



BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK NATUURPOTENTIES VALKENHEIDE



- definitief rapport -

Opdrachtgever: Provincie Utrecht • Auteurs: Amber Visscher & Mark van Mullekom •
Projectnummer: PR-21.124 • Rapportnummer: RP-21.124.21.110 •
Datum: 16-12-2021

BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK

NATUURPOTENTIES VALKENHEIDE

Definitief rapport

*Amber Visscher
Mark van Mullekom*



Titel rapport:

Bodem- en hydrochemisch onderzoek natuurpotenties Valkenheide, definitief rapport

Auteurs:

Amber Visscher & Mark van Mullekom

Rapportnummer: RP-21.124.21.110

Opdrachtgever:

Provincie Utrecht



PROVINCIE ■■ UTRECHT

Informatie:

Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

Contactpersoon:

Mark van Mullekom
Tel: 024-2122207
m.vanmullekom@b-ware.eu
www.b-ware.eu

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Aanpak bodem- en hydrochemisch onderzoek	7
1.3 Leeswijzer	8
2. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond	11
2.1 Natuurontwikkeling: belang van fosfaat	11
2.2 Verschrappingsmaatregelen bij natuurontwikkeling	12
2.3 Aanvullende (beheer)maatregelen bij natuurontwikkeling	14
3. Materiaal en methoden	15
3.1 Veldwerkzaamheden bodemchemisch onderzoek	15
3.2 Chemische analyse	18
4. Abiotiek geplagde locatie en beoogde natuurtypen	21
4.1 Inleiding	21
4.2 Toelichting geplagde locatie Valkenheide	22
4.3 Droge heide en droog heischraalgrasland	23
4.4 Glanshaverhooiland	25
4.5 Kruiden- en faunarijk grasland	26
4.6 Landschapsakker zoals kruidenrijke akker	27
5. Resultaten bodem- en hydrochemisch onderzoek	31
5.1 Inleiding	31
5.2 Bodemtype	31
5.3 Algemene bodemchemie	32
5.4 Hydrochemie	33
5.5 Kansen voor natuurontwikkeling	36
5.6 Aanvullende en alternatieve maatregelen	43
6. Synthese, conclusies en aanbevelingen	47
6.1 Belangrijkste conclusies	47
6.2 Synthese	48
6.3 Aanbevelingen	50
7. Literatuur	53
8. Bijlagen	57

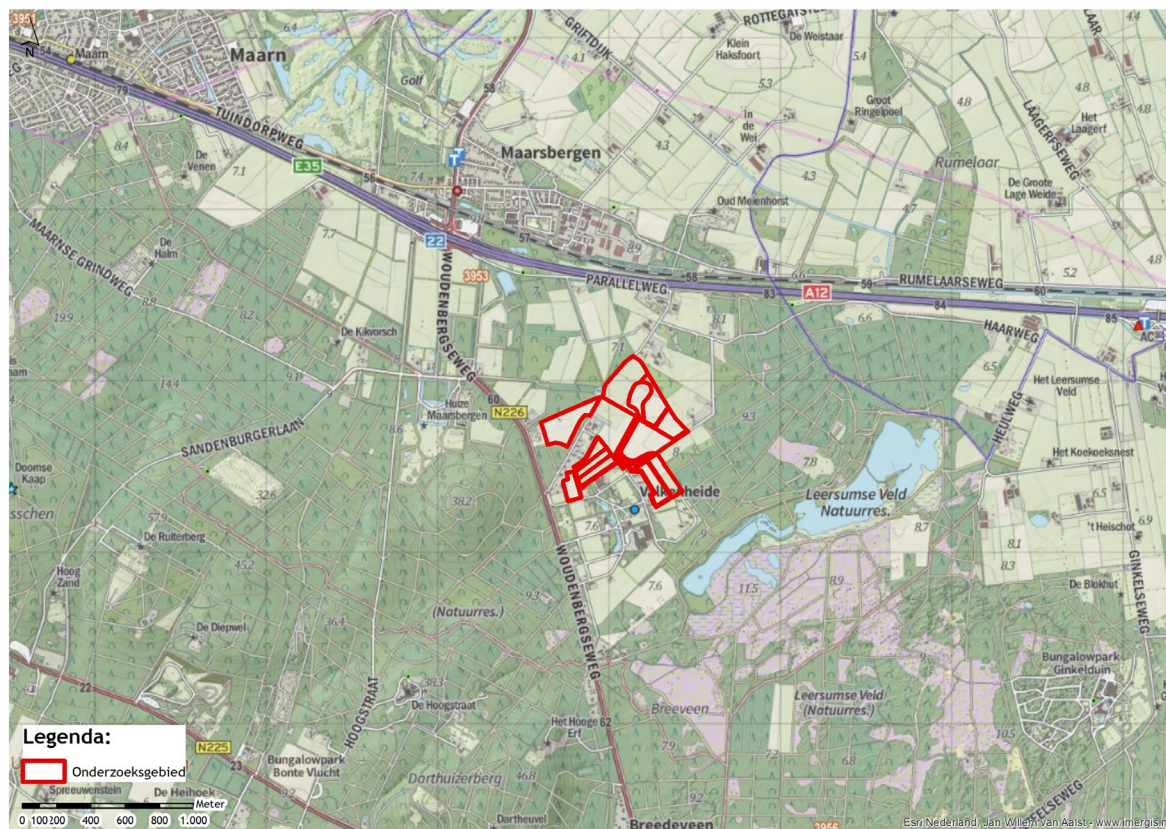
1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

