden naar de trend in de waarnemingen van alle parameters uit alle relevante meetnetten. Denk aan de trend in:

- Vegetatie: Ellenberg R en N (zuur en voedselrijkdom)
- Bodemvocht: pH en N-min¹⁰
- Epifyten: (ook al zijn de locaties tussen Meetnet Korstmossen en Meetnet Verzuring niet gekoppeld, zie paragraaf 2.2.1)

Door deze combinaties krijgt men een krachtig instrument in handen. Wanneer bijvoorbeeld gesignaleerd wordt dat voor alle parameters de richting van de trend positief is, kan men met vrij grote zekerheid vaststellen dat er sprake is van een verbetering.

De nitraatconcentratie¹ in Tabel 8 en 9 heeft betrekking op het water dat uittreedt aan de onderkant van de wortelzone, zeg 60-100 cm, terwijl de overige parameters betrekking hebben op de bovenste 0-30 cm. Omdat echter maar één keer per jaar of per twee jaren bemonsterd wordt is het nuttig om van meerdere bodemhorizonten de nitraatconcentratie te bepalen.

¹⁰ N-min: bepaald wordt het extraheerbaar nitraat en ammonium. Samen met het vochtgehalte is het extraheerbaar nitraat herleidbaar tot de nitraatconcentratie in het bodemvocht (Djurhuus en Jacobsen, 1995).

Tabel 8. Potentiële criteria voor verzuringmeetnetten (* voorstel voor dit meetnet)

Te beschermen	Criteria voor bodem	Doel	Referentie
1*bodemvocht (60-100 cm)	nitraat < 13,3 mg N/l	Norm voor drinkwater	EG, 1998
2 bodemvocht (60-100 cm)	nitraat < 5,6 mg N/l	Streefwaarde grondwater	VW, 2000
3* bodemvocht (60-100 cm)	nitraat < 0,56 mg/l op basis van N uitspoeling < 100 mol/ha/j	soortensamenstelling	De Vries, 1996
4* bodemvocht (60-100 cm)	nitraat < 5,6 mg N/l	Bosvitaliteit (boomgroei)	
5* bodemvocht (0-30 cm)	pH (H ₂ O) > 3,7	natuurdoeltype Hz3.13	Van Hinsberg en Kros (1998)
	pH (H ₂ O) > 5,2	natuurdoeltype Hz3.14	
	pH (H ₂ O) > 5,6	natuurdoeltype Hz 3.15	
	pH (H ₂ O) > 5,3	natuurdoeltype Hz 3.16	
	pH (H ₂ O) > 5,5	natuurdoeltype Hz 3.17	
	pH (H ₂ O) > 5,5	natuurdoeltype Hz 3.19	
6 grondwater	nitraat/N-min : in ontwikkeling pH > 6	Streefwaarde grondwater	VW, 2000
7 bodemvocht	Al/(Ca+Mg+K) (mol/mol) Soortspecifiek: Den 0,8; Spar 2; Loofbos 1,7; Gras 0,8 Heide 1	Vitaliteit boomwortels	Albers et al. 2001
8 bodemvocht	Al/Ca (mol/mol) < 1	Vitaliteit boomwortels	Warfinge en Svendrup, 1993
9 bodemvocht	Al < 0,2 mg/l	Norm voor drinkwater	Albers et al. 2001
10* bodem	Basenverzadiging	Geen daling als functie van de tijd	
11 bodemvocht	Aluminium in bodemvocht	Geen stijging als functie van de tijd	
12* Vegetatie: Voedselrijkdom	natuurdoeltype Hz3.13 natuurdoeltype Hz3.14 natuurdoeltype Hz 3.18	mN < 4,5 mN < 7 mN < 5,3	Van Hinsberg en Kros (1998)
13* Vegetatie: Zuurgraad	natuurdoeltype Hz3.13 natuurdoeltype Hz3.14 natuurdoeltype Hz 3.18	mR > 1.2 mR > 4.3 mR > 2.1	
14* Vegetatie: Vocht	natuurdoeltype Hz3.13 natuurdoeltype Hz3.14 natuurdoeltype Hz 3.18	mF > 4 mF > 4.8 mF > 4.3	

Tabel 9. Voorgestelde criteria voor dit meetnet

Te beschermen	Criteria voor bodem	Doel	Referentie
1 bodemvocht (60-100 cm)	nitraat < 13,3 mg N/l	Norm voor drinkwater	EG, 1998
2 bodemvocht (60-100 cm)	nitraat < 5,6 mg N/l	Streefwaarde grondwater	VW, 2000
3 bodemvocht (60-100 cm)	nitraat < 0,56 mg/l op basis van N uitspoeling < 100 mol/ha/j	soortensamenstelling	De Vries, 1996
4 bodemvocht (60-100 cm)	nitraat < 5,6 mg N/l	Bosvitaliteit (boomgroei)	
5 bodemvocht (0-30 cm)	pH (H ₂ O) > 3,7	natuurdoeltype Hz3.13	Van Hinsberg en Kros (1998)
	pH (H ₂ O) > 5,2	natuurdoeltype Hz3.14	
	pH (H ₂ O) > 5,6	natuurdoeltype Hz 3.15	
	pH (H ₂ O) > 5,3	natuurdoeltype Hz 3.16	
	pH (H ₂ O) > 5,5	natuurdoeltype Hz 3.17	
	pH (H ₂ O) > 5,5	natuurdoeltype Hz 3.19	
6 bodem	Basenverzadiging	Geen daling als functie van de tijd	
7 Vegetatie: Voedselrijkdom	natuurdoeltype Hz3.13	mN < 4,5	Van Hinsberg en Kros (1998)
	natuurdoeltype Hz3.14	mN < 7	
	natuurdoeltype Hz 3.18	mN < 5,3	
8 Vegetatie: Zuurgraad	natuurdoeltype Hz3.13	mR > 1.2	Van Hinsberg en Kros (1998)
	natuurdoeltype Hz3.14	mR > 4.3	
	natuurdoeltype Hz 3.18	mR > 2.1	
9 Vegetatie: Vocht	natuurdoeltype Hz3.13	mF > 4	Van Hinsberg en Kros (1998)
	natuurdoeltype Hz3.14	mF > 4.8	
	natuurdoeltype Hz 3.18	mF > 4.3	

Dit alles resulteert dus in criteria voor pH, nitraat, basenverzadiging en de vegetatie. De criteria zijn deels gerelateerd aan elkaar omdat de criteria voor pH en nitraat herleid zijn uit de criteria vegetatie.

De criteria voor pH en nitraat zijn gesteld voor andere methoden als welke we voorstellen voor het huidige meetnet. Voor pH en nitraat stellen we voor om de meting in een KCl extract te doen omdat dit technisch gezien een robuuste methode is. Uit onderzoeken zijn gelukkig sterke relaties gevonden voor pH in een water extract en die bepaald in een KCl extract zodat een eenvoudige omrekening mogelijk is (zie vergelijking 6 in §2.3). In geval van nitraat nemen we aan dat de bodem weinig interactie (binding) heeft met nitraat zodat nitraatconcentratie in het bodemvocht bepaald kan worden in een KCl extract indien ook het vochtgehalte wordt bepaald (Djurhuus en Jacobsen, 1995). Een eenvoudige excel-file met de bewerkingen hiervoor zullen worden geleverd aan provincie Utrecht.

Criteria voor biodiversiteit zijn voorgesteld (zie bijvoorbeeld in FIMCI rapporten; EC-UN/ECE, 2000). We nemen in dit rapport aan dat het Nederlandse systeem van natuurdoeltypen ook een maat is voor biodiversiteit: de mate waarin je voldoet aan de natuurdoelen is ook een maat voor biodiversiteit.

2.4.2 Rapportage

Om de gemeten pH(KCl) en mineraal stikstof te rapporteren in samenhang met de gegevens uit het MFV zijn enige bewerkingen van de gegevens nodig. In de onderstaande tabellen worden aangegeven hoe de gegevens gebruikt kunnen worden voor jaarlijkse rapportages. In Tabel 10 worden de bewerkingen aangeduid die na elke meetronde gedaan kunnen worden, en in Tabel 11 worden de bewerkingen gegeven van die gegevens na minstens twee meetronden. Aangenomen wordt dat per locatie het natuurdoeltype bekend is.

Tabel 10 Acties die nodig zijn voor de rapportage in elk meetjaar (gemiddelde en variatie volgens Bijlage 6).*

Groetheid	1e bewerking data	2e bewerking	3e bewerking
Vegetatie	Stel de vegetatie associaties vast en mate van zuiverheid (via ASSOCIA)	- Herleid locatiespecifieke Ellenbergindicatoren - verschil tussen natuurdoel en bepaalde Ellenbergindicator kwantificeren).	- Tel aantal locaties dat wel/niet voldoet aan criteria\$ - Geef gemiddelde verschil
pH	- pH(KCl) meting ook omrekenen naar pH(H₂O) volgens vergelijking 6. - Statistische kengetallen (Bijlage 6)	Tel aantal locaties wel of niet voldoen aan criteria\$	
Nitraat	- Nitraatconcentratie berekenen uit nitraatextractie en vochtgehalte - Statistische kengetallen (zie Bijlage 6)	Tel aantal locaties wel of niet voldoen aan criteria\$	
Basenverzadiging	Gemiddelde en variatie in meetjaar 1.		

\$ criteria uit Tabel 9.

* Criteria voor pH en nitraat hebben betrekking op de bovenste bodemhorizont en de bodemhorizont beneden 60 cm (zie Tabel 9).

Tabel 11 Extra acties die nodig zijn voor de rapportages in komende meetjaren

Groetheid	1e bewerking data	2e bewerking	Plot/vergelijk
Vegetatie	Toets of er significante verschillen zijn	Toets of gemiddelde verschil veranderd is	
pH	Toets of er een significant verschil is (zie Bijlage 6)	Indien verschillen, toets of er een trend is	
Nitraat	Toets of er een significant verschil is (zie Bijlage 6)	Indien verschillen, toets of er een trend is	
Basenverzadiging	Gemiddelde en variatie in meetjaar 1 en meetjaar 5 (elke 5 jaar).	Toets of er significante verschillen zijn	Vergelijk verandering met eventuele verandering in pH

Referenties

Albers, R, Beck, J, Bleeker, A, van Bree, L, van Dam, J, van der Eerden, L, Freijer, J, van Hinsberg, A, Marra, M, van der Salm, C, Tonneijck, A, de Vries, W, Wesselink, L, Wortelboer, F. 2001. Evaluatie van de verzuringsdoelstellingen: de onderbouwing. Rapport RIVM 725501001.

Bal, D. 1999. Een nadere vegetatiekundige interpretatie van het Handboek natuurdoeltypen in Nederland. Stratiotes 18.

Bal, D, Beije, H M, Hoogeveen, Y R, Jansen, S R J, van der Reest, P J. 1995. Handboek Natuurdoeltypen in Nederland. Rapport IKC-N 11, 408 p.

Bal, D., H.M. Beije, M. Fellingner, R. Haveman, A.J.F.M. van Opstal en F.J. Zadelhoff (2001) Handboek Natuurdoeltypen, 2e geheel herziene editie, Expertisecentrum LNV, Wageningen.

Blake, L., K.W.T. Goulding, C.J.B. Mott en A.E. Johnston (1999) Changes in soil chemistry accompanying acidification over more than 100 years under woodland and grass at Rothamsted Experimental Station, UK. European Journal of Soil Science, 50, 401-412.

Brink, J. A.T. van den. (2002). Rapportage vijfde meetronde meetnet verzuring – Provincie Utrecht -. CSO rapportnummer 02.173.

Brink, J. A.T. van den. en R.P.J.J. Rietra (2002) Afstemming bodemkwaliteitsmeetnet verzuring Utrecht en Gelderland. CSO, Bunnik (proj. code 02K010.00).

Callesen, I. K. Rauland-Rasmussen, P. Gundersen, H. Struhn. (1999) Nitrate concentrations in soil solutions below Danish Forests. Forest Ecology and Management 114, 71-82.

Castilho, del., P. Chardon, W.J., Salomons, W. (1993) Influence of cattle-manure slurry application on the solubility of cadmium, copper, and zinc in a manured acidic, loamy-sand soil. J. Environ. Qual. 22: 689-697.

Cochran, W.C. (1977) Sampling techniques. Wiley, New York.

Dirkse, G.M. (2003). Meetnet functievervulling bos : het Nederlandse bos 2001-2002. Expertisecentrum LNV, Ede.

Dirkse, G.M., W.P. Daamen (2000). Pilot Meetnet Functievervulling bos, natuur, en landschap, Alterra-rapport 097, Wageningen.

Djurhuus, J. en O.H. Jacobsen (1995) Comparison of ceramic suction cups and KCl extraction for the determination of nitrate in soil. European Journal of Soil Science 46, 387-395.

EC-LNV (2004) Metadata Landelijke Natuurdoelenkaart. Beschrijving van het bestand 'Landelijke Natuurdoelenkaart 12.2003', vervaardigd in opdracht van Directie Natuur door het Expertisecentrum LNV.

EG (1998). Richtlijn betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water (98/83/EG).

Ellenberg, H. 1991. Zeigerwerte der Gefäszpflanzen (ohne Rubus). Scripta Geobotanica 18:9-166.

Erisman, J.W.; Möls, J.J.; Fonteijn, P.B.; Bakker, F.P. (2002) Throughfall monitoring at 4 sites in the Netherlands between 1995 and 2001. ECN, Petten.
<http://www.ecn.nl/docs/library/report/2002/c02013.pdf>

EC-UN/ECE, 2000. De Vries, W. Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe. Evaluation of the Programme in view of its objectives and proposals for the scientific evaluation of the data.. EC, UN/ECE 2000, Brussels, Geneva.

Hennekens, S.M., Schaminée, J.H.J. & A.H.F. Stortelder (2001). SynBioSys, een biologisch kennisstelsel ten behoeve van natuurbeheer, natuurbeleid en natuurontwikkeling. Versie 1.0. Alterra, Wageningen. (zie ook: www.synbiosys.alterra.nl)

Houba, V.J.G., Van der Lee, J.J.G., Novozamsky, I. (1997) Part 1 Soil Analysis Procedures Soil Analysis Procedures. Sub-department of Soil Quality, Department of Environmental Science, Wageningen Universiteit, Wageningen

Houba, V.J.G., Temminghoff, E.J.M., Gaikhorst, G.A., Van der Vark, W. (2003) Part 2 Soil Analysis Procedures Extraction with 0.01 M CaCl₂ Sub-department of Soil Quality, Department of Environmental Science, Wageningen Universiteit, Wageningen.

Klap, J.M., W. de Vries and E.E.J.M. Leeters (1999). Effects of acid atmospheric deposition on the chemical composition of loess, clay and peat soils under forest in the Netherlands. DLO Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research, report 97.1., Wageningen, the Netherlands.

Kros, J. (1998). De modellering van de effecten van verzuring, vermisting en verdroging voor bossen en natuurterreinen ten behoeve van de milieubalans, milieuverkenning en natuurverkenning: verbetering, verfijning en toepassing van het model SMART2. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Reeks Milieuplanbureau 3.

Kros, J. (2002) Evaluation of biogeochemical models at local and regional scale Proefschrift Wageningen. (LU-3147).

Kros, J. en Mol-Dijkstra, J.P. (2001) Historische pH en stikstofbeschikbaarheden in bossen en natuurterreinen; Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte.

Leeters, E.E.J.M., Klap, J.M., Boumans, L.J.M., Olsthoorn, A.F.M., (1998) Chemische samenstelling van naalden, bodem, bodemvocht en grondwater van twaalf monitoring - locaties onder bos. Trends tussen 1992-1996. Rapport DLO-Staring Centrum, ISSN 0927-4499 370.2

Mol, G. (2002) Soil acidification monitoring in the Netherlands, Thesis Utrecht University.

Mol-Dijkstra, J.P. and Kros, J. (1999) Calibration of the model SMART2 in the Netherlands, using data available at the European scale, Wageningen, DLO Winand Staring Centre.

Mol-Dijkstra, J.P., Kros, J., Hinsberg, A. (2001) Evaluatie van verzuringsdoelstellingen: kwantificering van de effecten van emissievarianten op half-natuurlijke terrestrische ecosystemen Alterra rapport 342, Wageningen.

Provincie Utrecht. Provinciale milieu- en waterverkenning 2001.

Busink, E.R.V. en Hoogerwerf. (1994) Bodemkwaliteitsmeetnet Provincie Utrecht -- ontwerp en inrichting CSO, Bunnik. Rapportnr. 93.237.

Busink, E.R.V. en S. Postma (1995). Bodemkwaliteitsmeetnet Prov. Utrecht. draaiboek uitvoering meetrondes--bemonstering bodem, bodemvocht, en grondwater. CSO, Bunnik.

Van Herk, C. M., 1996. Monitoring van ammoniak en zwaveldioxide met korstmossen in de provincie Utrecht. LON, adviesbureau voor korstmosonderzoek, Soest.

van Herk, C M, Aptroot, A, van Dobben, H F. 2002. Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming. Lichenologist 34:141-154.

Van Herk, C M. 1998. Onderzoek naar de relatie tussen de ammoniakconcentratie en epifytische korstmossen. Rapport LON, 45 p + bijl.

Van Herk, C M. 1999. Mapping of ammonia pollution with epiphytic lichens in The Netherlands. Lichenologist 31:9-20.

Van Herk, C M. 2002. Monitoring van epifytische korstmossen in de provincie Utrecht 1979 - 2001. Rapport LON, 100 p.

Van der Knaap, W O. 1980. Onderzoek naar epifytische lichenen en mossen in de provincie Utrecht in 1979. Rapport Prov Waterstaat Utrecht 29, 36 p + bijl.

Van der Knaap, W O. 1984. Inventarisatie van epifytische lichenen en mossen in de provincie Utrecht in 1984. Rapport Prov. Utrecht.

Van Dobben, H.F., De Bakker, A.J. 1996. Re-mapping epiphytic lichen biodiversity in the Netherlands: effects of decreasing SO₂ and increasing NH₃. *Acta Botanica Neerlandica* 45:55-71.

Van Hinsberg, A., Kros, H. 1999. Een normstellingsmodule voor (stikstof) depositie op natuurlijke vegetaties in Nederland. Een uitwerking van de Natuurplanner voor natuurdoeltypen. Rapport RIVM 722108024, 111 p.

Van Dobben, H.F. (1993). Vegetation as a monitor for deposition of nitrogen and acidity. Thesis.

Van Dobben, H.F. en W. de Vries (2001). Relatie tussen vegetatie en abiotische factoren in het Meetnet Vitaliteit en Verdroging: Een statistische studie op grond van waarnemingen in 200 opstanden in 1995 en 1996. Alterra Rapport 406.

Van Dobben, H., J. Mol, E. Schouwenberg, R. Wieggers, M. Jansen, H. Kros, W. de Vries, 2004, Simulation of critical load for nitrogen for terrestrial plant association in The Netherlands. Alterra rapport in druk, Wageningen

Kleijn, C.E. en H. Leenaers (1991) Provinciale bodemkwaliteitsmeetnetten deel 1,2,3. CSO, Maastricht.

Otto, F.F. (2000) Bodemkwaliteitsmeetnet Meetnet Verzuring 1996-1998. Provincie Utrecht, Dienst Water en Milieu, Utrecht.

Rietra, R.P.J.J., J. van den Brink, J.P. Mol-Dijkstra en H.J.J. Wieggers, 2002. 'Modellering voor Meetnet Verzuring Provincie Utrecht'. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte.

prov. Fryslân. Nieuwsbrief Bodemkwaliteit, januari 2002, provincie Fryslân, Leeuwarden.

Sanders, K.H., Erisman, J.W., Vries, W. de (2003) Eerst de bomen, nu het bos bezien: verleden, heden en toekomst van bosmonitoring in Nederland en Europa. *ArenA* 9, 4

Ten Cate, J.A.M. A.F. van Holst, H. Kleijer, J. Stolp. 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften. Deel A: Bodem; deel B: grondwater. Technisch Document 19A, Staring Centrum, Wageningen.

Van der Sluijs, P., 1990. 'Grondwatertrappen'. In: W.P. Locher and H. de Bakker (Eds.) *Bodemkunde van Nederland, deel 1, Algemene Bodemkunde*. Den Bosch, Malmberg: 167-180.

Vries, W. de en 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. Alterra-rapport 424.1

Vries, W. de ; H. van Dobben, C.M. van Herk, J. Roelofs, A. van Pul, A. van Hinsberg, J. Duijzer en J. W. Erisman 2002. Effecten emissiebeleid voor verzuring op de natuur. ArenA 8,7

Vries, W. de, G.J. Reinds, J.W. Erisman. 2003. Boscosecosystemen en stikstof : resultaten van het intensief Europees bosmonitoringprogramma. ArenA 9,4

Wamelink, G.W.W., C.J.P. Mol-Dijkstra, H.F. van Dobben, J. Kros & F. Berendse (2000). Eerste fase van de ontwikkeling van het Successie Model SUMO 1. Verbetering van de vegetatiemodellering in de Natuurplanner. Rapport 045. ALTERRA, Wageningen.

Wamelink, G.W.W., H. van Oene, J.P. Mol-Dijkstra, J. Kros, H.F. van Dobben & F. Berendse (2001). Validatie van de modellen SMART2, SUMO 1, NUCOM en MOVE op site-, regionaal en nationaal niveau. Alterra rapport 065. Alterra, Wageningen.

Wamelink, G.W.W., H.F. van Dobben, E.P.A.G. Schouwenberg & J.P. Mol-Dijkstra. (2003). Haalbaarheid van natuurdoeltypen in arme bossen en droge heide op de hogere zandgronden: een modelstudie. Rapport 562. Alterra, Wageningen.

Wamelink, G W W, ter Braak, C J F, van Dobben, H F. 2003. Changes in large-scale patterns of plant biodiversity predicted from environmental scenarios. Landscape Ecology 18:513-527.

ISE, International soil-analytical Exchange 2003. Annual report / International Plant-analytical Exchange IPE. 2002. Wageningen University, Wageningen evaluating programmes for analytical laboratories (Wepal).

Vries, W. de, Boumans, L.J.M., Olsthoorn, A.F.M., Leeters, E.E.J.M. 1994 Chemische samenstelling van naalden, bodem, bodemvocht en grondwater van twaalf monitoring - locaties onder bos. De uitgangstoestand in 1992. Rapport DLO-Staring Centrum, ISSN 0927-4499 370.1

Wesselink, L.G. Meiwes, K.J., Matzner, E., Stein, A. 1995 Long-Term Changes in Water and-Soil Chemistry in Spruce and Beech Forests, Solling, - Germany Environ. Sci. Technol. 29, 51-58.

Vries, W. de. (1996) Critical loads for acidity and nitrogen for Dutch forest on a 1 km x 1 km grid. SCO-DLO rapport 113, SC-DLO, Wageningen.

VW (2000) Gewijzigde versie Bijlage A: Normen 4e Nota Waterhuishouding. Staatscourant 16 juni, nr. 114.

Bijlage 2 Vegetatieopnamen uit MFV

Geschatte ellenberg getallen voor plots van MFV bos gelegen op de Utrechtse Heuvelrug, over de periode 2001-2005.

PLOT	licht	vocht	N	zuur
46309	6.50	5.00	3.25	2.60
46315	4.50			
46316	6.54	5.71	3.29	2.71
46633	5.40	6.17	5.60	4.33
46643	6.00	5.00	3.17	2.88
46969	6.30	5.00	4.71	3.14
47286	5.17	5.22	5.00	3.43
47291	6.21	5.42	6.83	5.53
47295	5.77	5.40	5.82	4,75
47606	5.58	6.00	4.40	3.50
47619	5.70	6.00	4.17	3.67
47928	6.10	5.90	5.78	4.69
47929	6.00	6.00	3.33	3.10
47930	5.90	5.60	3.71	3.50
47931	5.67	5.00	3.20	3.00
47932	5.67	5.00	3.50	2.75
47933	6.38	6.33	2.43	2.75
47938	5.90	5.25	4.60	3.00
48254	6.00		3.00	3.00
48262	5.60	5.33	4.40	3.25
48577	6.24	5.22	4.36	3.60
48579	6.36	5.80	5.40	4.20
48580	5.94	5.21	5.00	3.81
48903	6.44	6.50	2.33	2.60
48904	6.00	6.25	5.33	4.50
48911	6.71	5.11	4.84	5.17
49229	5.92	5.80	3.40	2.67
49235	6.22	6.67	2.75	3.00
49238	6.00		3.00	2.67
49554	5.67	5.36	4.80	3.40
49563	5.36	5.48	6.44	5.18
49885	6.14	5.60	3.75	2.80
50527	6.18	5.67	3.18	3.27
50528	6.09	5.83	3.57	3.14
50851	5.50	6.00	4.00	2.75
50852	6.11	6.50	3.75	3.25
52147	6.13	6.50	3.00	3.00
52796	6.06	5.33	3.90	2.82
53122	5.60	5.38	3.50	3.27
54093	5.71	5.27	5.08	3.13
54094	5.17	5.50	5.00	3.00

De gemiddelde Ellenberg getallen (Ellenberg et al. 1992) zijn berekend over de soorten uit de kruid- en struiklaag, zonder rekening te houden met hun bedekking.

Dit gaat als volgt. In elke opname worden de soorten vervangen door hun Ellenberg getal, dat meestal loopt van 1-9. Voor elke opname wordt van deze getallen het gemiddelde genomen door ze op te tellen en te delen door hun aantal. Dit is de gebruikelijke procedure. Deze werd uitgevoerd in Turboveg. Turboveg is een programma voor het invoeren en opslaan van vegetatieopnamen en voor het berekenen van gemiddelden per opname (Hennekens 1995). Aangezien sommige soorten geen Ellenberg getal hebben (vooral bomen en struiken) kan het voorkomen dat van een enkele opname geen gemiddelde kan worden berekend. Dit betreft soortenarme opnamen met bijna uitsluitend soorten zonder Ellenberg getal. Plot 46315 heeft slechts twee soorten, Beuk (*Fagus sylvatica*) en Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*). Aangezien Beuk veel Ellenberg getallen ontbeert, kan voor opname 46315 maar een enkel gemiddelde worden berekend. De plotnummers corresponderen met de plotnummers in Bijlage 4 van Rietra et al. (2004).

Het gemiddeld aantal soorten per opname bedraagt 14 (minimaal 2 en maximaal 35). Dit betreft het aantal soorten in de kruid-, struik- en boomlaag samen. Bij deze telling zijn de mossen buiten beschouwing gebleven.

Bijlage 3 Natuurdoeltypen en natuurdoelen

Uit "Landelijke Natuurdoelenkaart 12.2003" van EC-LNV.* bijgesteld

nr	X	y	NDTLIJST	NDKLEUR	Oude planning Herziene planning							
					i[1]	i[2]	i[3]	i[4]	f[1]	f[2]	f[3]	f[4]
45660	140478	459022	hz-4B.bos{100}	27	1	0	0	1				
46969	144224	468952	hz-4B.bos{100}	27	1	0	0	1	1	1		
47929	147404	453861	hz-3.13{100}	19	1	0	0	1	1			1
47932	147059	456861	hz-4B.bos{100}	27	1	0	0	1	1			1
48903	150725	452829	hz-4B.bos{100}	27	1	0	0	1	1			1
48911	150425	460829		15	1	0	0	1	1			1
50851	156290	450586	hz-4B.bos{100}	27	1	0	0	1	1			1
50852	156652	451586	hz-4B.bos{100}	27	1	0	0	1	1			1
52147	160785	446342	hz-3.14{100}	20	1	0	0	1	1			1
52796	162266	445343	hz-3.14{100}	20	1	0	0	1	1			1
53447	164785	446906	hz-4B.bos{100}	27	1	0	0	1	1			1
46633	143644	457733	hz-3.13{100}	19	1	1	0	0	1	1		
47286	145425	460091	hz-4B.bos{100}	27	1	1	0	0				
47619	146224	468501	hz-4B.bos{100}	27	1	1	0	0	1	1		
47928	147725	452861	hz-4.2{100} * hz-3.13	24a	1	1	0	0	1	1		
47931	147284	455861	hz-3.13{100}	19	1	1	0	0	1	1		
47933	147644	457861	hz-3.13{100}	19	1	1	0	0	1	1		
47938	147623	462861	hz-4.2{100} * hz-4B	24a	1	1	0	0	1	1		
48580	149661	454752	hz-4B.bos{100}	27	1	1	0	0	1	1		
49235	151478	459435		27	1	1	0	0	1	1		
53122	163785	446878	hz-3.14{100}	20	1	1	0	0	1	1		
54093	166274	442572	hz-4B.bos{100}	27	1	1	0	0	1			1
46309	142126	458753	hz-4B.bos{100}	27	0	1	1	0		1	1	
47295	145623	469091	hz-4B.bos{100}	27	0	1	1	0		1	1	
47606	146284	455501	hz-3.13{100}	19	0	1	1	0		1	1	
48579	149404	453752	hz-3.13{100}	19	0	1	1	0		1	1	
48581	149284	455752			0	1	1	0		1	1	
49238	151623	462435	hz-4B.bos{100}	27	0	1	1	0		1	1	
49554	152404	453497	hz-4B.bos{100}	27	0	1	1	0		1	1	
49563	152623	462497	hz-4B.bos{100}	27	0	1	1	0				
49885	153478	459915	hz-4B.bos{100}	27	0	1	1	0		1	1	
50527	155652	451386	hz-4B.bos{100}	27	0	1	1	0		1	1	
54094	166269	443572	hz-4B.bos{100}	27	0	1	1	0		1	1	
46315	142270	464753	hz-3.14{100}	20	0	0	1	1				
46316	142690	465753	hz-4B.bos{100}	27	0	0	1	1			1	1
46643	143855	467733	hz-4B.bos{100}	27	0	0	1	1			1	1
47291	145690	465091			0	0	1	1			1	1
47930	147661	454861	hz-4B.bos{100}	27	0	0	1	1			1	1
48254	148404	453423	hz-3.13{100}	19	0	0	1	1			1	1
48262	148298	461423	hz-4B.bos{100}	27	0	0	1	1			1	1
48577	149652	451752	hz-4B.bos{100}	27	0	0	1	1			1	1
48904	150404	453829	hz-4B.bos{100}	27	0	0	1	1			1	1
49229	151404	453435	hz-3.14{100}	20	0	0	1	1			1	1
50528	155725	452386	hz-4B.bos{100}	27	0	0	1	1			1	1

Bijlage 4 Analysegegevens

De eenheden bij NO3mgkg_top, NO3mgkg_mid, NO3mgkg_ond, NH4mgkg_top, NH4mgkg_mid, NH4mgkg_ond zijn: mg N per kg droge grond. De eenheden bij NO3mgl_top, NO3mgl_mid, NO3mgl_ond zijn in mg N per liter bodemvocht.

Ronde 1

	nr	x	y	pH_top	NO3mgkg_top	NH4_top	NO3mgl_top	pH_mid	NO3mgkg_mid	NH4_mid	NO3mgl_mid	pH_ond	NO3mgkg_ond	NH4_ond	NO3mgl_ond
MFV_NR				ronde 1	ronde 1	ronde 1	ronde 1	ronde 1	ronde 1	ronde 1	ronde 1	ronde 1	ronde 1	ronde 1	ronde 1
54093	140	166273	442572	2.96	1.3770	3.5658	8.50	3.99	0.4537	1.0237	5.22	4.23	0.1581	0.2433	2.71
47929	152	147404	453860	3.15	1.0573	2.8534	7.52	3.79	0.6626	1.2130	9.35	4.5	0.2842	0.2119	5.62
47932	154	147058	456860	3.56	0.1824	4.2364	1.23	4.05	0.1543	0.9599	2.09	4.55	0.0243	0.1014	0.50
48903	148	150725	452829	3.18	0.5364	1.3168	3.24	4.11	0.3162	0.8416	2.14	4.52	0.0000	0.0000	0.00
48911	149	150424	460829	3.83	0.6744	1.7155	5.14	4.31	0.2403	0.3645	1.84	4.58	0.0099	0.0000	0.20
50851	146	156289	450586	2.98	0.6698	0.9692	5.14	3.56	0.4562	0.3706	4.40	4.27	1.1976	0.2193	16.22
50852	145	156652	451586	2.9	1.8668	1.8761	3.68	3.48	0.4071	0.5091	2.09	4.19	1.3681	0.1334	7.16
52147	144	160785	446341	4.03	0.5412	1.2766	7.88	4	0.4184	1.5019	5.40	4.62	0.5116	0.0999	12.96
52796	143	162266	445343	2.94	0.4254	0.7638	3.18	4.04	0.5288	0.3255	4.21	4.32	0.3577	0.1331	6.85
53447	141	164785	446905	3.66	1.6872	0.3246	10.25	4.19	1.5223	1.1353	16.02	4.44	0.1689	0.2089	2.88
46633	160	143644	457733	3.56	1.4078	1.7165	13.77	4.29	1.9061	0.9810	16.46	4.45	1.1443	0.5377	15.09
47619	157	146223	468500	3.68	0.2156	1.1192	1.99	3.96	0.2928	0.7192	2.81	4.25	0.2486	0.9727	3.93
47928	151	147725	452860	3.21	0.7223	0.4211	9.18	3.93	0.1574	0.0712	3.42	4.53	0.2868	0.1470	4.82
47931	153	147283	455860	3.69	0.2062	0.8719	2.78	4.41	0.0511	0.2577	0.78	4.63	0.0000	0.0000	0.00
47933	155	147644	457860	3.63	1.1116	1.3171	5.38	4.23	0.2572	0.2050	2.68	4.47	0.1750	0.0000	3.30
47938	156	147622	462860	3.03	1.9022	1.2378	13.71	3.65	0.8403	0.6704	10.68	4.33	0.4209	0.4877	8.59
48580	150	149660	454751	3.65	0.8669	0.9560	6.75	4.24	0.6048	0.2425	4.63	4.62	0.0766	0.0000	1.66
49235	147	151478	459435	2.9	0.2680	1.0715	2.18	3.8	0.4847	0.6844	3.88	4.62	0.0670	0.0918	1.17
53122	142	163785	446878	2.91	3.1674	4.6311	10.68	3.58	0.7987	0.9852	5.42	4.37	0.4030	0.6946	6.61
46969	159	144223	468952	3.32	0.1725	1.3458	0.98	3.6	0.2023	0.6476	2.05	4.2	0.0386	0.2869	0.80

Ronde 2

MFV_NR	nr	x	y	pH_top ronde 2	NO3mgkg_top ronde 2	NH4_top ronde 2	NO3mgL_top ronde 2	pH_mid ronde 2	NO3mgkg_mid ronde 2	NH4_mid ronde 2	NO3mgL_mid ronde 2	pH_ond ronde 2	NO3mgkg_ond ronde 2	NH4_ond ronde 2	NO3mgL_ond ronde 2
46633	160	143644	457733	3.20	1.7121	1.2496	14.3	3.90	1.3268	0.5018	12.9	4.36	1.6031	0.2873	18.6
47619	157	146224	468501	3.77	0.5246	0.4788	4.9	3.61	0.4697	0.5309	3.1	4.05	0.6087	0.2851	7.6
47928	151	147725	452861	3.26	0.9435	0.7000	8.5	3.74	0.7940	0.6141	12.7	4.39	0.1840	0.0594	3.7
47931	153	147284	455861	3.58	0.8580	1.5918	4.3	4.24	0.1281	0.4499	1.2	4.38	0.1543	0.2484	2.1
47933	155	147644	457861	3.78	0.2152	1.4311	2.5	4.08	0.7817	1.4143	9.5	4.45	0.2169	0.4532	3.8
47938	156	147623	462861	3.98	0.4353	0.9427	5.1	4.17	0.2911	0.4878	6.8	4.41	0.0355	0.1398	0.8
48580	150	149661	454752	3.44	0.7966	1.0146	5.6	4.09	0.3571	0.5990	2.1	4.43	0.1167	0.1869	2.3
49235	147	151478	459435	3.14	0.6909	1.0907	5.6	4.05	1.1267	0.6731	8.2	4.42	0.4106	0.1651	7.1
53122	142	163785	446878	3.39	2.0741	1.2566	10.8	4.14	0.9779	0.4306	8.9	4.35	0.8039	0.1846	10.9
46969	159	144224	468952	2.99	1.2568	0.6687	5.7	3.52	0.7485	0.5142	5.7	3.49	0.5407	0.4125	3.7
46309	165	142126	458753	3.29	-0.0002	0.5297	0.0	3.98	0.0095	0.2174	0.2	4.24	0.0047	0.1274	0.1
47295	170	145623	469091	3.26	0.3883	1.0946	3.4	3.85	0.1533	0.7327	2.3	4.41	0.2462	0.4458	4.4
47606	163	146284	455501	3.00	0.2358	0.6400	2.0	3.72	0.0194	0.2685	0.3	4.28	0.0517	0.1368	1.1
48579	167	149404	453752	3.79	-0.0344	0.6470	-0.5	4.28	-0.0551	0.1740	-1.0	4.47	-0.0233	0.2705	-0.5
48581	164	149284	455752	4.03	0.1845	0.4674	3.1	4.00	0.7340	0.5316	6.8	4.14	0.0521	0.3162	0.8
49238	162	151623	462435	3.70	0.5086	1.1392	4.8	4.26	0.1922	0.2714	1.9	4.38	0.0871	0.0824	1.3
49554	168	152404	453497	3.67	0.6806	1.1059	5.4	4.16	0.6561	0.8658	6.1	4.38	0.2550	0.2293	4.6
49885	169	153478	459915	3.28	3.6060	0.3785	25.0	3.71	1.4033	0.1269	12.0	3.85	1.1445	0.3720	12.0
50527	161	155652	451386	3.24	0.0147	0.5875	0.1	3.93	0.0411	0.7301	0.3	4.31	-0.0262	0.3999	-0.3
54094	166	166269	443572	3.13	1.0885	2.2810	6.4	4.11	0.4322	0.5576	3.9	4.19	0.5349	0.2246	6.5

Ronde 3

MFV_NR	nr	x	y	pH_top ronde 3	NO3mgkg_top ronde 3	NH4_top ronde 3	NO3mg_l_top ronde 3	pH_mid ronde 3	NO3mgkg_mid ronde 3	NH4_mid ronde 3	NO3mg_l_mid ronde 3	pH_ond ronde 3	NO3mgkg_ond ronde 3	NH4_ond ronde 3	NO3mg_l_ond ronde 3	pH_top ronde 4
46309	165	142126	458753	3.01	0.8582	0.6589	5.87	3.99	0.4446	0.2409	4.99	4.01	0.3558	0.1719	3.06	3.01
47295	170	145623	469091	2.9	0.3819	1.4735	2.00	3.36	0.3120	0.7382	2.68	3.97	0.0534	0.4473	0.63	2.9
47606	163	146284	455501	3.2	0.0329	0.5449	0.37	4.12	0.0091	0.2201	0.16	4.41	0.0323	0.1629	0.57	3.2
48579	167	149404	453752	3.72	-0.0379	0.3908	-0.54	4.05	0.0005	0.2643	0.01	4.35	-0.0085	0.1484	-0.15	3.72
48581	164	149284	455752	3.85	0.7834	1.0985	6.18	4.18	0.4992	0.4703	4.47	4.29	0.4340	0.2668	5.04	3.85
49238	162	151623	462435	3.75	0.1393	0.7182	1.15	4.35	0.1968	0.1478	2.23	4.55	0.0664	0.0669	0.96	3.75
49554	168	152404	453497	3.77	0.2892	1.1839	2.37	4.16	0.2764	0.3540	2.76	4.35	0.1893	0.1388	3.21	3.77
49885	169	153478	459915	3.34	0.4709	0.7820	3.24	3.72	0.3122	0.2251	2.67	3.97	0.2519	0.1650	2.53	3.34
50527	161	155652	451386	3.12	0.0893	1.1804	0.34	4.12	-0.0055	0.1004	-0.05	4.35	0.0626	0.4447	0.46	3.12
54094	166	166269	443572	3.1	0.0613	1.3765	0.43	3.97	0.1991	0.7805	1.42	4.18	0.0753	0.3239	0.80	3.1
46316	172	142690	465753	3.04	0.3092	0.7753	1.19	3.56	0.4821	0.1549	3.74	4.11	0.3039	0.1469	4.44	3.04
46643	177	143855	467733	3.04	0.5291	0.7485	3.91	4.02	0.7392	0.2693	7.75	4.44	0.4226	0.1323	8.27	3.04
47291	174	145690	465091	3.19	0.3650	1.0666	3.04	3.42	0.3450	0.3411	2.91	3.62	0.1330	0.1841	1.40	3.19
47930	182	147661	454861	3.56	0.0197	0.7906	0.28	4.27	0.0027	0.2509	0.06	4.36	-0.0042	0.2050	-0.10	3.56
48254	179	148404	453423	3.42	0.3895	1.3255	4.18	3.88	0.2716	0.3256	2.99	4.31	0.1481	0.1614	2.26	3.42
48262	181	148298	461423	3.56	0.2651	1.0355	1.75	3.93	0.1441	0.4905	0.97	4.3	0.0709	0.0876	0.92	3.56
48577	178	149652	451752	3.46	-0.0018	0.7187	-0.02	4.14	0.0335	0.2561	0.44	4.38	0.1708	0.2093	3.11	3.46
48904	175	150404	453829	4.43	1.2025	1.4985	8.28	4.3	0.5848	0.3475	5.15	4.52	0.3651	0.1540	6.29	4.43
49229	176	151404	453435	3.58	0.6071	1.1579	4.33	4.29	0.5508	0.2831	6.25	4.36	0.5899	0.1856	8.86	3.58
50528	173	155725	452386	3.09	0.5517	1.0244	2.58	4.15	0.2612	0.1401	3.25	4.43	0.2864	0.0838	4.99	3.09

Ronde 4

	nr	x	y	NO3mgkg_top	NH4_top	NO3mg_l_top	pH_mid	NO3mgkg_mid	NH4_mid	NO3mg_l_mid	pH_ond	NO3mgkg_ond	NH4_ond	NO3mg_l_ond
MFV_NR				ronde 4	ronde 4	ronde 4	ronde 4	ronde 4	ronde 4	ronde 4	ronde 4	ronde 4	ronde 4	ronde 4
54093	140	166274	442572	3.38	1.5	0.5	13.04	3.88	0.62	1.2	6.98	4.19	0.33	0.3
47929	152	147404	453861	3.56	0.72	0.7	6.86	4.43	0.26	0.1	4.67	4.49	0.36	0.1
47932	154	147059	456861	3.9	0.09	1.3	1.09	4.23	0.07	0.7	0.66	4.41	0.1	0.1
48903	148	150725	452830	2.95	1.22	1.4	7.01	4.27	0.65	0.2	8.49	4.28	0.51	0.2
48911	149	150425	460830	3.99	0.66	0.9	6.00	4.23	0.57	0.5	5.48	4.32	0.38	0.2
50851	146	156290	450586	3.04	1.14	1	7.76	3.46	0.56	0.4	5.09	3.92	0.66	0.3
50852	145	156652	451586	2.7	2.73	1.8	4.95	3.39	0.53	0.6	2.24	3.68	0.27	0.3
52147	144	160785	446342	3.93	0.43	1.9	3.21	4.2	0.47	1	3.70	4.32	0.16	0.4
52796	143	162266	445343	2.96	1.64	8.8	9.06	3.95	1.32	1.3	10.91	4.23	0.86	0.5
53447	141	164785	446906	3.73	2.55	0.3	13.93	4.18	0.61	0.2	5.26	4.45	0.2	0.1
46316	172	142690	465753	3.01	0.87	1.3	3.22	3.84	0.19	0.1	2.04	4.23	0.42	0.1
46643	177	143855	467733	2.81	1.29	2.1	6.68	4.16	0.63	0.2	7.81	4.32	0.42	0.1
47291	174	145690	465091	2.95	1.02	3.3	8.43	3.44	0.32	0.3	3.86	3.62	0.16	0.2
47930	182	147661	454861	3.47	0.19	0.9	2.77	3.88	0.18	0.4	3.47	4.26	0.28	0.1
48254	179	148404	453423	3.48	0.51	0.7	6.88	3.87	1.34	0.9	20.30	4.35	0.26	0.2
48262	181	148298	461423	3.86	1.14	0.8	11.40	4.27	0.32	0	4.40	4.37	0.11	0
48577	178	149652	451752	3.53	0.03	0.7	0.29	4.13	-0.05	0.3	-0.72	4.39	0.08	0.2
48904	175	150404	453829	3.81	2.23	0.9	14.29	4.24	0.61	0.1	6.39	4.43	0.46	0.1
49229	176	151404	453435	3.59	1.57	1.3	14.67	4.34	0.53	0.2	8.15	4.44	0.41	0.2
50528	173	155725	452386	2.82	1.25	1	6.22	4.15	0.32	0.2	5.25	4.16	0.43	0.1

Bijlage 5 Bemonsterde diepten in 2004, 2005, 2006 en 2007

prov_nr	mfv_nr	coördinaten		Initiële plan (2003)				Herziene plan (2005)				Profiel- beschrijving			Bemonsterd in 2006			Bemonsterd in 2005			Bemonster in 2004		
		x	y	i[1]	i[2]	i[3]	i[4]	f[1]	f[2]	f[3]	f[4]	2006	2005	2004	Laag1	Laag2	Laag3	Laag 1	Laag2	Laag3	Laag1	Laag2	Laag3
140	54093	166274	442572	1	1	0	0	1			1	ja									0-15	15-80	80-100
152	47929	147404	453861	1	0	0	1	1			1	ja									0-25	25-60	60-100
154	47932	147059	456861	1	0	0	1	1			1	ja									0-30	30-75	75-110
148	48903	150725	452829	1	0	0	1	1			1	ja									0-30	50-80	90-110
149	48911	150425	460829	1	0	0	1	1			1	ja									0-40	40-80	80-110
146	50851	156290	450586	1	0	0	1	1			1	ja									0-50	50-80	80-110
145	50852	156652	451586	1	0	0	1	1			1	ja									0-20	20-80	80-100
144	52147	160785	446342	1	0	0	1	1			1	ja									0-30	30-50	60-90
143	52796	162266	445343	1	0	0	1	1			1	ja									0-30	30-75	75-110
141	53447	164785	446906	1	0	0	1	1			1	ja									0-20	20-50	50-90
160	46633	143644	457733	1	1	0	0	1	1	1		ja						0-30	45-75	75-110	0-75	75-105	105-120
157	47619	146224	468501	1	1	0	0	1	1	1		ja						0-30	30-60	60-90	0-60	60-80	80-110
151	47928	147725	452861	1	1	0	0	1	1	1		ja						0-15	15-60	60-110	0-20	20-50	70-90
153	47931	147284	455861	1	1	0	0	1	1	1		ja						0-30	30-60	60-90	0-30	30-75	80-110
155	47933	147644	457861	1	1	0	0	1	1	1		ja						0-30	30-60	60-90	0-50	50-80	80-110
156	47938	147623	462861	1	1	0	0	1	1	1		ja						0-20	20-45	50-90	0-20	20-60	60-110
150	48580	149661	454752	1	1	0	0	1	1	1		ja						0-45	45-80	80-110	0-40	40-80	80-110
147	49235	151478	459435	1	1	0	0	1	1	1		ja						0-45	45-90	90-110	0-50	50-80	80-110
142	53122	163785	446878	1	1	0	0	1	1	1		ja						0-40	40-75	75-110	0-10	10-60	60-110
159	46969	144224	468952	1	0	0	1	1	1			ja						0-15	30-60	60-90	0-60	60-90	90-110
165	46309	142126	458753	0	1	1	0		1	1		ja	ja		0-15	15-75	75-120	0-15	15-75	75-120			
170	47295	145623	469091	0	1	1	0		1	1		ja	ja		0-10	10-20	20-100	0-10	10-20	20-100			
163	47606	146284	455501	0	1	1	0		1	1		ja	ja		0-15	15-60	60-110	0-15	15-60	60-110			
167	48579	149404	453752	0	1	1	0		1	1		ja	ja		0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90			
164	48581	149284	455752	0	1	1	0		1	1		ja	ja		0-30	55-85	90-110	0-30	55-85	90-110			
162	49238	151623	462435	0	1	1	0		1	1		ja	ja		0-60	60-90	90-120	0-60	60-90	90-120			
168	49554	152404	453497	0	1	1	0		1	1		ja	ja		0-45	45-75	75-110	0-45	45-75	75-110			
169	49885	153478	459915	0	1	1	0		1	1		ja	ja		0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90			
161	50527	155652	451386	0	1	1	0		1	1		ja	ja		0-60	60-90	90-110	0-60	60-90	90-110			
166	54094	166269	443572	0	1	1	0		1	1		ja	ja		0-20	30-60	60-90	0-20	30-60	60-90			
172	46316	142690	465753	0	0	1	1			1	1	ja			0-35	35-60	60-80						
177	46643	143855	467733	0	0	1	1			1	1	ja			0-20	40-60	80-100						
174	47291	145690	465091	0	0	1	1			1	1	ja			0-20	40-60	80-100						
182	47930	147661	454861	0	0	1	1			1	1	ja			0-10	10-30	40-60						
179	48254	148404	453423	0	0	1	1			1	1	ja			0-10	10-30	80-100						
181	48262	148298	461423	0	0	1	1			1	1	ja			0-20	40-60	70-90						
178	48577	149652	451752	0	0	1	1			1	1	ja			0-20	40-60	70-90						
175	48904	150404	453829	0	0	1	1			1	1	ja			0-20	60-80	90-110						
176	49229	151404	453435	0	0	1	1			1	1	ja			0-20	60-80	90-110						
173	50528	155725	452386	0	0	1	1			1	1	ja			0-30	70-90	90-110						

In 2007 zijn de bemonsterde diepten identiek geweest aan de voorgaande bemonsteringen in 2004 en 2006. Bemonsterd zijn de locaties volgens het herziene plan (zie kolom herziene plan(2005)). Er zijn geen profielbeschrijvingen meer gemaakt omdat die in 2004 en 2006 al zijn gemaakt.