In het kader van de realisatie van het ecoduct over de N226 tussen Maarsbergen en Leersum wil de provincie een verbinding maken tussen het Leersumse Veld en dit ecoduct. Op dit moment vormt dit gebied een barrière voor de doelsoorten die gebruik zouden kunnen maken van het ecoduct. Omdat er tegenstrijdige belangen zijn voor de inrichting, namelijk de das t.o.v. soorten van heide en bos, moet een inrichting gerealiseerd worden waar alle soorten profijt van hebben.

Door middel van het uitvoeren van een onderzoek naar de bodemopbouw, bodemchemie en waterkwaliteit door Onderzoekcentrum B-WARE worden de natuurontwikkelingsmogelijkheden en vereiste maatregelen inzichtelijk gemaakt waardoor de opdrachtgever in samenwerking met Bureau Natuurbalans gerichte keuzes kan maken.

Er zijn diverse percelen aanwezig met een relatief dikke bouwvoor, Natuurbalans vermoedt dat dit oude akkers zijn alhoewel ze niet op historische kaarten staan. Door middel van de boorprofielen heeft Natuurbalans diverse percelen geselecteerd, op deze percelen kan worden ingezet op de ontwikkeling van (soortenrijke) akkers, glanshaverhooiland of bos. Op de overige locaties wordt gekeken naar de kansen voor de ontwikkeling van schrale(re) natuurtypen zoals natte schraallanden, heide of bloemrijke drogere graslanden.



1.2 Aanpak bodem- en hydrochemisch onderzoek

De fosfaatrijkdom, mate van buffering en ijzerconcentraties van de bodem zijn bepaald aan de hand van een bodemchemisch onderzoek. Op 17 locaties in het onderzoeksgebied zijn daarvoor op

.....

verschillende diepten bodemonsters verzameld. De monsterlocaties zijn vastgesteld na overleg met Bureau Natuurbalans. Om een goed beeld te krijgen van de bodemopbouw in het gebied is op 26 andere locaties het boorprofiel beschreven. Er is aanvullend een mengmonster (5 sublocaties) genomen op 0-15 en 15-30 cm in een perceel waar reeds was afgegraven. Voor het hydrochemisch onderzoek zijn 3 grondwatermonsters en 1 oppervlaktewatermonster verzameld.

Op basis van de bodemchemische onderzoeksresultaten wordt aangegeven op welke locaties een geschikte uitgangssituatie voor soortenrijke natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke verschrallingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn.

Concreet worden in dit rapport de volgende onderzoeksvragen beantwoord:

1. Wat is de bodemopbouw op de 43 boorlocaties (paragraaf 5.2 en Bijlage 1)?
2. Op welke percelen kan op basis van de dikte van de bouwvoor worden ingezet op de ontwikkeling van een akker, bos of glanshaverhooiland (paragraaf 5.2)?
3. Wat zijn de bodemchemische condities op het reeds geplagde perceel (paragraaf 4.2)?
4. Wat zijn de P-concentraties in de toplaag en wat zijn de mogelijkheden voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuur (hoog ambitieniveau) of bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland, bos of akker (lager ambitieniveau) (paragraaf 5.3 en 5.5)?
5. Tot op welke diepte is de bodem verrijkt met fosfor, wat is de geadviseerde ontgrondingsdiepte voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuur (paragraaf 5.3 en 5.5)?
6. Wat zijn de risico's op P-mobilisatie (en verruiging) onder vochtige tot natte omstandigheden in het gebied (paragraaf 5.4)?
7. Biedt de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit kansen voor de beoogde natuurontwikkeling of vormt deze een knelpunt? En wat zijn de risico's (paragraaf 5.4)?
8. Welke natuurpotenties zijn er op basis van de bodemchemie, de grondwaterstanden en de grondwaterkwaliteit (paragraaf 5.5, Figuur 19 en Tabel 10)?
9. Welke aanvullende (herintroductie, bekalking etc.) of alternatieve/experimentele inrichtingsmaatregelen worden aanbevolen (paragraaf 5.6)?