Bijlage 6 Statistische verwerking meetnetgegevens meetnet Utrecht tot en met vierde meetronde.

Dick Brus

1. Methode

Het meetnet Utrecht is een substeekproef uit de MFV-steekproef. Deze substeekproef is opgezet als een rotatie-steekproef, d.w.z. een deel van de locaties van een bepaalde meetronde wordt in de volgende meetronde vervangen door nieuwe. In ons geval wordt de helft van de locaties vervangen door nieuwe locaties (*matching proportion* = 0.5). Alle nieuwe locaties van een bepaalde meetronde worden ook in de volgende meetronde waargenomen. In eerste instantie wordt de nauwkeurigheid van deze rotatiesteekproefstrategie gekwantificeerd (par. 1.1. en 1.2.). In par. 1.3. wordt uiteengezet hoe de steekproefvariantie van de steekproefopzet waarmee de MFV-punten zijn geselecteerd is berekend.

1.1 Actueel gemiddelde

Omwille van de eenvoud zijn alleen de gegevens van de laatste meetronde gebruikt voor het schatten van het actuele gemiddelde. Door de overlap van de steekproeven van opeenvolgende meetrondes kunnen in principe de meetgegevens van de vorige meetronde gebruikt worden als een hulpvariabele, maar we verwachten dat de winst in nauwkeurigheid gering is, terwijl de schatters aanzienlijk ingewikkelder worden.

1.1.1 Eerste meetronde

Na de eerste meetronde kan het actuele gemiddelde geschat worden met

$$\bar{y}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} y_{1i}, \quad (1)$$

waarin n_1 het aantal gelote locaties in de eerste meetronde is.

De steekproefvariantie van dit geschatte gemiddelde kan geschat worden met

$$v(\bar{y}_1) = \left(1 - \frac{n_1}{N}\right) \frac{v_1}{n_1}. \quad (2)$$

waarin v_1 de variantie van y_1 (de metingen van het bodemkenmerk in de eerste meetronde) is, en N het totaal aantal MFV-punten is ($N=88$). In vergelijking (2) is $1-n_1/N$ de eindige-populatie-correctieterm, zie Cochran (1977).

1.1.2 Tweede meetronde

Het actuele gemiddelde is geschat met de samengestelde schatter

$$\hat{\bar{y}}_2 = w_1 \bar{y}_2^{(m)} + w_2 \bar{y}_2^{(u)}, \quad (3)$$

waarin $\bar{y}_2^{(m)}$ het gemiddelde is van y_2 in het overlappende deel van de steekproef, $\bar{y}_2^{(u)}$ het gemiddelde is van y_2 in de nieuwe steekproef, d.w.z. het niet-overlappende deel van de steekproef, en w_1 en w_2 gewichten zijn die sommeren tot 1. De optimale gewichten, d.w.z. de gewichten die leiden tot de laagste variantie van $\hat{\bar{y}}_2$, zijn gelijk aan (Särndal *et al.*, 1992, p.372)

$$w_1 = 1 - w_2 = \frac{V(\bar{y}_2^{(u)}) - C(\bar{y}_2^{(u)}, \bar{y}_2^{(m)})}{V(\bar{y}_2^{(m)}) + V(\bar{y}_2^{(u)}) - 2C(\bar{y}_2^{(u)}, \bar{y}_2^{(m)})}. \quad (4)$$

waarin $V(\cdot)$ de variantie en $C(\cdot)$ de covariantie is.

Voor het schatten van de varianties in vergelijking (4) is het goed te weten dat een steekproef in twee fasen, waarbij in de eerste fase enkelvoudig aselekt zonder teruglegging n punten uit een populatie van N punten worden geselecteerd, en in de tweede fase enkelvoudig aselekt zonder teruglegging m punten uit deze n punten worden geselecteerd, identiek is aan een één-fase steekproef waarin direct enkelvoudig aselekt zonder teruglegging m punten uit de N punten worden geselecteerd. Dit betekent dat de variantie van het gemiddelde van y_2 in het overlappende deel van de steekproef gelijk is aan

$$V(\bar{y}_2^{(m)}) = \left(1 - \frac{m_2}{N}\right) \frac{V_2}{m_2} = \frac{V_2}{m_2} - \frac{V_2}{N}, \quad (5)$$

waarin V_2 de variantie van y_2 (de metingen van het bodemkenmerk in de tweede meetronde) is.

Voor het schatten van de variantie van het gemiddelde in de nieuwe steekproef, $V(\bar{y}_2^{(u)})$, is het nuttig te weten dat het complement van de steekproef van de eerste ronde kan worden beschouwd als een enkelvoudig aselekt steekproef zonder teruglegging van $N - n_1$ punten uit de populatie van N punten. Uit deze eerste-fase steekproef van $N - n_1$ punten is enkelvoudig aselekt zonder teruglegging een substeekproef geselecteerd van $n_2 - m_2$ punten, zodat de variantie gelijk is aan

$$V(\bar{y}_2^{(u)}) = \left(1 - \frac{n_2 - m_2}{N}\right) \frac{V_2}{n_2 - m_2}. \quad (6)$$

De covariantie in vergelijking (4) is gelijk aan (Särndal *et al.*, 1992, p.371)

$$C(\bar{y}_2^{(m)}, \bar{y}_2^{(u)}) = -\frac{V_2}{N}. \quad (7)$$

Deze covariantie is dus gelijk aan de tweede term in vergelijking (5). Merk op dat de covariantie onafhankelijk is van het aantal steekproefpunten. Substitutie van vergelijking (5), (6) en (7) in vergelijking (4) en vereenvoudiging, leidt tot de verrassend eenvoudige gewichten

$$\begin{aligned} w_1 &= \frac{m_2}{n_2}, \\ w_2 &= \frac{n_2 - m_2}{n_2}. \end{aligned} \quad (8)$$

Dit betekent dat het gemiddelde van y_2 zuiver geschat kan worden met het gemiddelde van alle y_2 -waarden (in het overlappende deel en het niet-overlappende deel van de steekproef van de tweede meetronde).

De steekproefvariantie van de samengestelde schatter van het actuele gemiddelde (vergelijking 3) is

$$V(\hat{\bar{y}}_2) = w_1^2 V(\bar{y}_2^{(m)}) + w_2^2 V(\bar{y}_2^{(u)}) + 2w_1 w_2 C(\bar{y}_2^{(m)}, \bar{y}_2^{(u)}). \quad (9)$$

Deze variantie kan geschat worden door $V(\bar{y}_2^{(m)})$, $V(\bar{y}_2^{(u)})$ en $C(\bar{y}_2^{(m)}, \bar{y}_2^{(u)})$ te vervangen door hun schatters. Deze varianties en covariantie van geschatte gemiddelden kunnen op hun beurt worden geschat door V_2 in vergelijkingen (5), (6) en (7) te vervangen door de geschatte variantie

$$v_2 = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^{n_2} (y_{2i} - \bar{y}_2^{(m+u)})^2, \quad (10)$$

waarin $\bar{y}_2^{(m+u)}$ het gemiddelde is van de y_2 -waarden in de hele (*matched plus unmatched*) steekproef van de tweede meetronde.

Eventueel zou in vergelijking (3) $\bar{y}_2^{(m)}$ kunnen worden vervangen door een regressieschatter van het actuele gemiddelde, waarbij de metingen uit de eerste meetronde gebruikt worden als hulpvariabele. Het aantal metingen voor het schatten van de regressiecoëfficiënten is echter vrij klein, n.l. 10. Bovendien blijkt dat voor de meeste kenmerken de correlatie tussen de meting in de tweede meetronde en de meting in de eerste meetronde laag is (Tabel 1), zodat dit nauwelijks tot een verhoging van de nauwkeurigheid zal leiden.

Tabel 1. Correlatiecoëfficiënt tussen meting tijdens eerste en tweede meetronde (op dezelfde locatie)

Kenmerk	Correlatie
pH_top	0.24
NO3_top	0.50
NH4_top	0.32
NO3mgl_top	0.64
pH_mid	0.28
NO3_mid	0.28
NH4_mid	-0.44
NO3mgl_mid	0.51
pH_ond	0.70
NO3_ond	0.92
NH4_ond	0.06
NO3mgl_ond	0.71

1.1.3 Derde meetronde

Het gemiddelde tijdens de derde meetronde is, analoog aan dat van de tweede meetronde, geschat met het gewogen gemiddelde van de twee substeekproefgemiddelden

$$\begin{aligned} \hat{\bar{y}}_3 &= w_1 \bar{y}_3^{(m)} + w_2 \bar{y}_3^{(u)}, \\ w_1 &= \frac{m_3}{n_3}, \\ w_2 &= \frac{n_3 - m_3}{n_3}, \end{aligned} \quad (11)$$

waarin $\bar{y}_3^{(m)}$ het gemiddelde is van y_3 in het overlappende deel van de steekproef, $\bar{y}_3^{(u)}$ het gemiddelde is van y_3 in de nieuwe steekproef, en w_1 en w_2 gewichten zijn die sommeren tot 1.

De variantie van deze schatter kan geschat worden met vergelijking (9), waarbij de (co)varianties van $\bar{y}_2$ worden vervangen door die van $\bar{y}_3$. De variantie van $\bar{y}_3^{(m)}$ is gelijk aan

$$V(\bar{y}_3^{(m)}) = \left(1 - \frac{n_2 - m_2}{N}\right) \frac{V_3}{n_2 - m_2} + \left(1 - \frac{m_3}{n_2 - m_2}\right) \frac{V_3}{m_3}. \quad (12)$$

In ons geval worden alle nieuwe punten van de tweede meetronde herbemonsterd in de derde meetronde: $m_3 = n_2 - m_2$, waardoor de tweede term (variantie tengevolge van substeekproefname) vervalt.

De variantie van $\bar{y}_3^{(u)}$ conditioneren we in eerste instantie op de steekproef van de eerste meetronde. De steekproef van nieuwe punten uit de derde meetronde is een steekproef van $n_3 - m_3$ punten uit een populatie van $N - n_1 - (n_2 - m_2)$ punten. De verwachting (over steekproeven van de eerste meetronde) van de conditionele variantie (geconditioneerd op de steekproef van de eerste meetronde) van het gemiddelde op de nieuwe punten is gelijk aan

$$E[V(\bar{y}_3^{(u)} | s_1)] = \left(1 - \frac{n_3 - m_3}{N - n_1 - (n_2 - m_2)}\right) \frac{V_3}{n_3 - m_3}, \quad (13)$$

Hier moet nog bij opgeteld worden de variantie (over steekproeven van de eerste meetronde) van de conditionele verwachting van het steekproefgemiddelde. De conditionele verwachting van het steekproefgemiddelde is gelijk aan het gemiddelde van het complement van de steekproef van de eerste meetronde. De variantie van dit gemiddelde is

$$V(E[\bar{y}_3^{(u)} | s_1]) = V(\bar{y}_3(s_1^c)) = \left(1 - \frac{N - n_1}{N}\right) \frac{V_3}{N - n_1}, \quad (14)$$

zodat de (ongeconditioneerde) variantie van het gemiddelde in de nieuwe steekproef gelijk is aan

$$V(\bar{y}_3^{(u)}) = \left(1 - \frac{n_3 - m_3}{N - n_1 - (n_2 - m_2)}\right) \frac{V_3}{n_3 - m_3} + \left(1 - \frac{N - n_1}{N}\right) \frac{V_3}{N - n_1}. \quad (15)$$

Op dezelfde wijze kan de covariantie van $\bar{y}_3^{(m)}$ en $\bar{y}_3^{(u)}$ worden afgeleid:

$$\begin{aligned} E[C(\bar{y}_3^{(m)} | s_1, \bar{y}_3^{(u)} | s_1)] &= -\frac{V_3}{N - n_1}, \\ C(E[\bar{y}_3^{(m)} | s_1], E[\bar{y}_3^{(u)} | s_1]) &= V(\bar{y}_3(s_1^c)) = \left(1 - \frac{N - n_1}{N}\right) \frac{V_3}{N - n_1}. \end{aligned} \quad (16)$$

Optellen van beide termen leidt tot de eenvoudige vergelijking (zie vergelijking 7)

$$C(\bar{y}_3^{(m)}, \bar{y}_3^{(u)}) = -\frac{V_3}{N}. \quad (17)$$

1.1.4 Vierde meetronde

Het gemiddelde tijdens de derde meetronde is, analoog aan dat van de tweede meetronde, geschat met het gewogen gemiddelde van de twee substeekproefgemiddelden

$$\begin{aligned} \hat{\bar{y}}_4 &= w_1 \bar{y}_4^{(m,3)} + w_2 \bar{y}_4^{(m,1)}, \\ w_1 &= \frac{m_4}{n_4}, \\ w_2 &= \frac{n_4 - m_4}{n_4}, \end{aligned} \quad (18)$$

waarin $\bar{y}_4^{(m,3)}$ het gemiddelde is van y_4 in het deel van de steekproef dat overlapt met de derde meetronde, $\bar{y}_4^{(m,1)}$ het gemiddelde is van y_3 in het deel van de steekproef dat overlapt met de eerste meetronde, en w_1 en w_2 gewichten zijn die sommeren tot 1.

De variantie van deze schatter kan geschat worden met vergelijking (9), waarbij de (co)varianties van $\bar{y}_2$ worden vervangen door die van $\bar{y}_4$. De variantie van $\bar{y}_4^{(m,3)}$ is gelijk aan (zie vergelijking 15)

$$V(\bar{y}_4^{(m,3)}) = \left(1 - \frac{n_3 - m_3}{N - n_1 - (n_2 - m_2)}\right) \frac{V_4}{n_3 - m_3} + \left(1 - \frac{N - n_1}{N}\right) \frac{V_4}{N - n_1}. \quad (19)$$

De variantie van $\bar{y}_4^{(m,1)}$ is gelijk aan

$$V(\bar{y}_4^{(m,1)}) = \left(1 - \frac{n_1 - m_2}{N}\right) \frac{V_4}{n_1 - m_2}. \quad (20)$$

De covariantie van $\bar{y}_4^{(m,3)}$ en $\bar{y}_4^{(m,1)}$ kan op dezelfde wijze afgeleid worden als die van $\bar{y}_3^{(m)}$ en $\bar{y}_3^{(u)}$ (vergelijking 13 - 17) door te conditioneren op s_2 in plaats van s_1 . Dit leidt tot:

$$C(\bar{y}_4^{(m,3)}, \bar{y}_4^{(m,1)}) = -\frac{V_4}{N}. \quad (21)$$

1.2 Het gemiddelde verschil

1.2.1 Tweede meetronde

Het gemiddelde verschil met de eerste meetronde is geschat met de samengestelde schatter

$$\hat{\bar{d}}_{21} = w_1 \bar{d}_{21}^{(m)} + w_2 \bar{d}_{21}^{(u)}, \quad (22)$$

waarin $\bar{d}_{21}^{(m)}$ het gemiddelde is van de verschilwaarden in het overlappende deel van de steekproef, en $\bar{d}_{21}^{(u)}$ het verschil tussen de gemiddeldes van y_2 en y_1 in de niet-overlappende delen van de twee steekproeven: $\bar{d}_{21}^{(u)} = \bar{y}_2^{(u)} - \bar{y}_1^{(u)}$. De gewichten zijn berekend met

$$w_1 = 1 - w_2 = \frac{v(\bar{d}_{21}^{(u)})}{v(\bar{d}_{21}^{(m)}) + v(\bar{d}_{21}^{(u)})}. \quad (23)$$

Merk op dat in vergelijking (12) de covariantie tussen $\bar{d}_{21}^{(m)}$ en $\bar{d}_{21}^{(u)}$ niet is opgenomen (zie vergelijking 4). Deze covariantie is verwaarloosbaar klein, en hierdoor zullen de met vergelijking (12) berekende gewichten nauwelijks afwijken van de optimale gewichten. De variantie van het geschatte gemiddelde verschil $\bar{d}_{21}^{(m)}$ is geschat met (vergelijk met vergelijking 5)

$$v(\bar{d}_{21}^{(m)}) = \left(1 - \frac{m_2}{N}\right) \frac{v(d_{21})}{m_2}, \quad (24)$$

waarin $v(d_{21})$ de geschatte variantie van de verschilwaarden is. De variantie van het verschil tussen de gemiddeldes van y_2 en y_1 in de niet-overlappende delen van de twee steekproeven is geschat met

$$v(\bar{d}_{21}^{(u)}) = v(\bar{y}_2^{(u)}) + v(\bar{y}_1^{(u)}) - 2c(\bar{y}_2^{(u)}, \bar{y}_1^{(u)}). \quad (25)$$

Voor de variantie van het gemiddelde van y_2 in de nieuwe steekproef, $v(\bar{y}_2^{(u)})$, zie vergelijking (6). De variantie van het gemiddelde van y_1 in het niet-overlappende deel van de steekproef is geschat met

$$v(\bar{y}_1^{(u)}) = \left(1 - \frac{n_1 - m_2}{N}\right) \frac{v_1}{n_1 - m_2}. \quad (26)$$

De covariantie tussen het gemiddelde van y_2 in het niet-overlappende deel van de steekproef en het gemiddelde van y_1 in het niet-overlappende deel van de steekproef, is geschat met

$$c(\bar{y}_2^{(u)}, \bar{y}_1^{(u)}) = -\frac{c_{12}}{N}, \quad (27)$$

waarin c_{12} de geschatte covariantie van y_1 en y_2 is:

$$c_{12} = \frac{1}{m_2 - 1} \sum_{i=1}^{m_2} (y_{1i} - \bar{y}_1^{(m)}) (y_{2i} - \bar{y}_2^{(m)}) \quad (28)$$

De steekproefvariantie van de samengestelde schatter van het gemiddelde verschil is geschat met

$$v(\hat{\bar{d}}_{21}) = w_1^2 v(\bar{d}_{21}^{(m)}) + w_2^2 v(\bar{d}_{21}^{(u)}). \quad (29)$$

1.2.2 Derde meetronde

Het gemiddelde verschil tussen de derde en tweede meetronde is geschat met de samengestelde schatter

$$\hat{\bar{d}}_{32} = w_1 \bar{d}_{32}^{(m)} + w_2 \bar{d}_{32}^{(u)}, \quad (30)$$

waarin $\bar{d}_{32}^{(m)}$ het gemiddelde is van de verschilwaarden in het overlappende deel van de steekproef, en $\bar{d}_{32}^{(u)}$ het verschil tussen de gemiddeldes van y_3 en y_2 in de niet-overlappende delen van de twee steekproeven: $\bar{d}_{32}^{(u)} = \bar{y}_3^{(u)} - \bar{y}_2^{(m)}$ (NB het deel van de steekproef van de tweede meetronde dat niet overlapt met de steekproef van de derde meetronde is dat deel van de steekproef van de tweede meetronde dat overlapt met de steekproef van de eerste meetronde, vandaar $\bar{y}_2^{(m)}$ en niet $\bar{y}_2^{(u)}$ achter het minteken). De gewichten w_1 en w_2 zijn berekend met de volgende schatters

$$\begin{aligned} w_1 = 1 - w_2 &= \frac{v(\bar{d}_{32}^{(u)})}{v(\bar{d}_{32}^{(m)}) + v(\bar{d}_{32}^{(u)})}, \\ v(\bar{d}_{32}^{(m)}) &= (1 - \frac{m_3}{N}) \frac{v(d_{32})}{m_3}, \\ v(\bar{d}_{32}^{(u)}) &= v(\bar{y}_3^{(u)}) + v(\bar{y}_2^{(m)}) - 2c(\bar{y}_3^{(u)}, \bar{y}_2^{(m)}), \\ c(\bar{y}_3^{(u)}, \bar{y}_2^{(m)}) &= \frac{-C_{23}}{N}. \end{aligned} \quad (31)$$

Tot slot is de variantie van het geschatte gemiddelde verschil (vergelijking 30) geschat met vergelijking (29).

1.2.3 Vierde meetronde

Het gemiddelde verschil tussen de vierde en derde meetronde is geschat met de samengestelde schatter

$$\hat{\bar{d}}_{43} = w_1 \bar{d}_{43}^{(m)} + w_2 \bar{d}_{43}^{(u)}, \quad (32)$$

waarin $\bar{d}_{43}^{(m)}$ het gemiddelde is van de verschilwaarden in het overlappende deel van de steekproef, en $\bar{d}_{43}^{(u)}$ het verschil tussen de gemiddeldes van y_4 en y_3 in de niet-overlappende delen van de steekproeven van de derde en vierde meetronde: $\bar{d}_{43}^{(u)} = \bar{y}_4^{(m,1)} - \bar{y}_3^{(m)}$.

De gewichten w_1 en w_2 in vergelijking (32) zijn berekend met de volgende schatters

$$\begin{aligned}
w_1 &= 1 - w_2 = \frac{v(\bar{d}_{43}^{(u)})}{v(\bar{d}_{43}^{(m)}) + v(\bar{d}_{43}^{(u)})}, \\
v(\bar{d}_{43}^{(m)}) &= (1 - \frac{m_4}{N}) \frac{v(d_{43})}{m_4}, \\
v(\bar{d}_{43}^{(u)}) &= v(\bar{y}_4^{(m,1)}) + v(\bar{y}_3^{(m)}) - 2c(\bar{y}_4^{(m,1)}, \bar{y}_3^{(m)}), \\
c(\bar{y}_4^{(m,1)}, \bar{y}_3^{(m)}) &= \frac{-c_{34}}{N}.
\end{aligned} \tag{33}$$

Net als bij de vorige meetrondes is de variantie van het gemiddelde verschil tussen vierde en derde meetronde geschat met vergelijking (29).

1.3 Steekproefvariantie voor steekproefopzet waarmee MFV-punten zijn geselecteerd

Tot nu toe is de steekproeffout tengevolge van het subbemonsteren van de MFV-steekproef gekwantificeerd. Hier moet nog de steekproeffout van de MFV-steekproef bij opgeteld worden. De MFV-steekproef is geselecteerd door eerst een *systematic unaligned* steekproef te genereren met een dichtheid van 1 punt per km². Vervolgens is door middel van Poisson-sampling een subset uit deze steekproef geselecteerd, waarbij elk punt een kans van 0.5 heeft om geselecteerd te worden. De steekproefvariantie van het geschatte gemiddelde voor dit steekproefontwerp is voorspeld met de methode van Domburg et al. (1994).

Voor deze methode moet eerst een variogram van het doelkenmerk geschat worden. Deze variogrammen zijn berekend met het rekenprogramma *variogram.gen* (zie bijlage). Vervolgens zijn 100 *systematic unaligned* steekproeven gegenereerd, en uit elke systematische steekproef is d.m.v. Poisson sampling 1 subsample gegenereerd. Voor elke substeekproef wordt de semivariantie berekend van alle $n(n-1)/2$ puntenparen die met de steekproef gemaakt kunnen worden, en wordt het gemiddelde van deze $n(n-1)/2$ semivarianties berekend. Vervolgens wordt deze gemiddelde semivariantie per steekproef gemiddeld over alle 100 steekproeven. Deze gemiddelde semivariantie moet tenslotte afgetrokken van de gemiddelde semivariantie binnen het hele onderzoeksgebied. Deze gemiddelde semivariantie binnen het hele onderzoeksgebied is berekend door een fijn vierkantsgrid over het gebied te leggen, en de semivariantie van alle puntenparen die met deze gridpunten kunnen worden gemaakt te berekenen en te middelen.

Voor de metingen van de doelvariabele tijdens de eerste en de tweede meetronde zijn experimentele variogrammen geschat. Vervolgens is op het oog een variogram-model gekozen (puur nugget, lineair of sferisch), en zijn de parameters van deze modellen geschat. De resultaten staan in onderstaande tabel.

Voor de verschilwaarden zijn geen experimentele variogrammen berekend omdat er slechts 10 verschilwaarden zijn. Voor deze verschilwaarden is voor alle 12 kenmerken een puur nugget variogram aangenomen, zodat de steekproefvariantie van de MFV-steekproef kan worden voorspeld met de nugget gedeeld door het verwachte aantal gridpunten.

2. Resultaten

2.1 Actueel gemiddelde en gemiddelde verschil

Tabel 2. Geschat actueel gemiddelde tijdens eerste, tweede, derde en vierde meetronde.
Tussenhaakjes: geschatte standaardafwijking

Kenmerk	Eerste meetronde	Tweede meetronde	Derde meetronde	Vierde meetronde
pH_top	3.34 (0.072)	3.45 (0.066)	3.41 (0.077)	3.33 (0.126)
NO3_top	1.01 (0.165)	0.81 (0.176)	0.37 (0.066)	1.01 (0.223)
NH4_top	1.60 (0.255)	0.96 (0.095)	0.98 (0.064)	1.30 (0.537)
NO3mgl_top	6.16 (0.773)	5.85 (1.160)	2.55 (0.477)	7.49 (1.263)
pH_mid	3.96 (0.055)	3.98 (0.048)	3.40 (0.058)	4.03 (0.090)
NO3_mid	0.40 (0.127)	0.56 (0.092)	0.28 (0.044)	0.44 (0.102)
NH4_mid	0.73 (0.111)	0.53 (0.058)	0.32 (0.037)	0.27 (0.113)
NO3mgl_mid	5.28 (0.880)	5.20 (0.901)	2.74 (0.445)	6.10 (1.292)
pH_ond	4.44 (0.030)	4.28 (0.048)	4.26 (0.046)	4.26 (0.070)
NO3_ond	0.26 (0.082)	0.35 (0.085)	0.20 (0.034)	0.30 (0.057)
NH4_ond	0.13 (0.055)	0.25 (0.025)	0.19 (0.021)	0.13 (0.035)
NO3mgl_ond	5.06 (0.973)	4.53 (0.986)	2.88 (0.543)	4.62 (0.918)

Kenmerk	Eerste meetronde	Tweede meetronde	Vershil
pH_top	3.34 (0.0715)	3.45 (0.0659)	0.115
NO3_top	1.01 (0.165)	0.810 (0.176)	-0.195
NH4_top	1.60 (0.255)	0.960 (0.0949)	-0.640
NO3mgl_top	6.16 (0.773)	5.85 (1.16)	-0.305
pH_mid	3.96 (0.0552)	3.98 (0.0479)	0.0200
NO3_mid	0.395 (0.127)	0.525 (0.0918)	0.130
NH4_mid	0.725 (0.111)	0.530 (0.0580)	-0.195
NO3mgl_mid	5.28 (0.880)	5.20 (0.901)	-0.080
pH_ond	4.44 (0.0297)	4.28 (0.0484)	-0.156
NO3_ond	0.260 (0.0815)	0.350 (0.0845)	0.0900
NH4_ond	0.125 (0.0548)	0.250 (0.0252)	0.125
NO3mgl_ond	5.06 (0.973)	4.53 (0.986)	-0.525

Tabel 3. Verschil (geschat met samengestelde schatter) tussen gemiddeldes tijdens eerste en tweede meetronde, tussen gemiddeldes tijdens tweede en derde meetronde, en tussen gemiddeldes tijdens derde en vierde meetronde. Negatief verschil: afname, positief verschil: toename.

Tussenhaakjes: geschatte standaardafwijking

Kenmerk	Vershil eerste en tweede meetronde	Vershil tweede en derde meetronde	Vershil derde en vierde meetronde
pH_top	0.11 (0.093)	-0.058 (0.11)	-0.098 (0.048)*
NO3_top	-0.14 (0.22)	-0.295 (0.300)	0.605 (0.068)*
NH4_top	-0.57 (0.26) *	0.090 (0.17)	0.337 (0.167)*
NO3mgl_top	-0.15 (0.99)	-2.4 (2.0)	4.503 (0.598)*
pH_mid	-0.02 (0.076)	-0.010 (0.092)	0.035 (0.038)
NO3_mid	0.15 (0.15)	-0.080 (0.16)	0.129 (0.063)*
NH4_mid	-0.22 (0.14)	-0.12 (0.10)	0.038 (0.049)
NO3mgl_mid	0.61 (1.1)	-0.72 (1.5)	2.495 (0.866)*
pH_ond	-0.16 (0.054) *	-0.017 (0.084)	-0.027 (0.023)
NO3_ond	0.27 (0.056) *	-0.052 (0.14)	0.062 (0.024) *
NH4_ond	0.15 (0.071) *	-0.040 (0.044)	-0.021 (0.009)*
NO3mgl_ond	0.59 (1.0)	-0.47 (1.7)	0.638 (0.405)

Kijken we eerst naar de verschillen tussen de eerste en tweede meetronde dan zien we dat behalve voor pH_ond, NO3_ond en NH4_ond (en NH4_top) de gemiddelde verschillen niet significant afwijken van 0, m.a.w. er zijn geen significante veranderingen opgetreden in de periode 2004 - 2005. Het gemiddelde verschil tussen tweede en derde meetronde wijkt voor geen van de variabelen significant af van 0.

Tabel 4. Steekproefvariantie van geschatte gemiddelde tijdens eerste meetronde voor MFV-steekproef voorspeld met variogram

Kenmerk	Variogram, modeltype	Parameters variogram (c0: nugget; c: sill; a: range in m.)	Voorspelde steekproefvariantie
pH_top	puur nugget	c0: 0.1324	0.00166
NO3_top	puur nugget	c0: 0.7037	0.00880
NH4_top	puur nugget	c0: 1.679	0.0210
NO3mgl_top	sferisch (zonder nugget)	c: 16.11; a:4509	0.124
pH_mid	sferisch (zonder nugget)	c: 0.1132; a:11479	0.000940
NO3_mid	puur nugget	c0: 0.4142	0.00518
NH4_mid	puur nugget	c0: 0.3167	0.003960
NO3mgl_mid	puur nugget	c0: 20.06	0.251
pH_ond	sferisch (zonder nugget)	c: 0.03190; a:12401	0.000269
NO3_ond	sferisch (zonder nugget)	c: 0.2359; a:10364	0.00191
NH4_ond	sferisch (zonder nugget)	c: 0.09790 a:15854	0.000837
NO3mgl_ond	sferisch (zonder nugget)	c: 31.60; a:8340	0.244

Tabel 5. Steekproefvariantie van geschatte gemiddelde tijdens tweede meetronde voor MFV-steekproef voorspelde met variogram.

Kenmerk	Variogram, modeltype	Parameters variogram (c0: nugget; c: sill; a: range in m.; b0: nugget; b1: helling)	Voorspelde steekproefvariantie
pH_top	puur nugget	c0: 0.1011	0.00126
NO3_top	puur nugget	c0: 0.7434	0.00929
NH4_top	puur nugget	c0: 0.2168	0.00271
NO3mgl_top	puur nugget	c0: 32.76	0.410
pH_mid	lineair (met nugget)	b0: 0.02979; b1:2.548E-6	0.000531
NO3_mid	puur nugget	c0: 0.2012	0.00252
NH4_mid	puur nugget	c0: 0.0816	0.00102
NO3mgl_mid	puur nugget	c0: 19.56	0.245
pH_ond	puur nugget	c0: 0.05710	0.000713
NO3_ond	puur nugget	c0: 0.1817	0.00227
NH4_ond	sferisch (zonder nugget)	c: 0.01632; a:4987	0.000125
NO3mgl_ond	puur nugget	c0: 23.44	0.293

Tabel 5: Steekproefvariantie van geschatte verschil tussen gemiddeldes tijdens tweede en eerste meetronde voor MFV-steekproef voorspelde met variogram.

Kenmerk	Variogram, modeltype	Parameter variogram (nugget)	Voorspelde steekproefvariantie
pH_top	puur nugget	0.1587	0.00198
NO3_top	puur nugget	0.8379	0.0105
NH4_top	puur nugget	1.330	0.0166
NO3mgl_top	puur nugget	14.29	0.179
pH_mid	puur nugget	0.1149	0.00144
NO3_mid	puur nugget	0.4505	0.00563
NH4_mid	puur nugget	0.4813	0.00602
NO3mgl_mid	puur nugget	19.82	0.248
pH_ond	puur nugget	0.04852	0.000606
NO3_ond	puur nugget	0.03996	0.000500
NH4_ond	puur nugget	0.1488	0.00186
NO3mgl_ond	puur nugget	14.82	0.186

Bijlage 7 Draaiboek meetronde 2004

Bemonsteringslocaties

In totaal zijn er 30 bemonsteringslocaties. Hiervan behoren 10 locaties tot het meetnet wat tussen 1994 en 2002 is bemonsterd. De overige 20 locaties behoren tot het nieuwe meetnet wat in 2004 wordt uitgevoerd. Deze nieuwe locaties behoren tevens tot het Europese meetnet Forest Focus.

Algemeen

Probeer schade te voorkomen omdat de locatie voor meerdere monitoringsactiviteiten zal worden gebruikt. Let op eventuele aanwezigheid van kabels en leidingen of archeologische locaties.

Bij het vermoeden van kabels en leidingen gaarne contact opnemen met het KLIC 0800-0080

De locatienummers van het meetnet 2004 zijn: 140B, 141B, 142B, 143B, 144B, 145B, 146B, 147B, 148B, 149B, 150B, 151B, 152B, 153B, 154B, 155B, 156B, 157B, 159B, 160B.

Bij bovenstaande locaties zijn 2 reservelocaties opgenomen. In totaal moeten 20 locaties worden bemonsterd en geanalyseerd.

Van het meetnet dat tussen 1994 en 2002 is bemonsterd zijn in de meetronde 2004 de volgende locaties opgenomen: 91B, 92B, 96B, 122B, 125B, 128B, 129B, 135B, 138B, 139B.

Nieuwe meetpunten 2004

Alle bemonsteringslocaties zijn ongeveer 225 m² groot. Van elke locatie is een locatiekaart toegevoegd.

Tevens is een adressenlijst van eigenaren en contactpersonen toegevoegd, waarmee contact kan worden opgenomen om eventueel toegang tot het perceel te verkrijgen.

Meetpunten uit het “oude” meetnet.

Uit het oude meetnet zijn 10 punten geselecteerd die deze meetronde worden bemonsterd.

Kopieën van de te bemonsteren locaties uit het oude meetnet zijn gemaakt, waarop de locatie, het adres etc. zijn vermeld.

Bemonstering

De meetfrequentie voor het meetnet verzuring is eens in de twee jaar. De bemonstering van het deelmeetnet verzuring vindt plaats in het vroege voorjaar. Bij voorkeur in de eerste drie weken van maart. De mogelijkheden voor het bemonsteren van dit meetnet hangen echter wel af van de weersomstandigheden. Zolang er vorst in de grond zit, is de bemonstering niet mogelijk. Tevens wordt niet bemonsterd tijdens en/of vlak na hevige regenval, omdat de kans groot is dat de

meting aan de bodem wordt beïnvloed door het hemelwater. Na hevige regenval kan het beste één of twee dagen worden gewacht met bemonsteren.

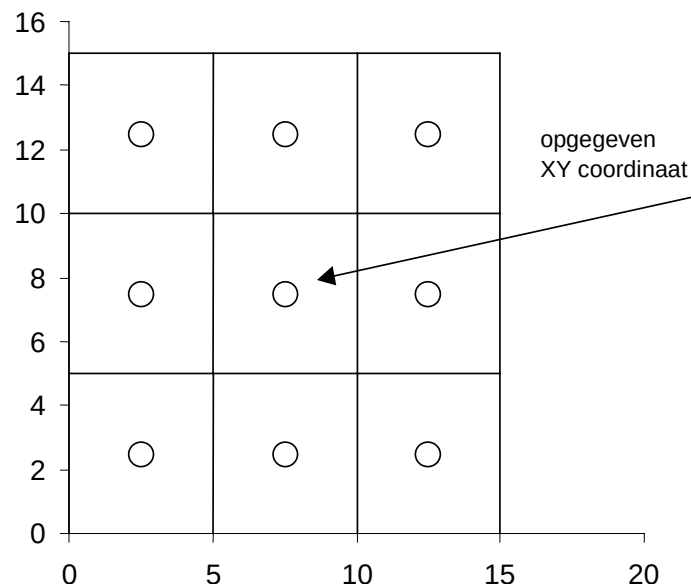
Werkwijze nieuwe locaties 140B, 141B, 142B, 143B, 144B, 145B, 146B, 147B, 148B, 149B, 150B, 151B, 152B, 153B, 154B, 155B, 156B, 157B, 159B, 160B.

Op de betreffende locatie wordt door middel van GPS de plek van de X en Y coördinaat bepaald die op de adressenlijst is aangegeven. Dit punt is gemarkeerd door de medewerkers van Alterra die reeds de pedogenetische beschrijving van de locatie hebben gemaakt. Geef indien mogelijk de nauwkeurigheid van de GPS, of maak gebruik van een DGPS.

De medewerker die verantwoordelijk is voor de pedogenetische beschrijving geeft Ynte de Vries (verantwoordelijk voor de bemonstering) aan op welke diepte (bijv. 40-50 cm) zich de bodemlaag bevindt die bemonsterd moet worden. Bij benadering zullen dat 0-30 cm, 30-60 cm en 60-90 cm zijn. De pedogenetische beschrijving is volgens Ten Cate et al. (1995).

De bemonsteringseenheid is een vierkant van 15 m x 15 m. Dit komt ongeveer overeen met de cirkel met een straal van 10 m in het meetnet MFV. Het centrum van de cirkel uit MFV, en het vierkant nu is de opgegeven XY coördinaat. De vierkanten worden bemonsterd op basis van een vierkantsraster van 3 bij 3 boorpunten. De afstand tussen de rasterpunten is 5 m (de cirkels in de figuur). Op alle 9 punten wordt een steek grond genomen uit de bovengrond, en twee dieper gelegen lagen/horizonten.

Bij het nemen van de monsters dient rekening gehouden te worden met de verticale overgangen in grondsoort. Elke laag/horizont moet bestaan uit één soort grondsoort. De negen steken per laag/horizont worden samengevoegd tot 1 mengmonster.



Per boring wordt het opgeboorde materiaal uitgelegd op landbouwplastic in de opgeboorde volgorde. Op de aangegeven hoogte door de medewerkers van Alterra wordt vervolgens een monster genomen. Per boring worden op drie diepten monsters genomen en per monsterdiepte verzameld in schone emmers. Per bodemlaag worden de monsters samengevoegd en gemengd. Hieruit wordt per bodemlaag van elke locatie 2 keer een mengmonster van 2 kg samengesteld [monster 1 en monster 2] welke in een schone zak of pot wordt gedaan. De boringen worden verricht met een schone edelmanboor.

Werkwijze oude locaties 91B, 92B, 96B, 122B, 125B, 128B, 129B, 135B, 138B, 139B.

Op de betreffende locatie wordt door middel van GPS de plek van de X en Y coördinaat bepaald.

Dit punt is gemarkeerd door de medewerkers van Alterra die reeds de pedogenetische beschrijving van de locatie hebben gemaakt. Bij de oude locaties wordt alleen de bovenste horizont bemonsterd.

De strooisellaag wordt weggeschoven, waarna begonnen kan worden met het bemonsteren.

Bij deze locaties wordt allen de bovenste horizont bemonsterd. De werkwijze gaat verder hetzelfde als bij de nieuwe locaties.

Per boring wordt het opgeboorde materiaal uitgelegd op landbouwplastic in de opgeboorde volgorde.

Op de aangegeven hoogte [bovenste horizont] die door de medewerkers van Alterra is aangegeven wordt vervolgens een monster genomen.

De monsters worden samengevoegd en gemengd. Hieruit wordt een mengmonster van 2 kg samengesteld [Monster 1] welke in een schone zak of pot wordt gedaan. De boringen worden verricht met een schone edelmanboor.

Etikettering

Iedere zak of pot wordt onmiddellijk voorzien van een etiket met daarop de volgende gegevens.

Meetnet Verzuring 2004, locatienummer, bemonsteringsdatum, diepte van het monster min maaiveld,

Monster 1 of Monster 2.

Conservering

Het monstermateriaal moet in een koelbox worden bewaard en eens per twee dagen aangeleverd aan het laboratorium van WUR, laboratorium bodemkwaliteit, Dreijerplein 10, 6703 HB Wageningen. Snel aanleveren van het monstermateriaal is zeer belangrijk voor het kunnen uitvoeren van een representatieve analyse.

Behandeling monsters en analyse.

De voorbehandeling en analyse van de monsters vindt plaats conform de offerte uitgebracht door Alterra. Een monster wordt direct geanalyseerd, dit is monster 1. Een tweede monster moet worden geconserveerd en opgeslagen, dit is monster 2.

Monster 1:

Alle monsters dienen voor de analyse koel bewaard te worden (maximaal 10 °C, beperk tijd buiten koelkast tot maximaal 8 uren). De monsters worden bij aanlevering op maan-, dins, woens-, of donderdag voor 10 uur dezelfde dag geanalyseerd.

70 × zeven 5 mm, homogeniseren en subbemonsteren

70 × KCL extractie

70 × pH-bepaling in KCl- extract

70 × Meting NH₄ en NO₃ m.b.v SFA

70 × vochtgehalte 105 °C

Monster 2:

60 × drogen (40 °C), verpakken en coderen.

60 × opslaan in plastic potten gedurende minimaal één jaar.

Alle monsters worden gezeefd [2mm].

Uitvoering.

De benodigde capaciteit voor de bemonstering van de locaties is globaal 3 werkweken bij een inzet van 2 personen voor het bemonsteren. Voor de pedogenetische bemonstering wordt een week, voor één persoon gerekend. De doorlooptijd van het meetnet is ca 4 weken vanaf de start van de bemonstering. Vooraf zijn de benodigde toestemmingen voor het betreden van de locaties aangevraagd bij de eigenaars/gebruikers

Bijlage 8 Foto's van de in 2007 bemonsterde locaties



140



143



144



145



146



148



149



152



154



172



173



174



175



176



177



178



179



181



182



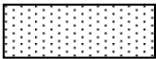
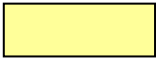
141

De in 2007 bemonsterde locaties ¹¹ geven een beeld van de variatie tussen de locaties (locatie 141 is eigenlijk geen bos).

¹¹ Er is niet systematisch bij elke locatie een fotro gemaakt in 2004 t/m 2006.

Bijlage 9 Boorbeschrijvingen 2004

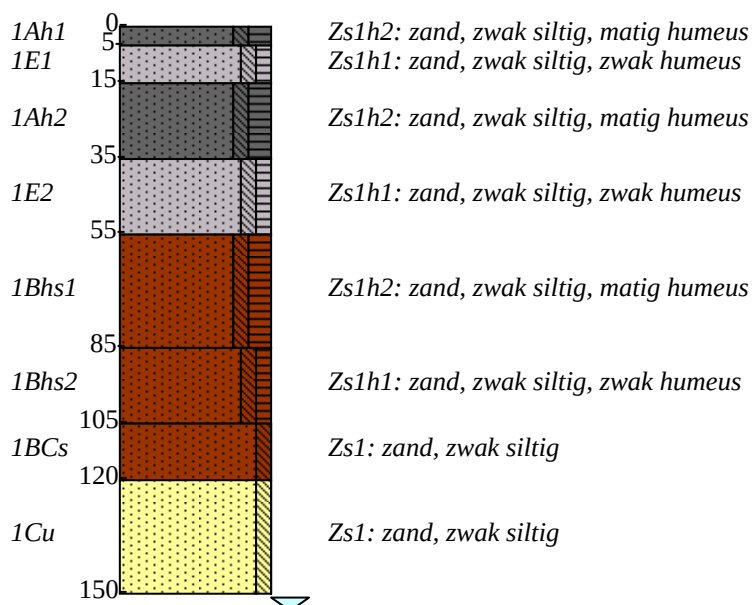
Legenda:

	grind, grindig		A-horizont
	zand, zandig		E-horizont
	leem, siltig		B-horizont
	klei, kleiig		C-horizont, grind
	veen, humeus		C-horizont, zand
	diepte GHG		C-horizont, leem
	diepte GLG		C-horizont, klei
	verwerkt		C-horizont, veen
	geëgaliseerd		
	opgehoogd		
	afgegraven		

Boring: **91**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 32D
 X, Y: 153.150, 457.985
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BN

Code: **2z431-VIIIId**

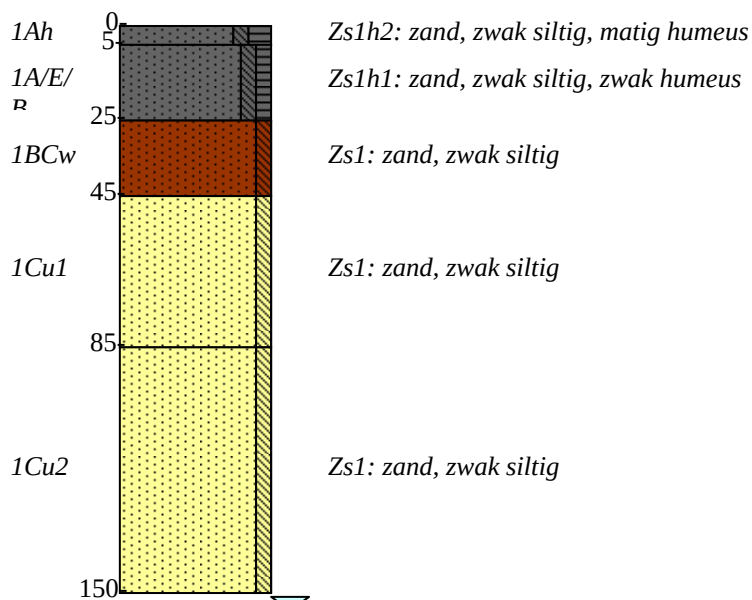
GHG: 151 cm - mv.
 GLG: 201 cm - mv.
 Beworteling: 60 cm



Boring: **92**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 32D
 X, Y: 152.690, 451.490
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BX

Code: **g/2i511-VIIIId**

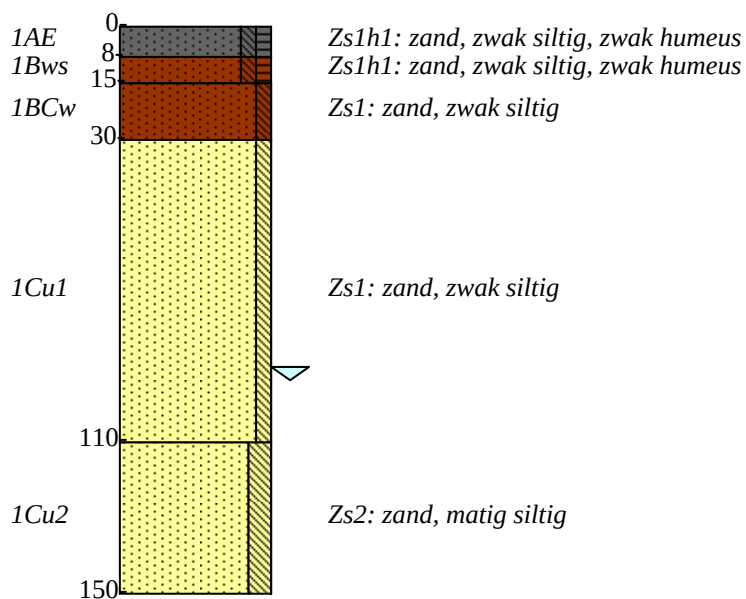
GHG: 151 cm - mv.
 GLG: 201 cm - mv.
 Beworteling: 50 cm



Boring: **96**
Datum: mrt. 204
Topkaart: 32C
X, Y: 141.350, 460.930
Karteerder: ROS
Bodemgebruik: BN

Code: **2i421-VIIId**

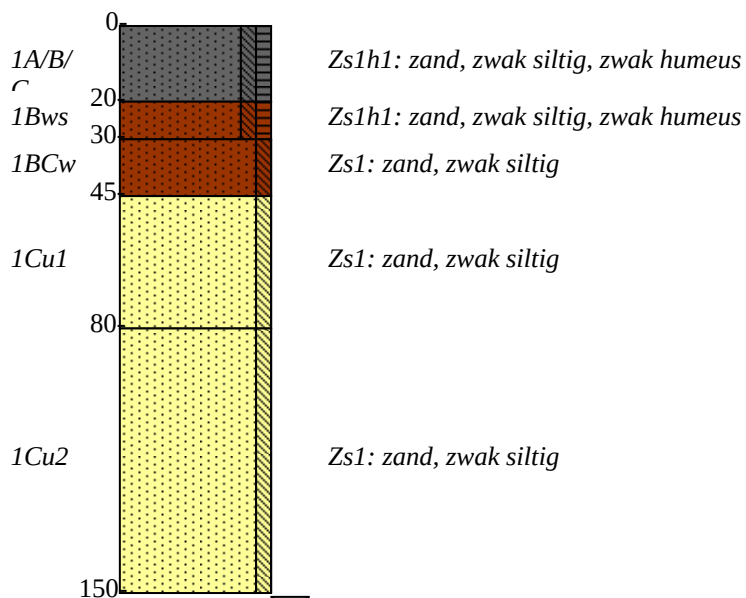
GHG: 90 cm - mv.
GLG: 200 cm - mv.
Beworteling: 30 cm



Boring: **122**
Datum: mrt. 204
Topkaart: 39E
X, Y: 161.375, 448.475
Karteerder: ROS
Bodemgebruik: BN

Code: **g/2i511-VIIId**

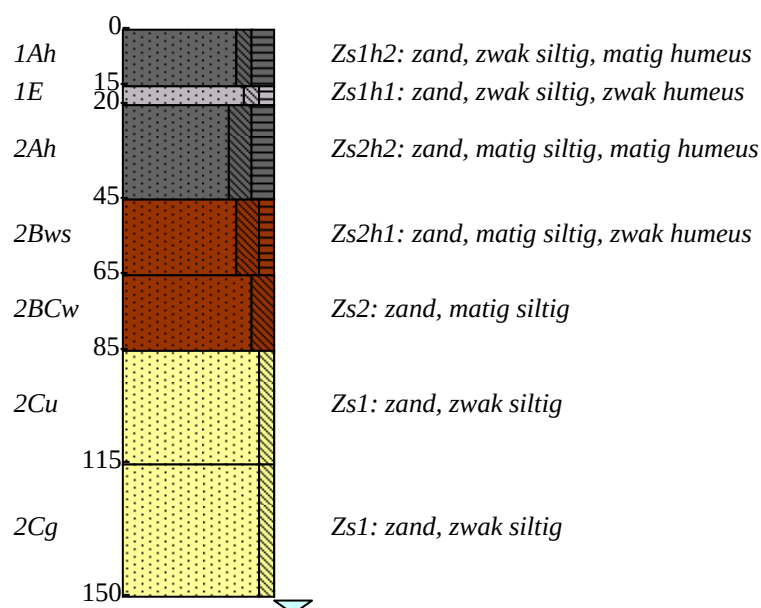
GHG: 151 cm - mv.
GLG: 201 cm - mv.
Beworteling: 60 cm



Boring: **125**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 32D
 X, Y: 154.633, 451.250
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BN

Code: **2i432/g8-VIIIId**

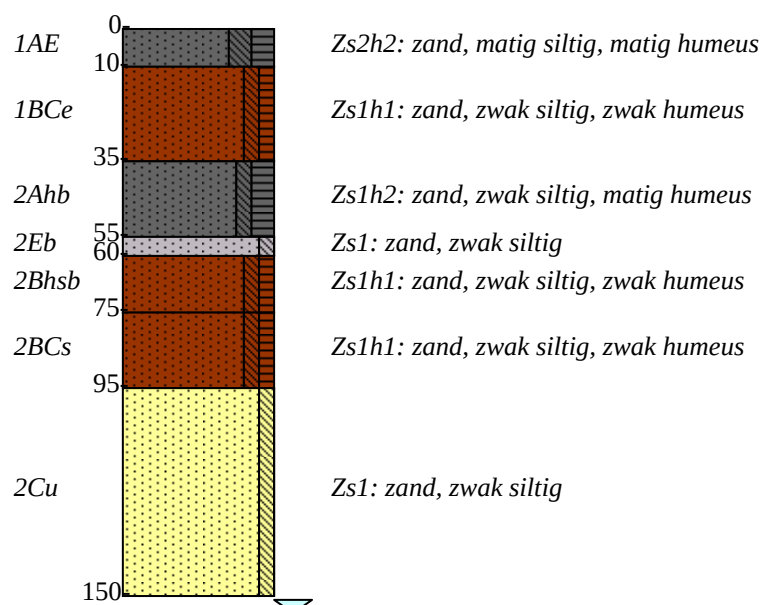
GHG: 151 cm - mv.
 GLG: 201 cm - mv.
 Beworteling: 80 cm



Boring: **128**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 32D
 X, Y: 151.225, 455.315
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BN

Code: **2z431/g5-VIIIId**

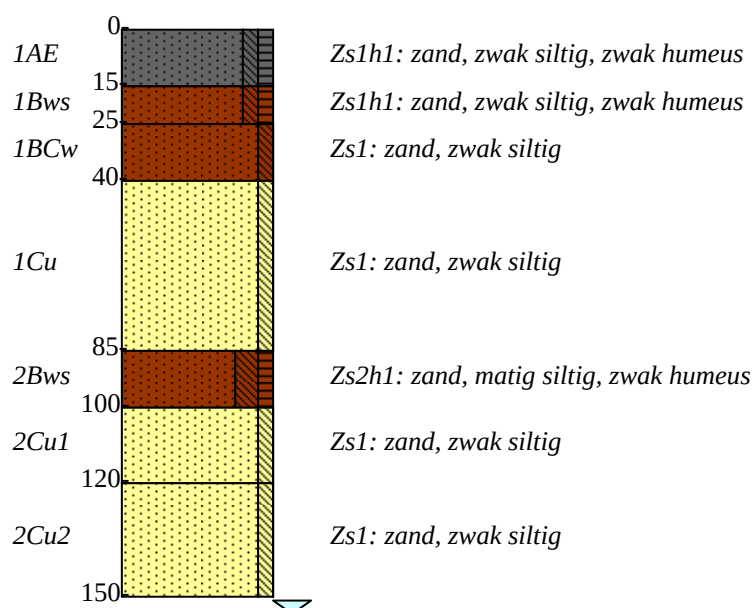
GHG: 151 cm - mv.
 GLG: 201 cm - mv.
 Beworteling: 60 cm



Boring: **129**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 32C
 X, Y: 147.900, 454.590
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BN

Code: **2i431/g8-VIIIId**

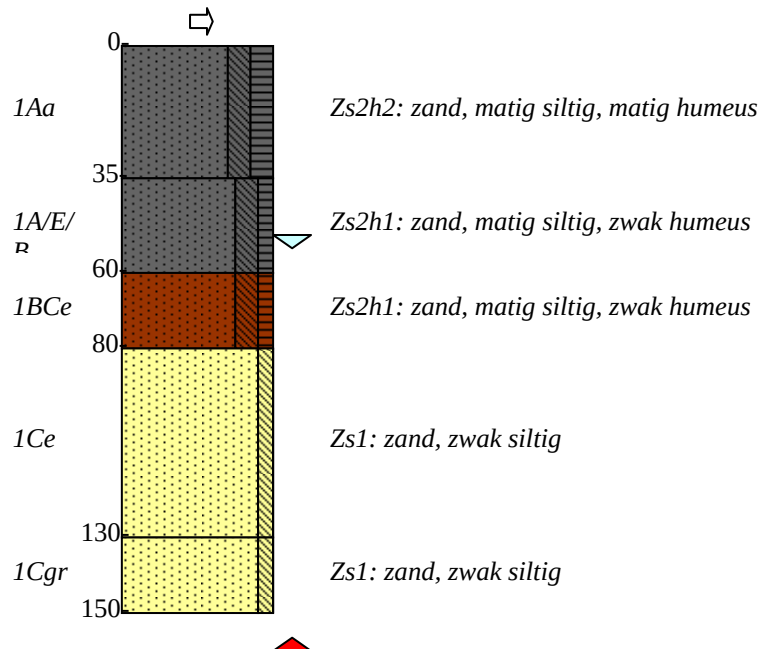
GHG: 151 cm - mv.
 GLG: 201 cm - mv.
 Beworteling: 40 cm



Boring: **135**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 32A
 X, Y: 145.750, 465.545
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BN

Code: **2q432/F-VIo**

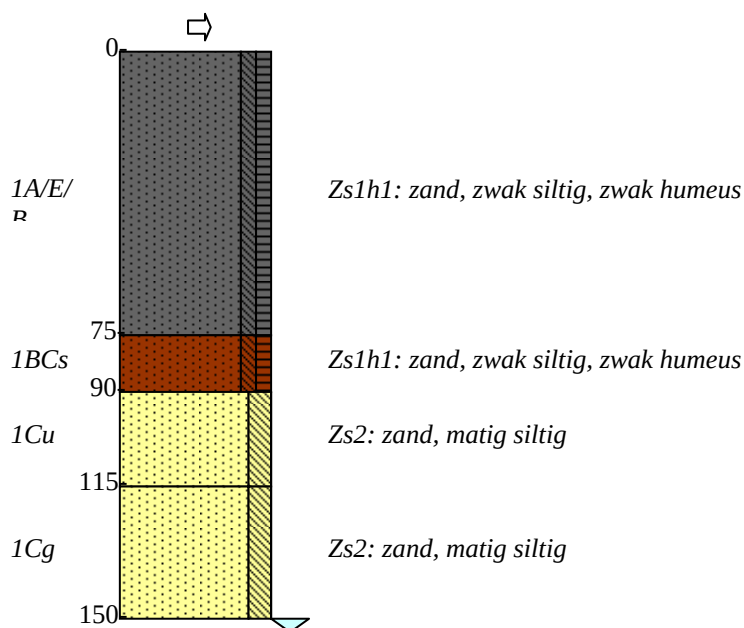
GHG: 50 cm - mv.
 GLG: 160 cm - mv.
 Beworteling: 70 cm



Boring: **138**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 32D
 X, Y: 150.325, 461.910
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BN

Code: **2z431/g11/F-VIIIId**

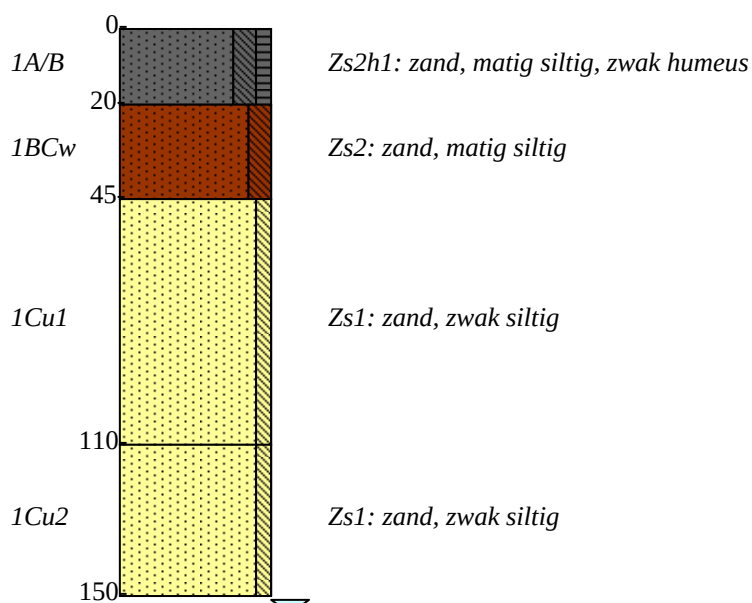
GHG: 150 cm - mv.
 GLG: 201 cm - mv.
 Beworteling: 75 cm



Boring: **139**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 39B
 X, Y: 159.130, 448.220
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BN

Code: **g/2i432-VIIIId**

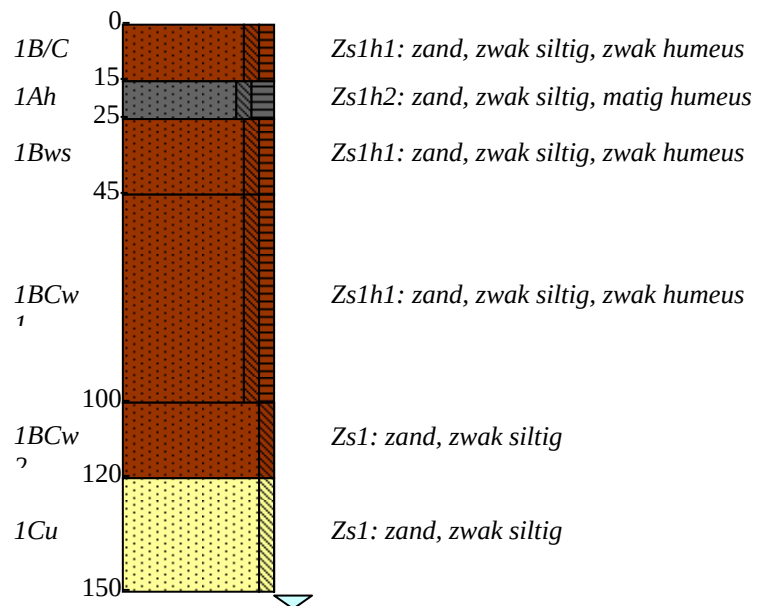
GHG: 151 cm - mv.
 GLG: 201 cm - mv.
 Beworteling: 40 cm



Boring: **140**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 39E
 X, Y: 166.274, 442.572
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BL

Code: **g/2i511-VIIIId**

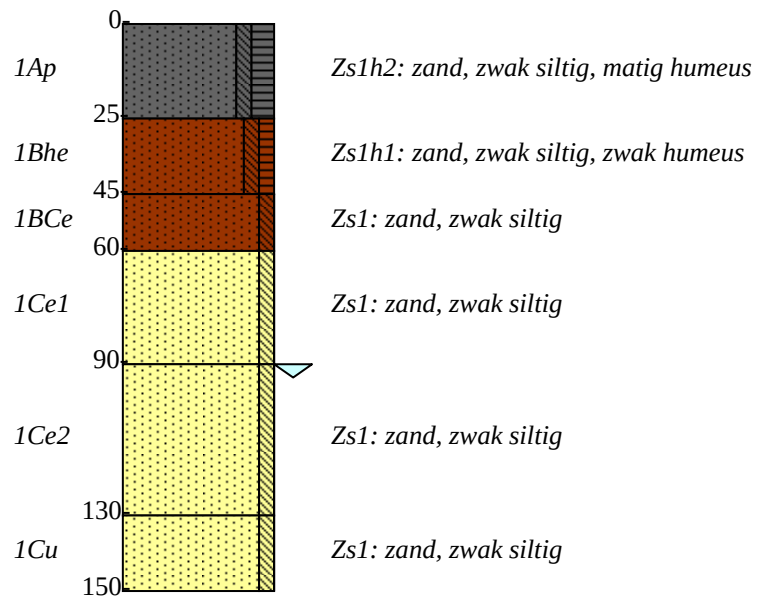
GHG: 151 cm - mv.
 GLG: 201 cm - mv.
 Beworteling: 80 cm



Boring: **141**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 39E
 X, Y: 164.785, 446.906
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: GR

Code: **2r431-VIIId**

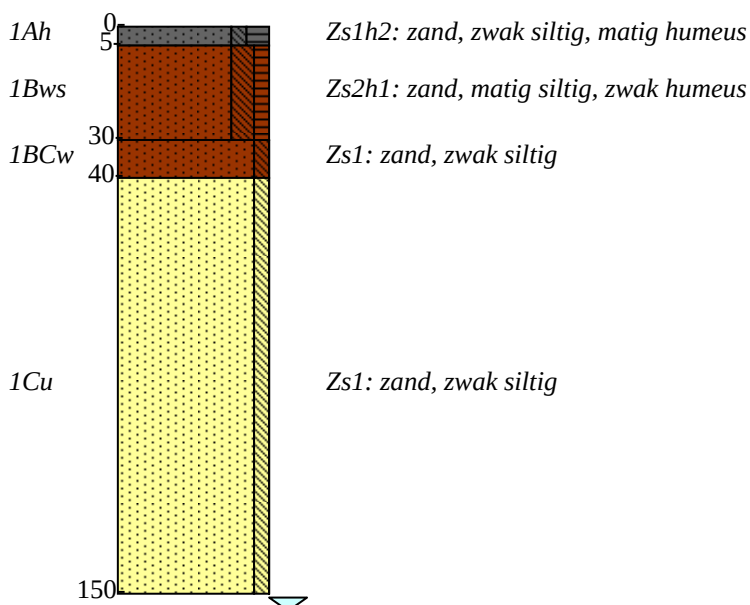
GHG: 90 cm - mv.
 GLG: 200 cm - mv.
 Beworteling: 60 cm



Boring: **142**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 39E
 X, Y: 163.785, 446.878
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BL

Code: **g/2i431/g4-VIIIId**

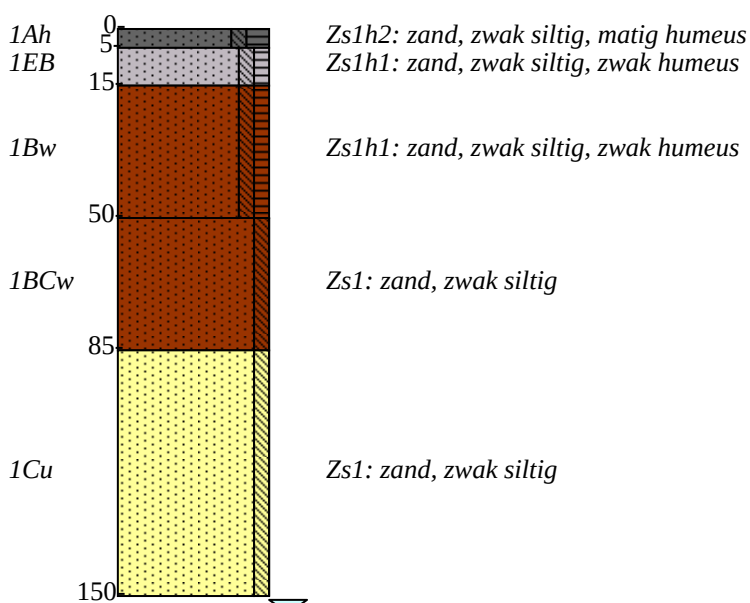
GHG: 151 cm - mv.
 GLG: 201 cm - mv.
 Beworteling: 40 cm



Boring: **143**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 39E
 X, Y: 162.266, 445.343
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BN

Code: **g/2i511-VIIIId**

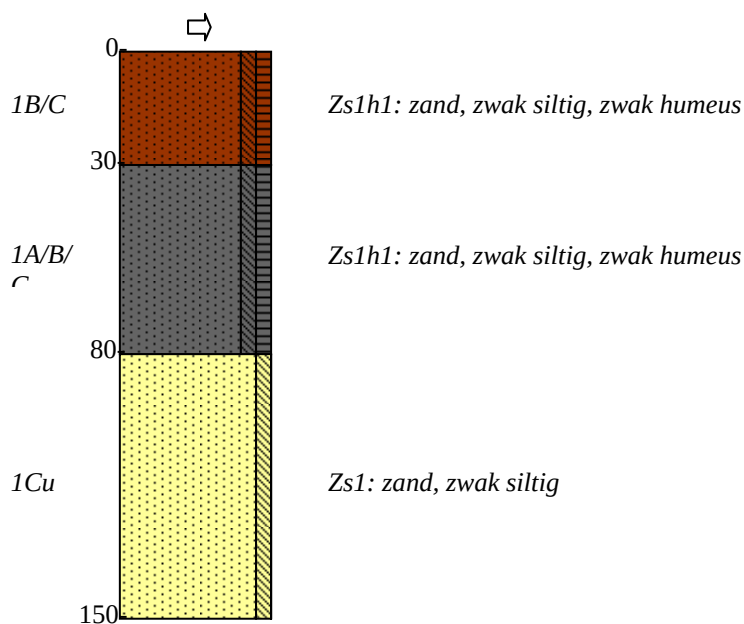
GHG: 151 cm - mv.
 GLG: 201 cm - mv.
 Beworteling: 80 cm



Boring: **144**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 39E
 X, Y: 160.785, 446.342
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BX

Code: **g/2i511/F-VIIIId**

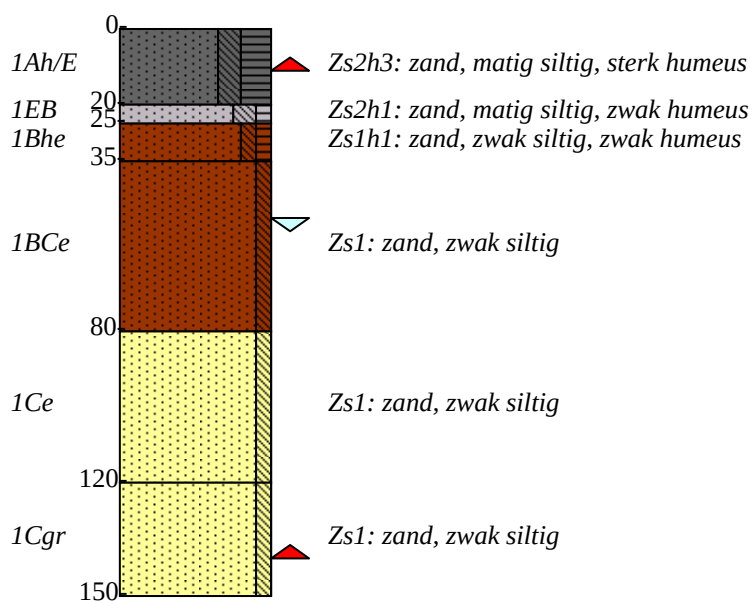
GHG: 181 cm - mv.
 GLG: 251 cm - mv.
 Beworteling: 80 cm



Boring: **145**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 32D
 X, Y: 156.652, 451.586
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BL

Code: **2r432-VIo**

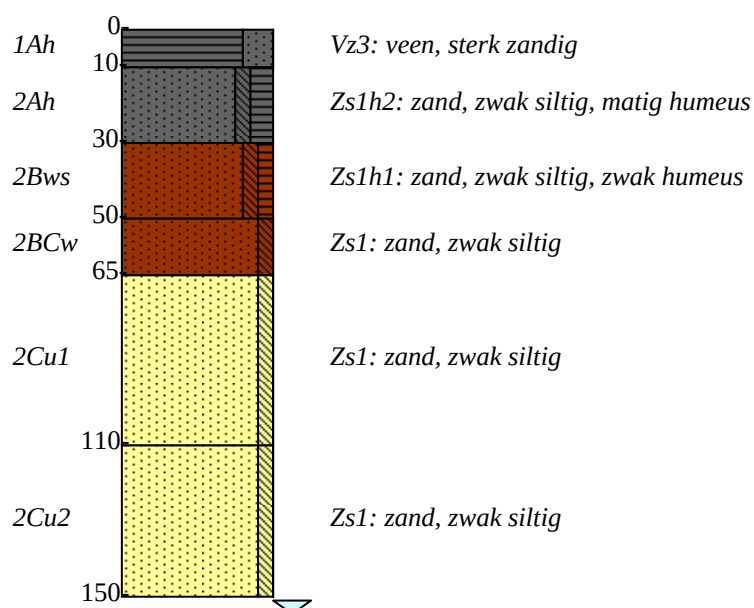
GHG: 50 cm - mv.
 GLG: 140 cm - mv.
 Beworteling: 45 cm



Boring: **146**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 32D
 X, Y: 156.290, 450.586
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BX

Code: **2i511-VIIId**

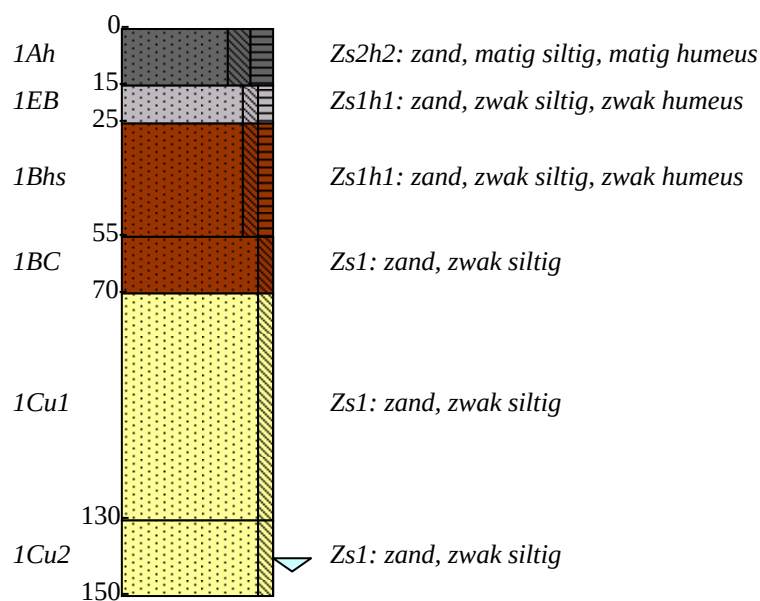
GHG: 151 cm - mv.
 GLG: 201 cm - mv.
 Beworteling: 80 cm



Boring: **147**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 32D
 X, Y: 151.478, 459.435
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BN

Code: **2z431-VIIId**

GHG: 140 cm - mv.
 GLG: 201 cm - mv.
 Beworteling: 65 cm



Boring: **148**

Datum: mrt. 204

Topkaart: 32D

X, Y: 150.725, 452.830

Karteerder: ROS

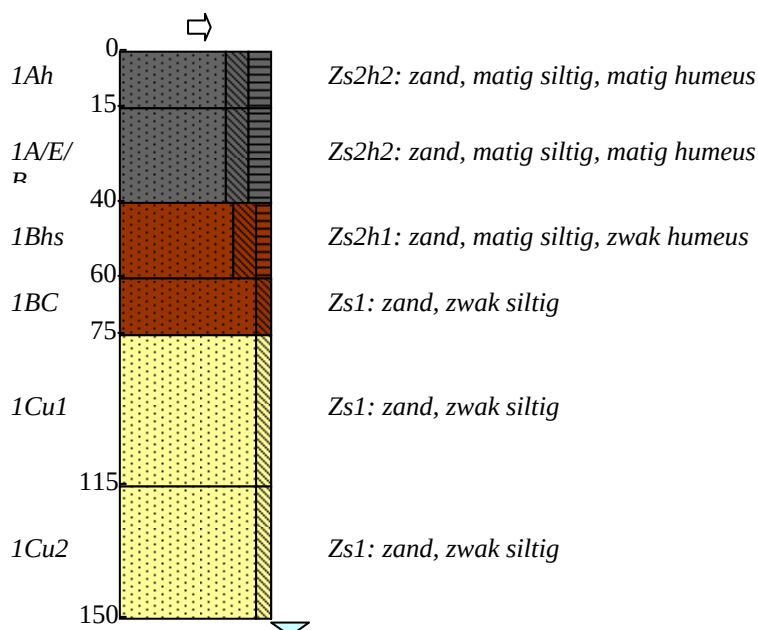
Bodemgebruik: BX

Code: **2z432/g8/F-VIIIId**

GHG: 151 cm - mv.

GLG: 201 cm - mv.

Beworteling: 70 cm



Boring: **149**

Datum: mrt. 204

Topkaart: 32D

X, Y: 150.425, 460.830

Karteerder: ROS

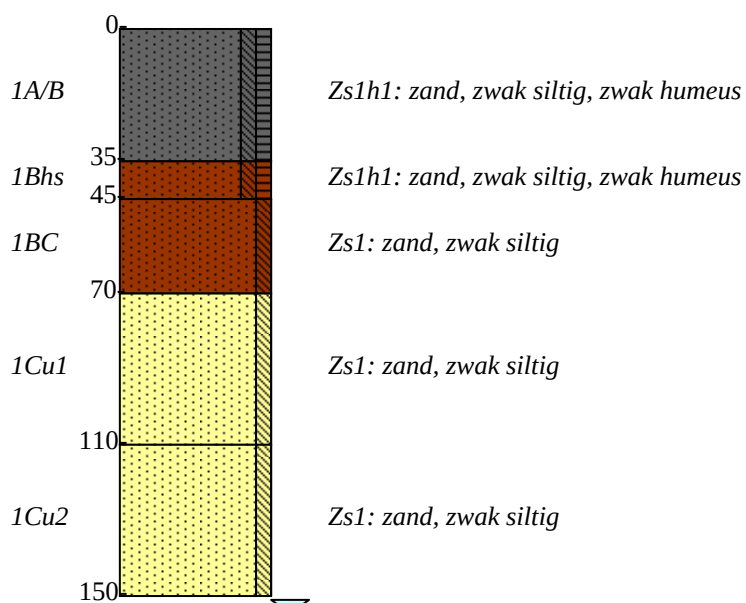
Bodemgebruik: BL

Code: **2z431/g3-VIIIId**

GHG: 151 cm - mv.

GLG: 201 cm - mv.

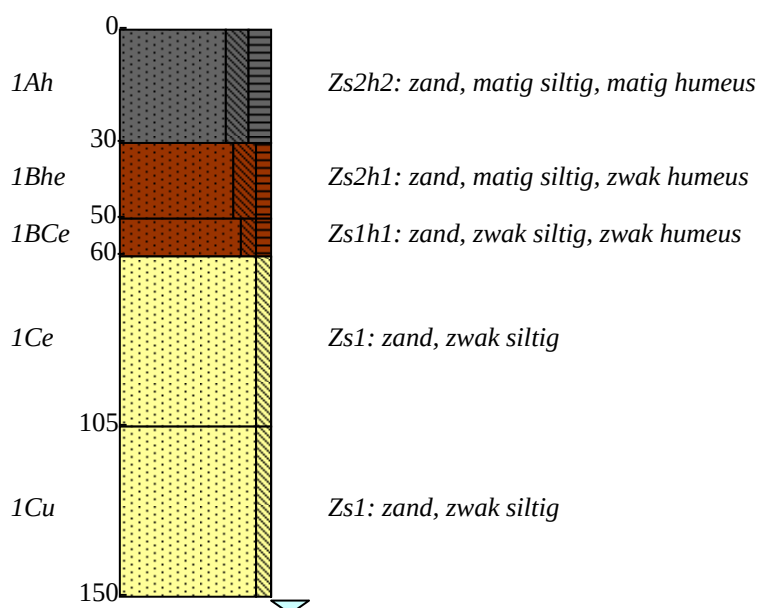
Beworteling: 50 cm



Boring: **150**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 32C
 X, Y: 149.661, 454.752
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BX

Code: **2r432/g5-VIIIId**

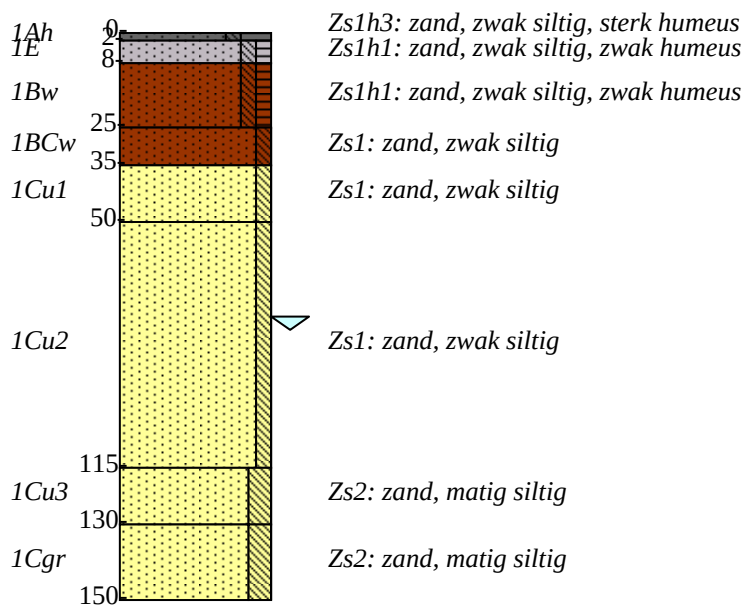
GHG: 151 cm - mv.
 GLG: 201 cm - mv.
 Beworteling: 60 cm



Boring: **151**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 32C
 X, Y: 147.725, 452.861
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BN

Code: **5v431-VIo**

GHG: 75 cm - mv.
 GLG: 165 cm - mv.
 Beworteling: 50 cm



Boring: **152**

Datum: mrt. 204

Topkaart: 32C

X, Y: 147.404, 453.861

Karteerder: ROS

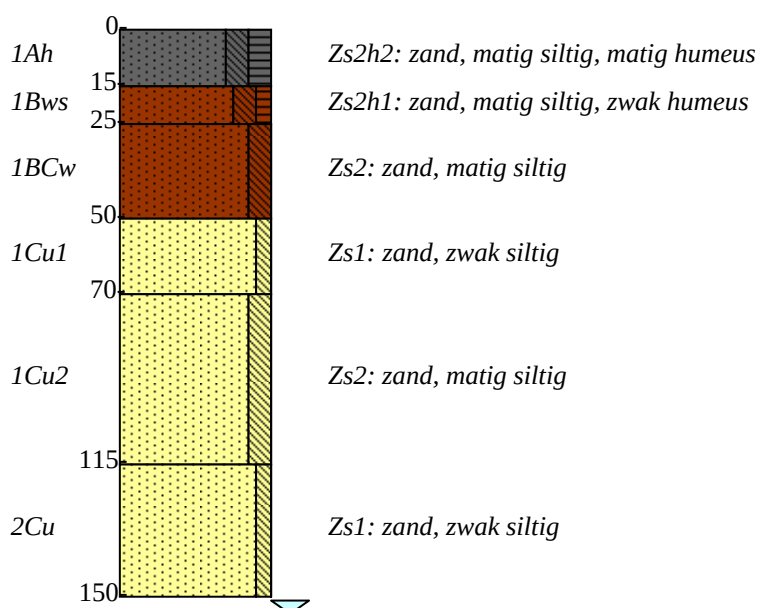
Bodemgebruik: BN

Code: **2i422/g11-VIIIId**

GHG: 151 cm - mv.

GLG: 201 cm - mv.

Beworteling: 50 cm



Boring: **153**

Datum: mrt. 204

Topkaart: 32C

X, Y: 147.284, 455.861

Karteerder: ROS

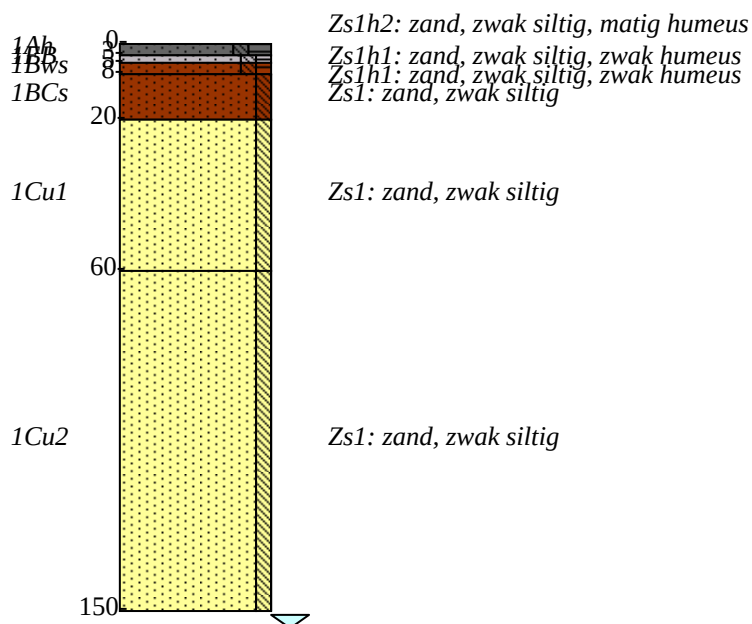
Bodemgebruik: BX

Code: **2i511-VIIIId**

GHG: 151 cm - mv.

GLG: 201 cm - mv.

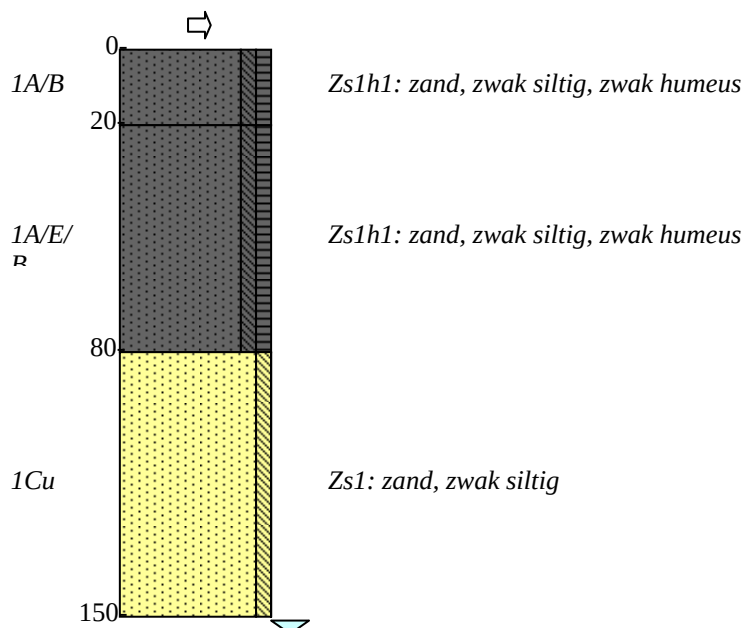
Beworteling: 50 cm



Boring: **154**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 32C
 X, Y: 147.059, 456.861
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BL

Code: **g/2z511/F-VIIIId**

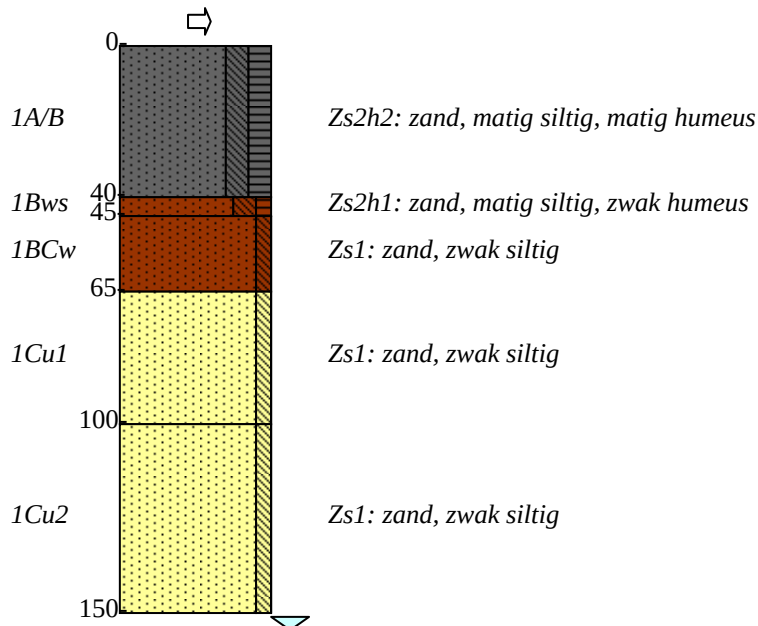
GHG: 151 cm - mv.
 GLG: 201 cm - mv.
 Beworteling: 70 cm



Boring: **155**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 32C
 X, Y: 147.644, 457.861
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BN

Code: **2i432/g10/F-VIIIId**

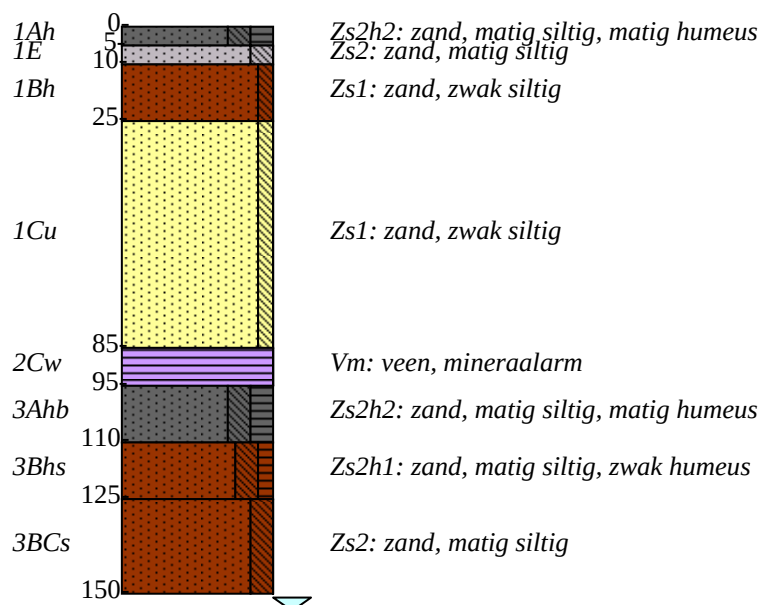
GHG: 151 cm - mv.
 GLG: 201 cm - mv.
 Beworteling: 70 cm



Boring: **156**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 32A
 X, Y: 147.623, 462.861
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BX

Code: **5t432/w9-VIIIId**

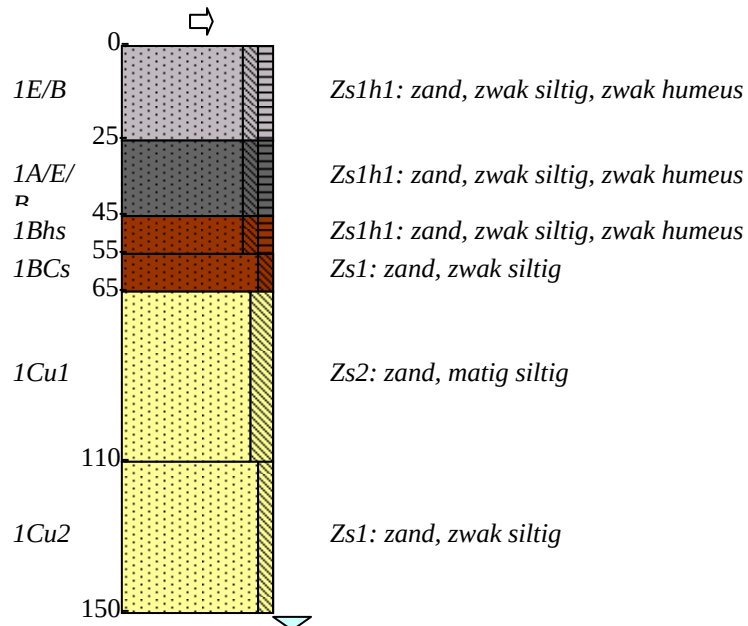
GHG: 151 cm - mv.
 GLG: 201 cm - mv.
 Beworteling: 50 cm



Boring: **157**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 32A
 X, Y: 146.224, 468.501
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BN

Code: **2z431/g4/F-VIIIId**

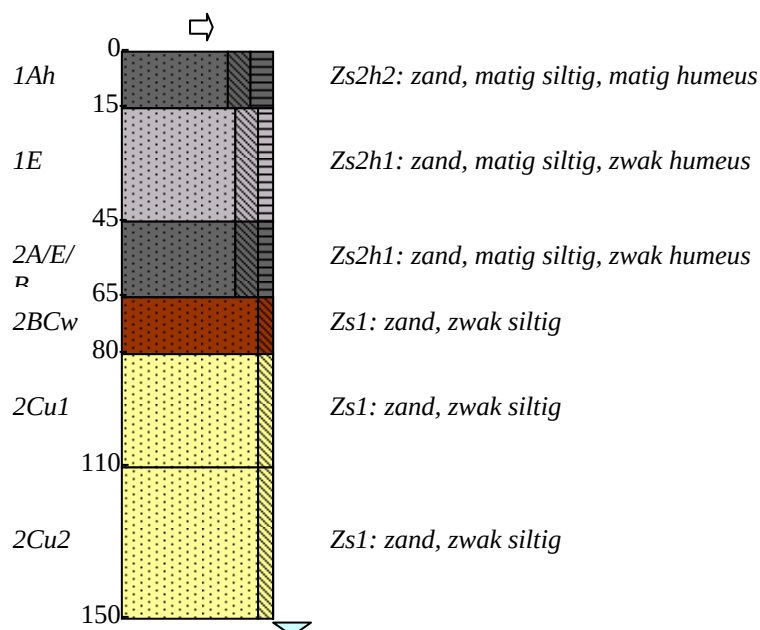
GHG: 151 cm - mv.
 GLG: 201 cm - mv.
 Beworteling: 55 cm



Boring: **159**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 32A
 X, Y: 144.224, 468.952
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BN

Code: **2i432/F-VIIIId**

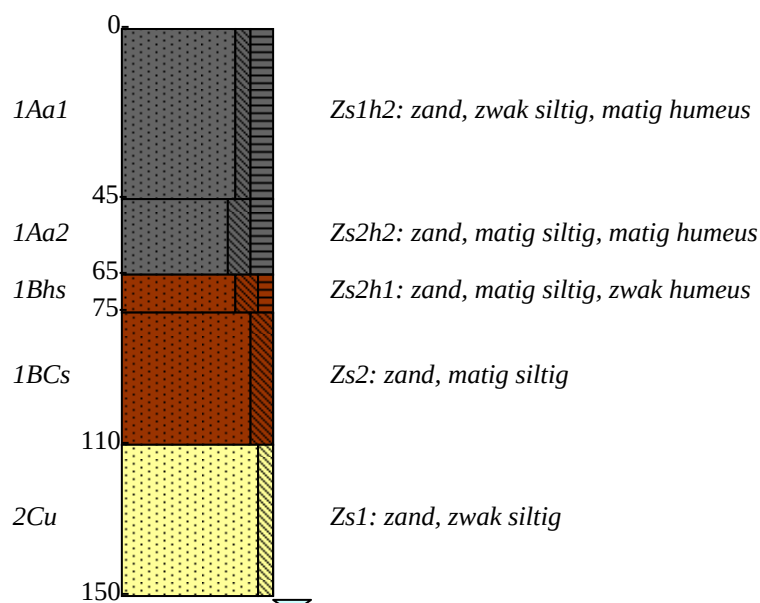
GHG: 151 cm - mv.
 GLG: 201 cm - mv.
 Beworteling: 65 cm



Boring: **160**
 Datum: mrt. 204
 Topkaart: 32C
 X, Y: 143.644, 457.733
 Karteerder: ROS
 Bodemgebruik: BX

Code: **4s431/g11-VIIIId**

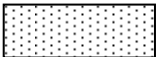
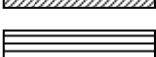
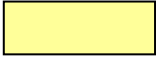
GHG: 151 cm - mv.
 GLG: 201 cm - mv.
 Beworteling: 80 cm



NEN-Boorstatenbestand:

C:\Data\NEN-boorstaten\NENboorstaten\MeetnetUtrecht\BS-PETER.HHE

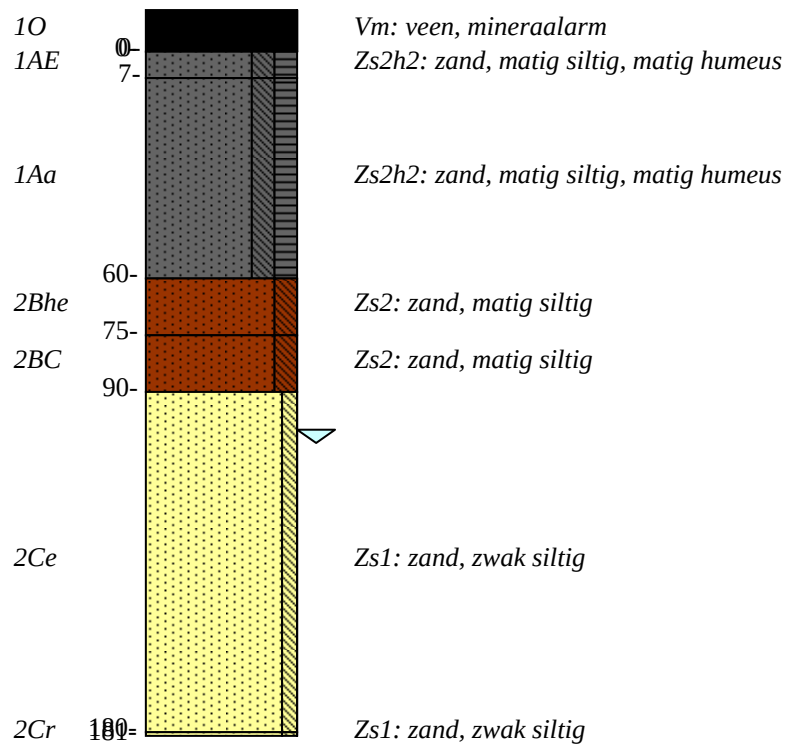
Legenda:

	grind, grindig		A-horizont
	zand, zandig		E-horizont
	leem, siltig		B-horizont
	klei, kleiig		C-horizont, grind
	veen, humeus		C-horizont, zand
	diepte GHG		C-horizont, leem
	diepte GLG		C-horizont, klei
	verwerkt		C-horizont, veen
	geëgaliseerd		
	opgehoogd		
	afgegraven		

Boring: **1161**
Datum: apr. 2005
Topkaart: 32D
X, Y: 155652, 451384
Karteerder: MEK
Bodemgebruik: BN

Code: **4s432-VIIId**

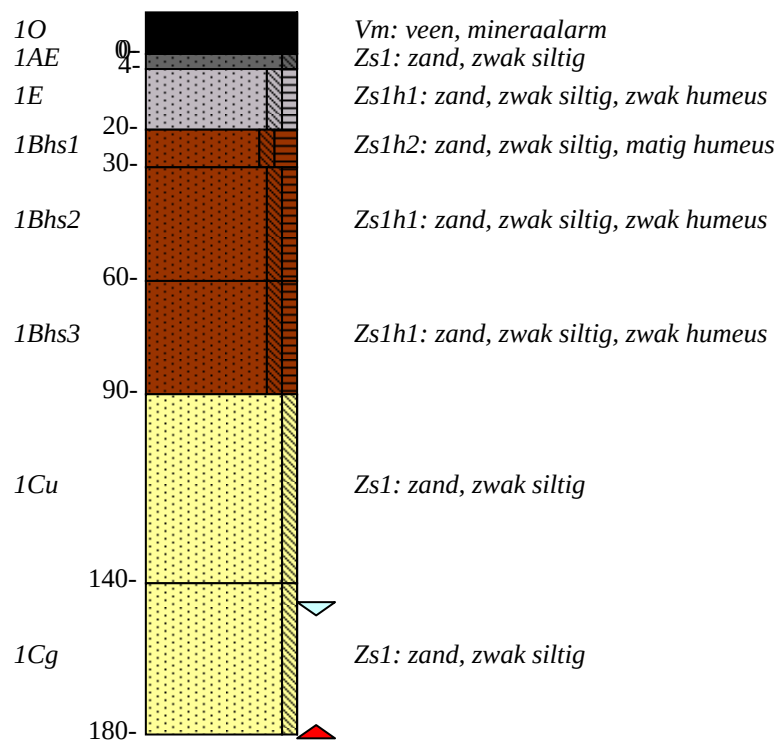
GHG: 100 cm - mv.
GLG: 201 cm - mv.
Beworteling: 60 cm



Boring: **1162**
Datum: feb. 2005
Topkaart: 32D
X, Y: 151623, 462435
Karteerder: MEK
Bodemgebruik: BN

Code: **2z431-VIIIId**

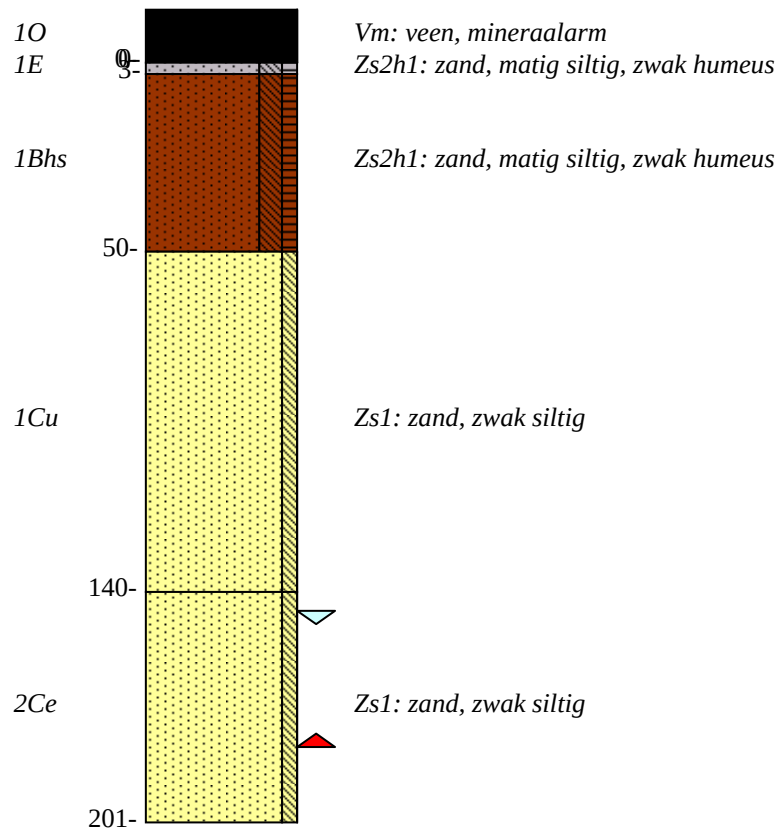
GHG: 145 cm - mv.
GLG: 181 cm - mv.
Beworteling: 60 cm



Boring: **1163**
Datum: feb. 2005
Topkaart: 32C
X, Y: 146282, 455501
Karteerder: MEK
Bodemgebruik: BL

Code: **2z432/g14-VIIIId**

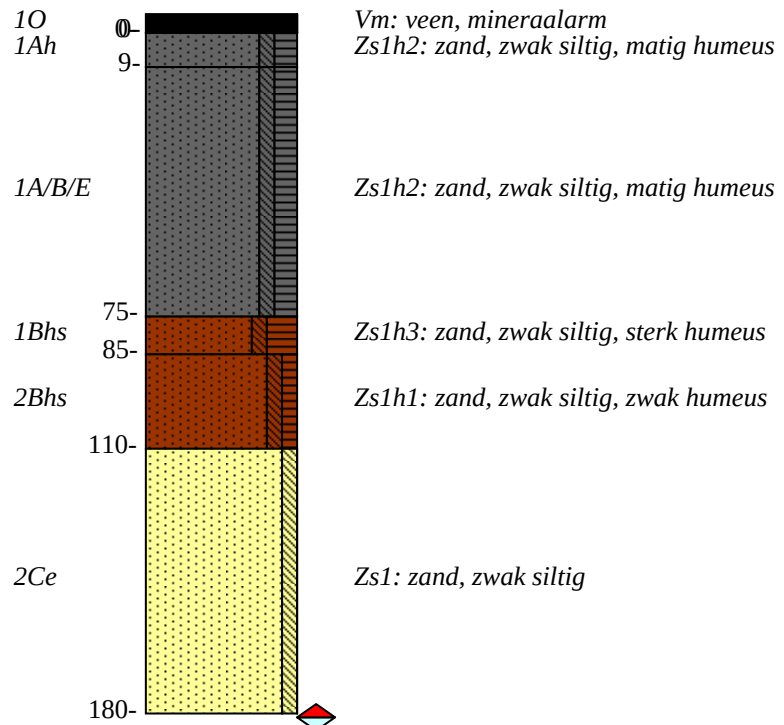
GHG: 145 cm - mv.
GLG: 181 cm - mv.
Beworteling: 80 cm



Boring: **1164**
Datum: feb. 2005
Topkaart: 32C
X, Y: 149283, 455751
Karteerder: MEK
Bodemgebruik: BL

Code: **2z511/g0-VIIIId**

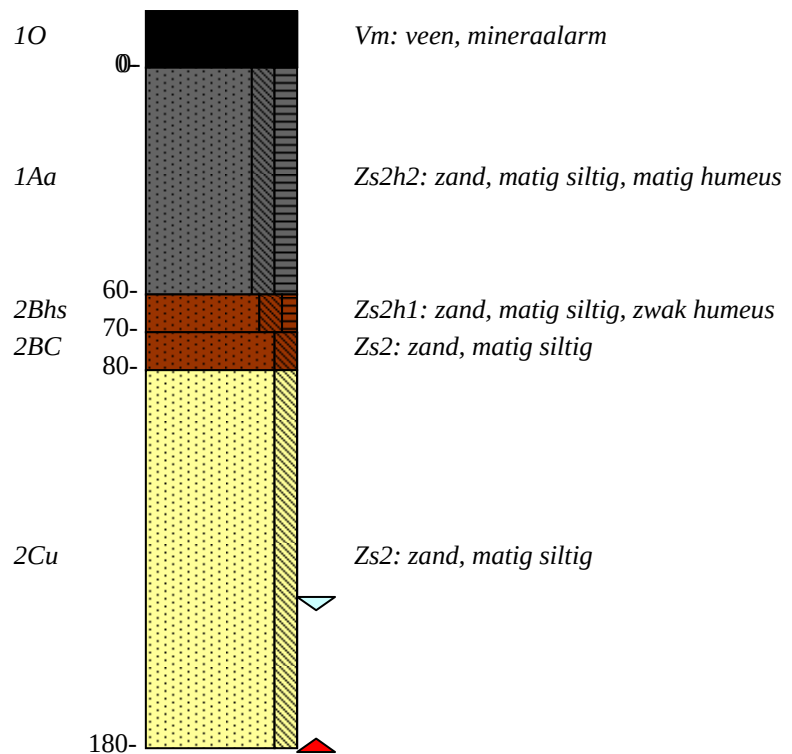
GHG: 181 cm - mv.
GLG: 181 cm - mv.
Beworteling: 70 cm



Boring: **1165**
Datum: feb. 2005
Topkaart: 32C
X, Y: 142126, 458750
Karteerder: MEK
Bodemgebruik: BL

Code: **4s432-VIIId**

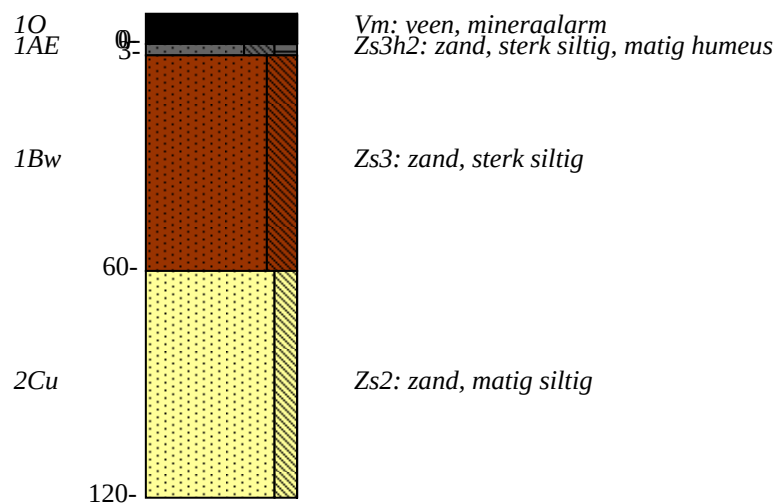
GHG: 140 cm - mv.
GLG: 181 cm - mv.
Beworteling: 65 cm



Boring: **1166**
Datum: feb. 2005
Topkaart: 39E
X, Y: 166270, 443572
Karteerder: MEK
Bodemgebruik: BL

Code: **g/2i513/g0-VIIIId**

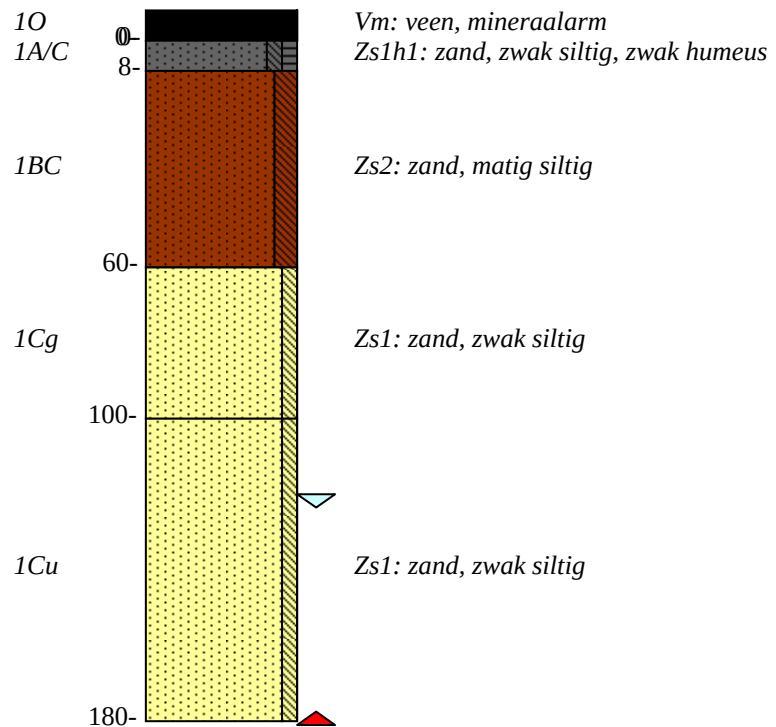
GHG: 181 cm - mv.
GLG: 181 cm - mv.
Beworteling: 70 cm



Boring: **1167**
 Datum: feb. 2005
 Topkaart: 32C
 X, Y: 149404, 453752
 Karteerder: MEK
 Bodemgebruik: BN

Code: **g/5k512/g1-VIIId**

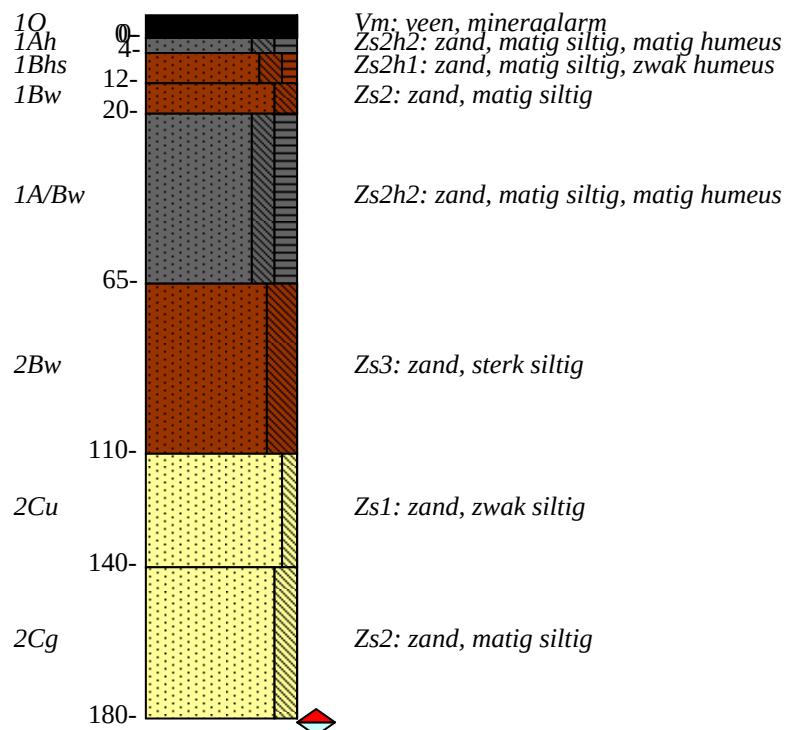
GHG: 120 cm - mv.
 GLG: 181 cm - mv.
 Beworteling: 50 cm



Boring: **1168**
 Datum: feb. 2005
 Topkaart: 32D
 X, Y: 152406, 453498
 Karteerder: MEK
 Bodemgebruik: BL

Code: **g/2i512/g0-VIIIId**

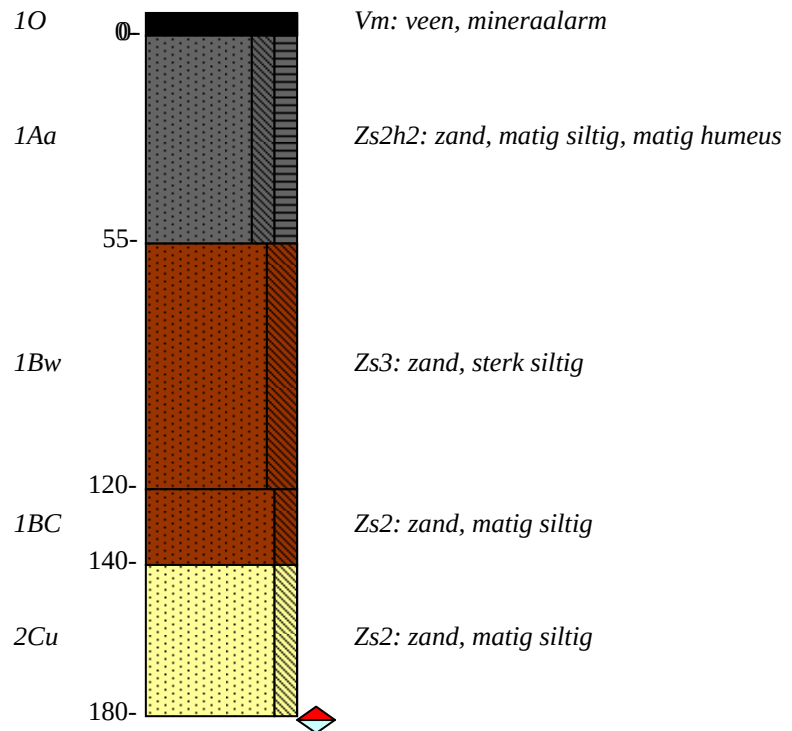
GHG: 181 cm - mv.
 GLG: 181 cm - mv.
 Beworteling: 110 cm



Boring: **1169**
Datum: feb. 2005
Topkaart: 32D
X, Y: 153480, 459916
Karteerder: MEK
Bodemgebruik: WD

Code: **4s432-VIIIId**

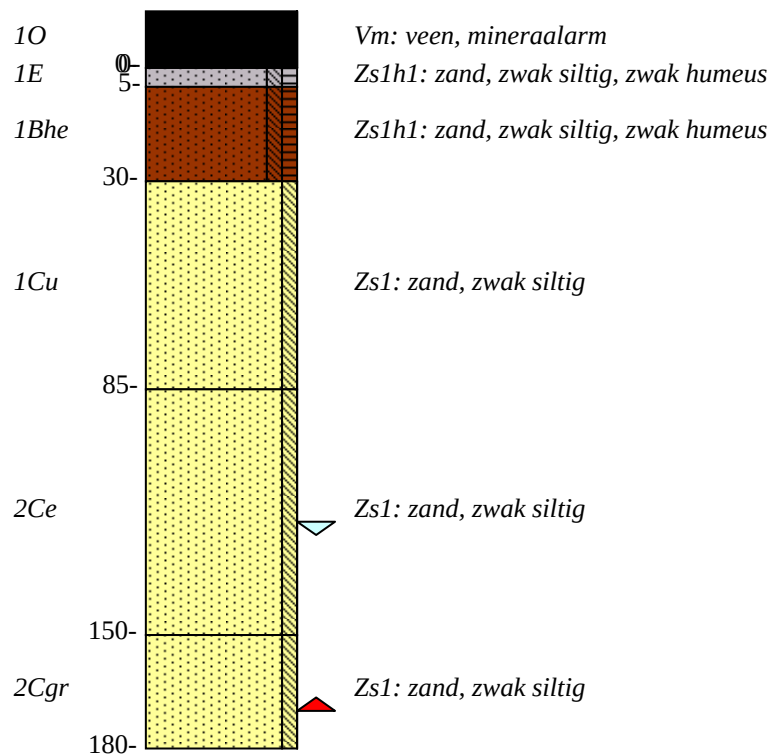
GHG: 181 cm - mv.
GLG: 181 cm - mv.
Beworteling: 120 cm



Boring: **1170**
Datum: feb. 2005
Topkaart: 32A
X, Y: 145625, 469091
Karteerder: MEK
Bodemgebruik: BL

Code: **5t431-VIIIo**

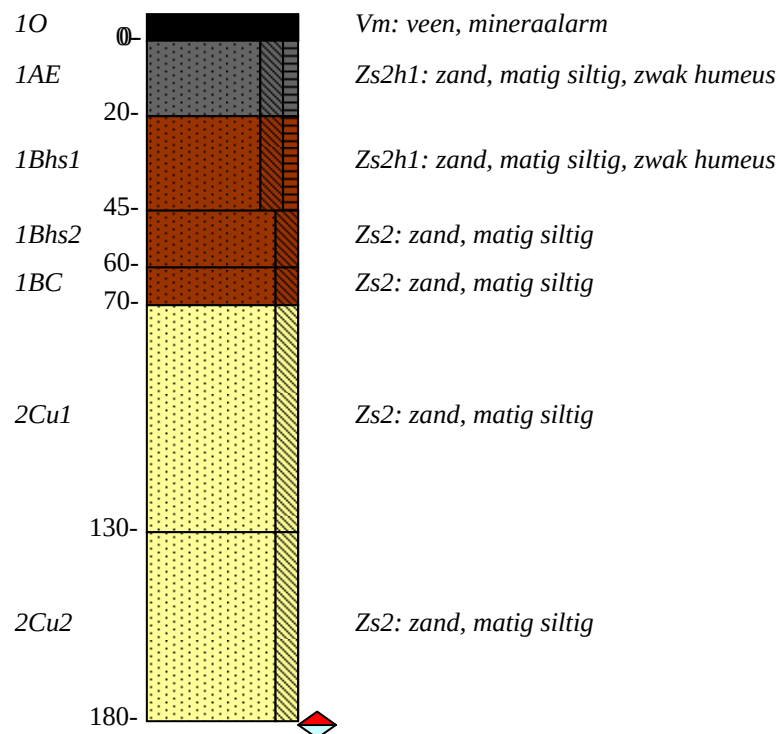
GHG: 120 cm - mv.
GLG: 170 cm - mv.
Beworteling: 80 cm



Boring: **1171**
 Datum: feb. 2005
 Topkaart: 32D
 X, Y: 152623, 462496
 Karteerder: MEK
 Bodemgebruik: BL

Code: **g/2z512/g2-VIIIId**

GHG: 181 cm - mv.
 GLG: 181 cm - mv.
 Beworteling: 80 cm

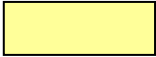


Bijlage 11 Boorschrijvingen 2006

NEN-Boorstatenbestand:

C:\Data\NEN-boorstaten\NENboorstaten\ReneRietra-Henk\BOORPUNT_9999.HHE

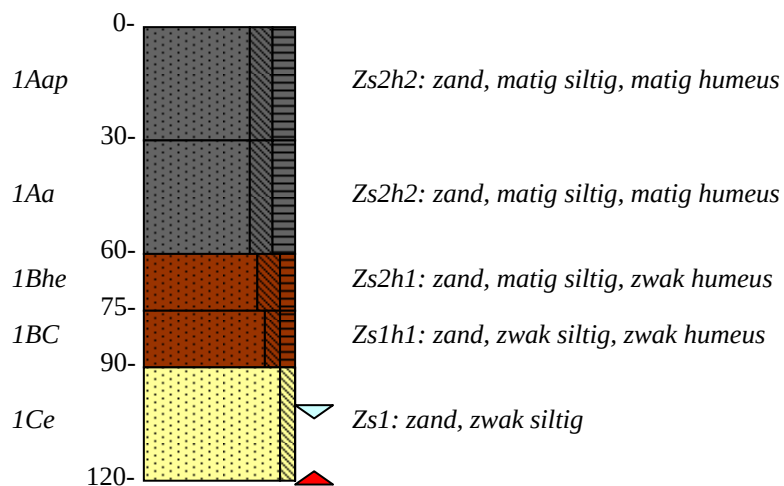
Legenda:

	grind, grindig		A-horizont
	zand, zandig		E-horizont
	leem, siltig		B-horizont
	klei, kleilig		C-horizont, grind
	veen, humeus		C-horizont, zand
	diepte GHG		C-horizont, leem
	diepte GLG		C-horizont, klei
	verwerkt		C-horizont, veen
	geëgaliseerd		
	opgehoogd		
	afgegraven		

Boring: **161161**
Datum: feb. 2006
Topkaart: 32D
X, Y: 155652, 451384
Karteerder: VRN
Bodemgebruik: BN

Code: **4s432-VIIId**

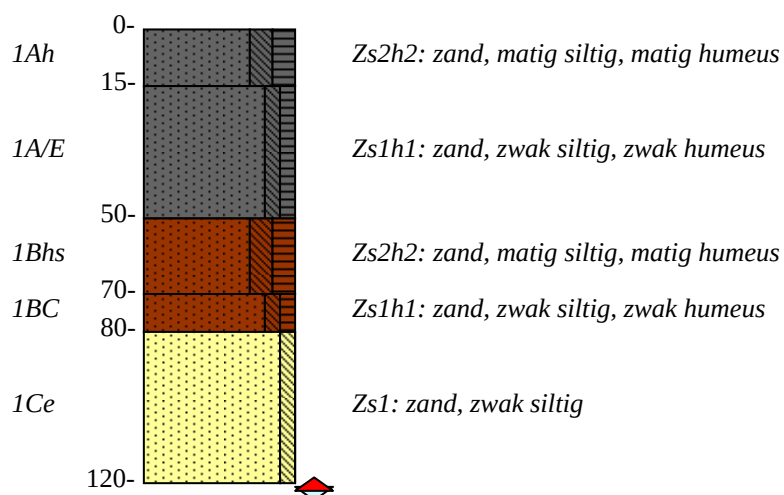
GHG: 100 cm - mv.
GLG: 121 cm - mv.
Beworteling: 90 cm



Boring: **162162**
Datum: feb. 2006
Topkaart: 32D
X, Y: 151623, 462435
Karteerder: VRN
Bodemgebruik: BN

Code: **2z431-VIII**

GHG: 121 cm - mv.
GLG: 122 cm - mv.
Beworteling: 75 cm



Boring: **163163**

Datum: feb. 2006

Topkaart: 32C

X, Y: 146282, 455501

Karteerder: VRN

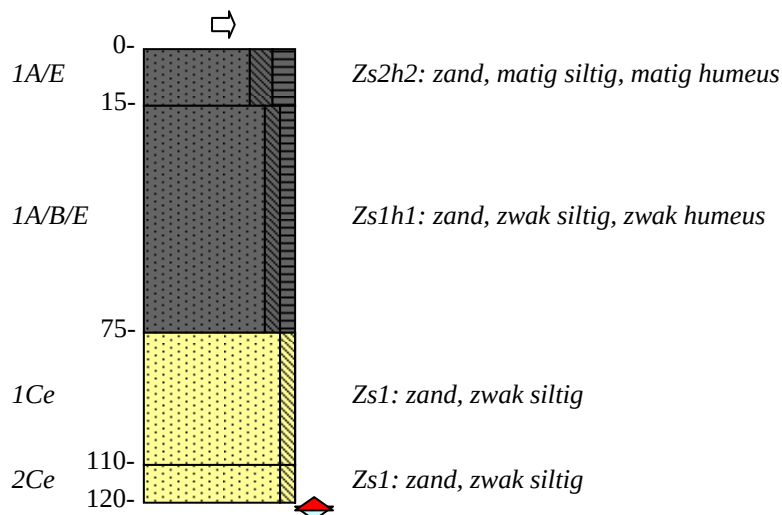
Bodemgebruik: BN

Code: **2z432/g11/F-VIII**

GHG: 121 cm - mv.

GLG: 122 cm - mv.

Beworteling: 80 cm



Boring: **164164**

Datum: feb. 2006

Topkaart: 32C

X, Y: 149283, 455751

Karteerder: VRN

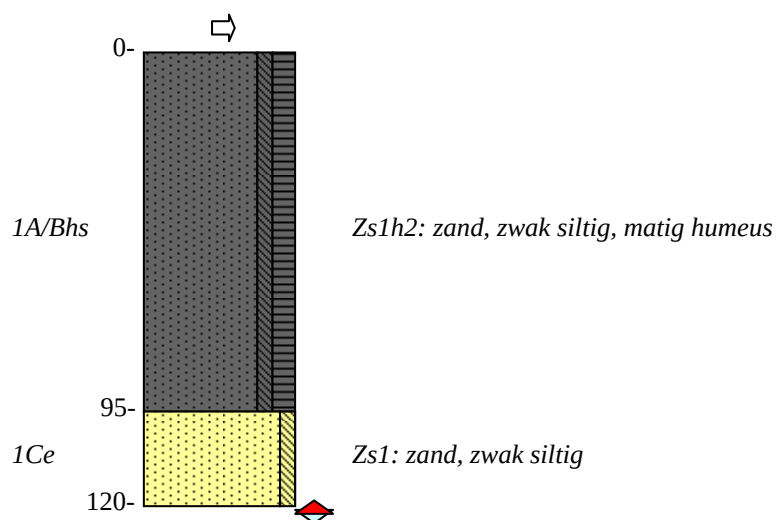
Bodemgebruik: BL

Code: **g/2z511/F-VIII**

GHG: 121 cm - mv.

GLG: 122 cm - mv.

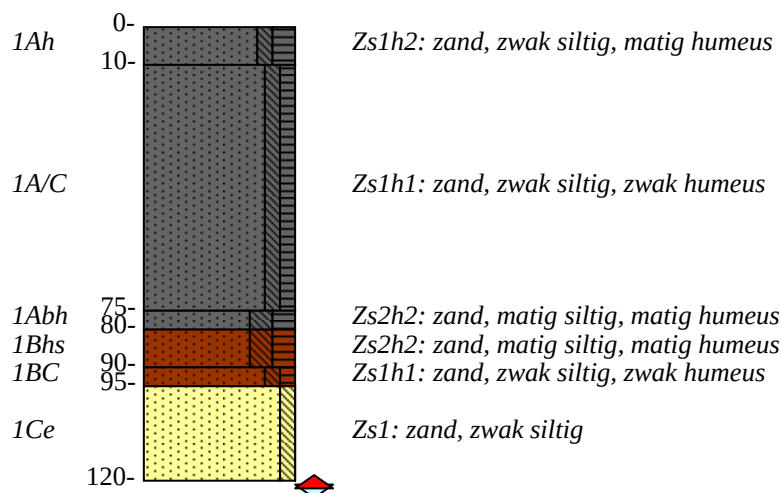
Beworteling: 100 cm



Boring: **165165**
Datum: feb. 2006
Topkaart: 32C
X, Y: 142126, 458750
Karteerder: VRN
Bodemgebruik: BN

Code: **5t431-VIII**

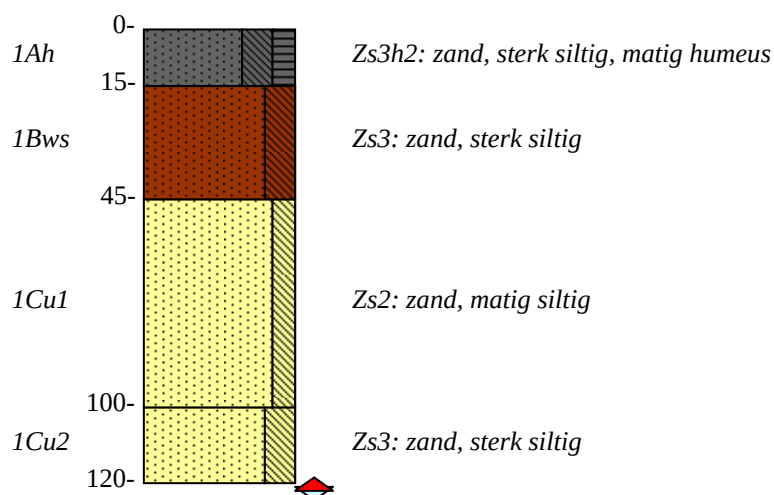
GHG: 121 cm - mv.
GLG: 122 cm - mv.
Beworteling: 90 cm



Boring: **166166**
Datum: feb. 2006
Topkaart: 39E
X, Y: 166270, 443572
Karteerder: VRN
Bodemgebruik: BN

Code: **g/2i513-VIII**

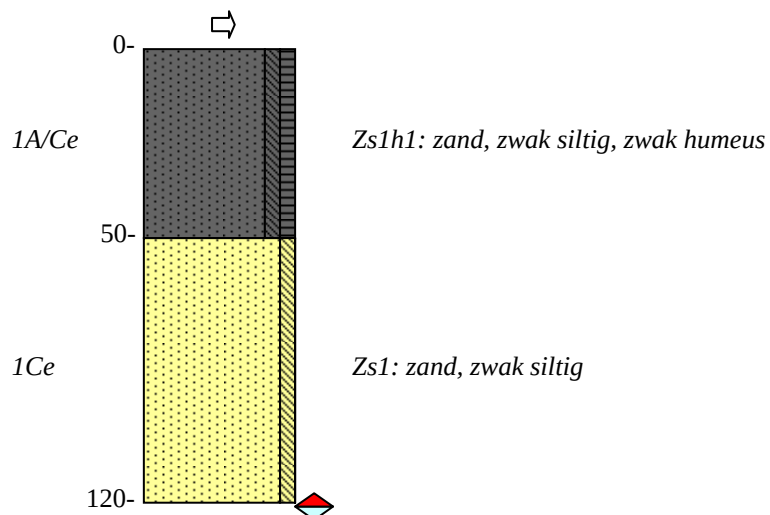
GHG: 121 cm - mv.
GLG: 122 cm - mv.
Beworteling: 80 cm



Boring: **167167**
 Datum: feb. 2006
 Topkaart: 32C
 X, Y: 149404, 453752
 Karteerder: VRN
 Bodemgebruik: BN

Code: **5k511/F-VII**

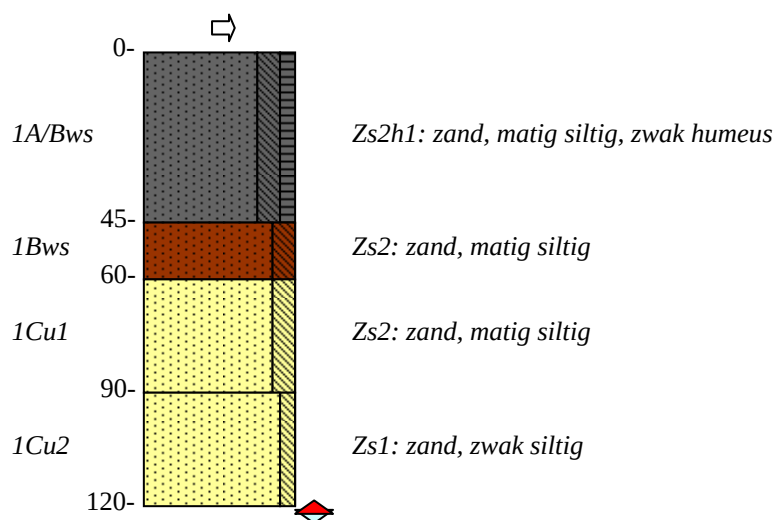
GHG: 121 cm - mv.
 GLG: 121 cm - mv.
 Beworteling: 50 cm



Boring: **168168**
 Datum: feb. 2006
 Topkaart: 32D
 X, Y: 152406, 453498
 Karteerder: VRN
 Bodemgebruik: BL

Code: **g/2i512/F-VIII**

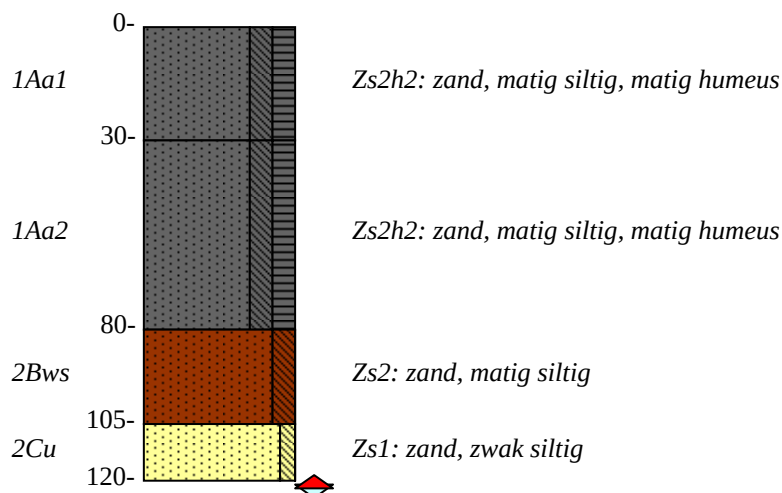
GHG: 121 cm - mv.
 GLG: 122 cm - mv.
 Beworteling: 80 cm



Boring: **169169**
 Datum: feb. 2006
 Topkaart: 32D
 X, Y: 153480, 459916
 Karteerder: VRN
 Bodemgebruik: WD

Code: **4s432/g11-VIII**

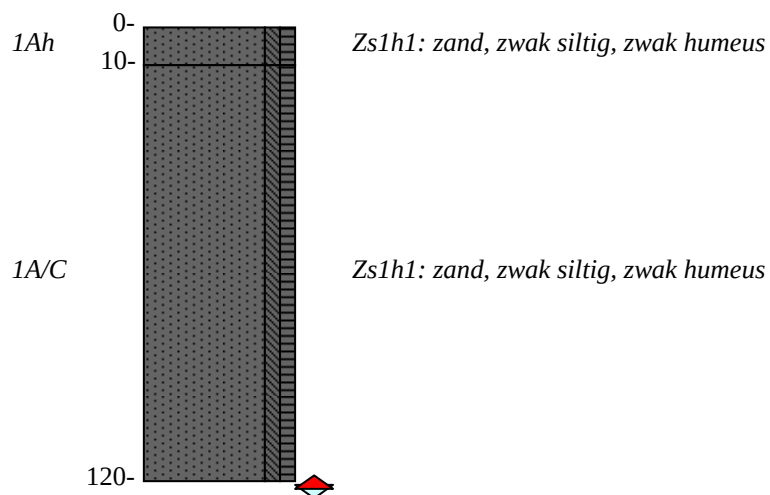
GHG: 121 cm - mv.
 GLG: 122 cm - mv.
 Beworteling: 100 cm



Boring: **170170**
 Datum: feb. 2006
 Topkaart: 32A
 X, Y: 145625, 469091
 Karteerder: VRN
 Bodemgebruik: BL

Code: **5t431-VIII**

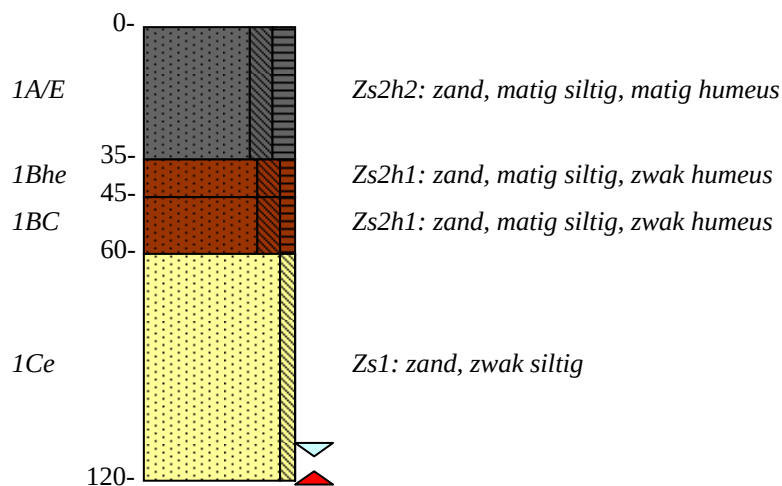
GHG: 121 cm - mv.
 GLG: 122 cm - mv.
 Beworteling: 120 cm



Boring: **172172**
Datum: feb. 2006
Topkaart: 32A
X, Y: 142690, 465753
Karteerder: VRN
Bodemgebruik: BN

Code: **2r432-VII**

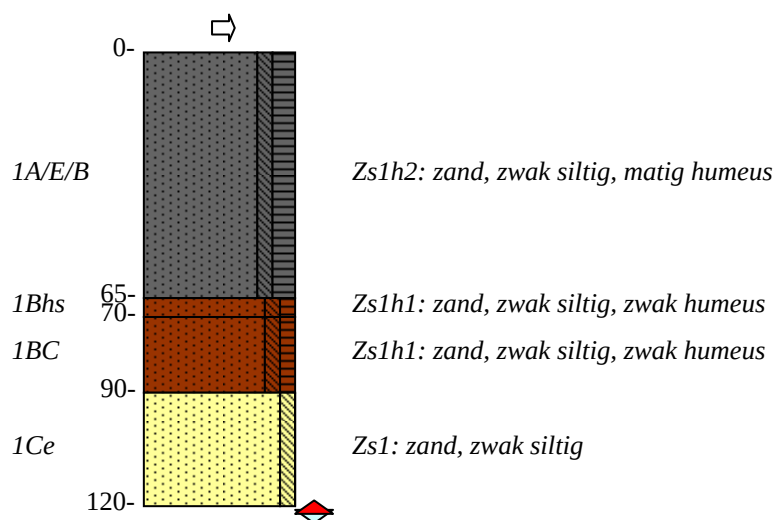
GHG: 110 cm - mv.
GLG: 121 cm - mv.
Beworteling: 60 cm



Boring: **173173**
Datum: feb. 2006
Topkaart: 32D
X, Y: 155725, 452386
Karteerder: VRN
Bodemgebruik: BN

Code: **2z431/F-VIII**

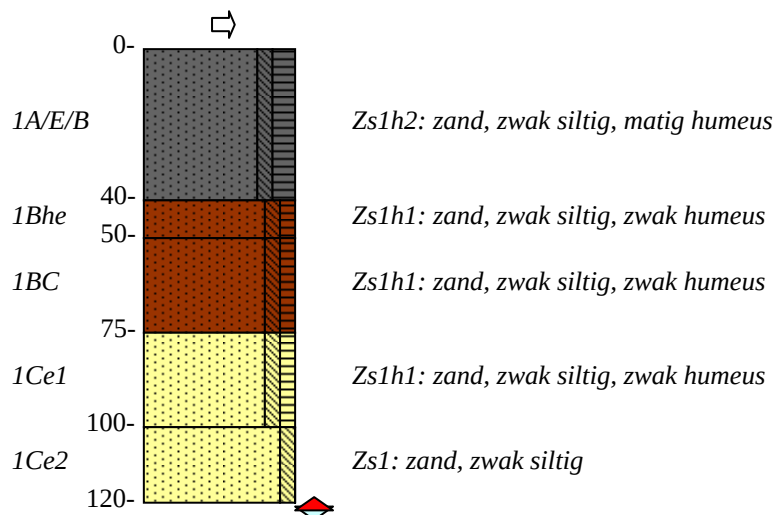
GHG: 121 cm - mv.
GLG: 122 cm - mv.
Beworteling: 80 cm



Boring: **174174**
 Datum: feb. 2006
 Topkaart: 32A
 X, Y: 145690, 465091
 Karteerder: VRN
 Bodemgebruik: BN

Code: **2r431/F-VIII**

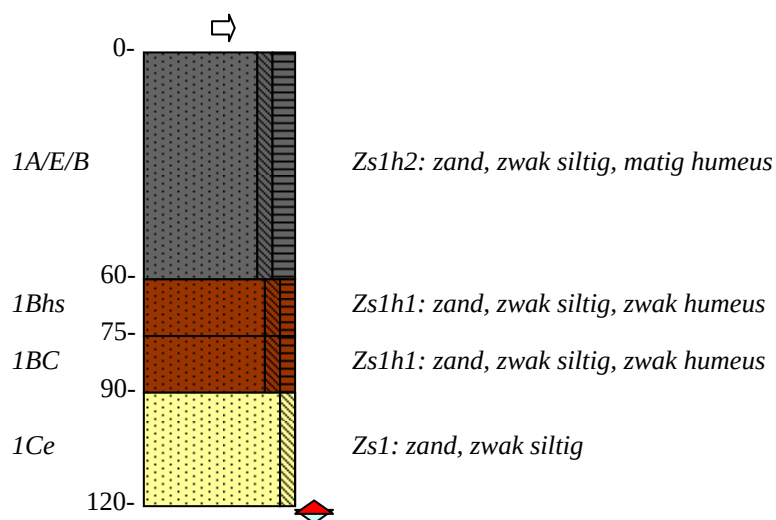
GHG: 121 cm - mv.
 GLG: 122 cm - mv.
 Beworteling: 100 cm



Boring: **175175**
 Datum: feb. 2006
 Topkaart: 32D
 X, Y: 150404, 453830
 Karteerder: VRN
 Bodemgebruik: BL

Code: **2z431/g6/F-VIII**

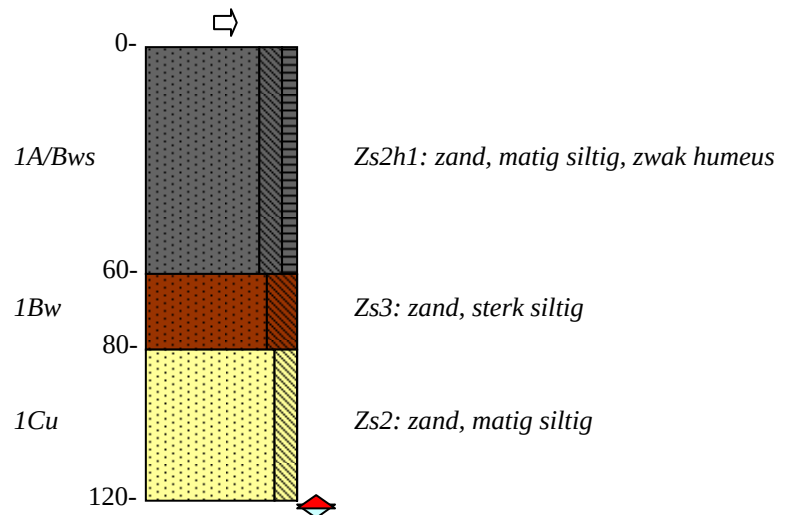
GHG: 121 cm - mv.
 GLG: 122 cm - mv.
 Beworteling: 90 cm



Boring: **176176**
 Datum: feb. 2006
 Topkaart: 32D
 X, Y: 151404, 453435
 Karteerder: VRN
 Bodemgebruik: BN

Code: **g/2i512/F-VIII**

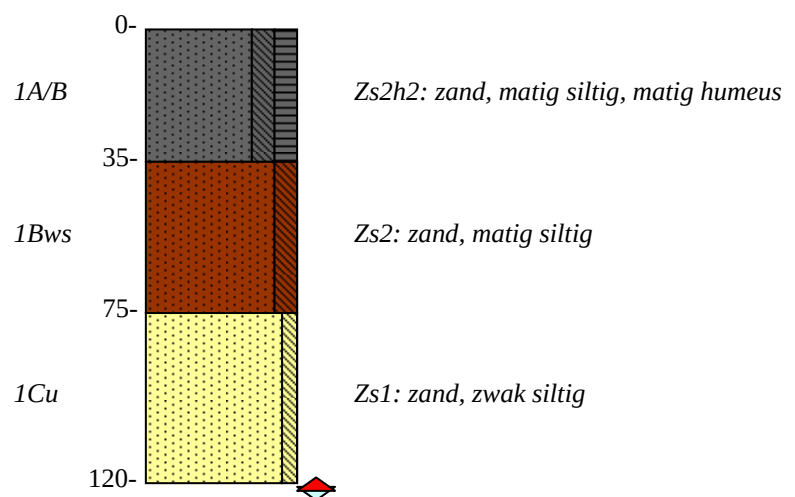
GHG: 121 cm - mv.
 GLG: 122 cm - mv.
 Beworteling: 80 cm



Boring: **177177**
 Datum: feb. 2006
 Topkaart: 32A
 X, Y: 143855, 467733
 Karteerder: VRN
 Bodemgebruik: BN

Code: **g/2i512-VIII**

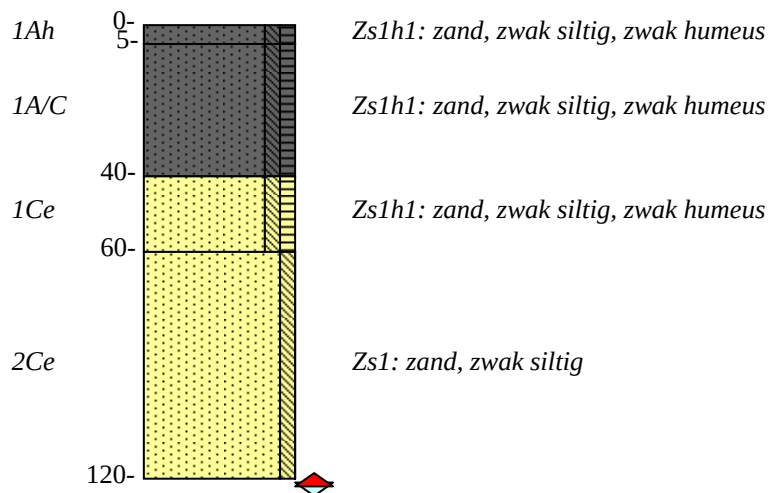
GHG: 121 cm - mv.
 GLG: 122 cm - mv.
 Beworteling: 75 cm



Boring: **178178**
 Datum: feb. 2006
 Topkaart: 32C
 X, Y: 149652, 451752
 Karteerder: VRN
 Bodemgebruik: BN

Code: **5t431/g4-VIII**

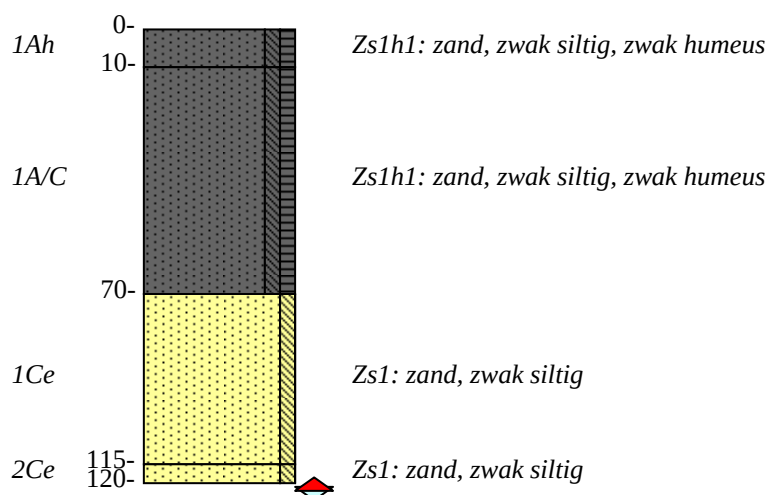
GHG: 121 cm - mv.
 GLG: 122 cm - mv.
 Beworteling: 70 cm



Boring: **179179**
 Datum: feb. 2006
 Topkaart: 32C
 X, Y: 148404, 453423
 Karteerder: VRN
 Bodemgebruik: BN

Code: **5t431/g12-VIII**

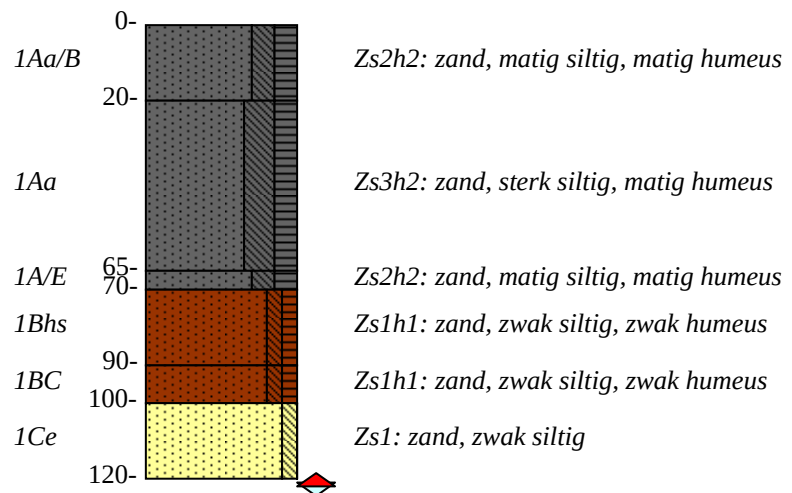
GHG: 121 cm - mv.
 GLG: 122 cm - mv.
 Beworteling: 70 cm



Boring: **181181**
Datum: feb. 2006
Topkaart: 32C
X, Y: 148298, 461423
Karteerder: VRN
Bodemgebruik: BN

Code: **g/4s512-VIII**

GHG: 121 cm - mv.
GLG: 122 cm - mv.
Beworteling: 80 cm



Boring: **182182**
Datum: feb. 2006
Topkaart: 32C
X, Y: 147661, 454861
Karteerder: VRN
Bodemgebruik: BN

Code: **5t511/g1-VIII**

GHG: 121 cm - mv.
GLG: 122 cm - mv.
Beworteling: 70 cm