Dit onderzoek is gericht op het in kaart brengen van de verschrallingsmogelijkheden en natuurpotenties op basis van de bodemchemische omstandigheden en het bodemtype. Daarnaast zijn ook de grondwaterkwaliteit en (variatie in) grondwaterstanden van invloed op de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. Deze (geo)hydrologische aspecten maken echter geen (of in onvoldoende mate) onderdeel uit van dit onderzoek. De resultaten uit dit onderzoek kunnen sterk bepalend zijn voor de keuzes die bij de gebiedsinrichting gemaakt worden. De keuze van de uiteindelijke inrichtingsmaatregelen is echter niet alleen afhankelijk van de kansrijkdom qua bodemchemie. Ook andere factoren zoals het beschikbare budget, het ambitieniveau en de ruimtelijke/landschappelijke waarden spelen een belangrijke rol. Een ontgroning kan bijvoorbeeld een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. Wel vormen de resultaten van dit project een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de problemen bij en kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden en in hoofdstuk 3 worden de toegepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 4 worden de abiotische randvoorwaarden van de beoogde natuurtypen en de onderzochte referentielocatie besproken. De resultaten van het bodem- en hydrochemisch

.....

onderzoek worden in hoofdstuk 5 beschreven inclusief de kansen voor de natuurontwikkeling plus de mogelijke (inrichtings)maatregelen die daarvoor nodig zijn. In hoofdstuk 6 worden de synthese, belangrijkste conclusies en aanbevelingen beschreven. Hoofdstuk 7 bevat een overzicht van de gebruikte literatuur en hoofdstuk 8 de bijlagen (profielbeschrijvingen, foto's zijn separaat verstuurd).

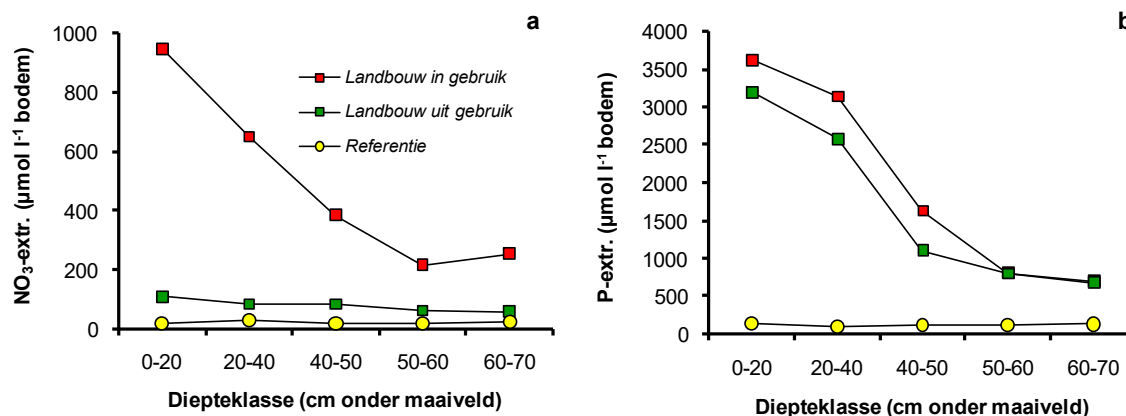
.....

2. NATUURONTWIKKELING OP VOORMALIGE LANDBOUWGROND

2.1 Natuurontwikkeling: belang van fosfaat

De kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de beschikbaarheid van nutriënten als fosfor (P) en stikstof (N). Stikstoflimitatie is moeilijk te bereiken vanwege de hoge stikstofdepositie in Nederland en ook omdat onder relatief stikstofarme omstandigheden stikstofbindende soorten zich sterk uitbreiden. Het is daarom van belang om te sturen op fosforlimitatie.

Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (Figuur 2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006). Fosfor daarentegen wordt sterk in de bodem gebonden en de fosforbeschikbaarheid neemt na beëindiging van het agrarische gebruik niet sterk af (Figuur 2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Het is daarom van belang om met maatregelen de beschikbaarheid van fosfor in de bodem te reduceren (zie paragraaf 2.2).



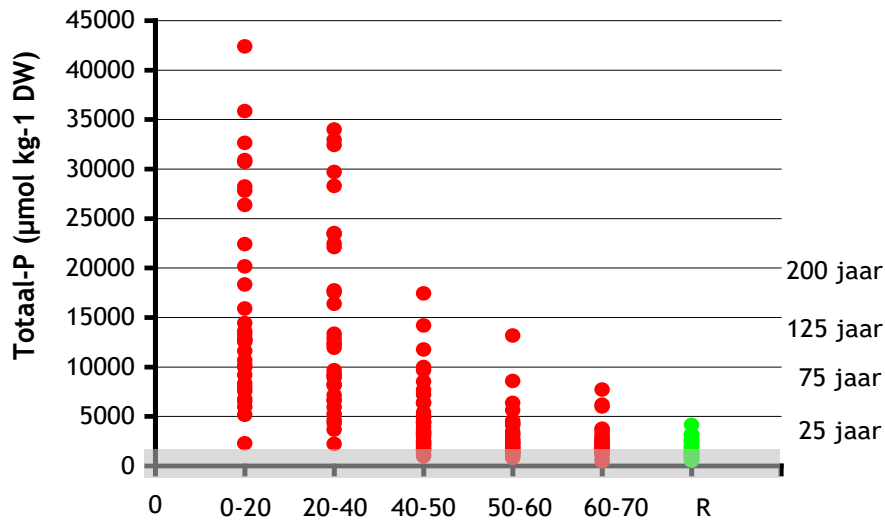
Figuur 2. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld) in de bodem van percelen in landbouwkundig gebruik, van percelen die sinds 5-10 jaar niet meer in landbouwkundig gebruik zijn en van natuurgebieden (referentie). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de bodem niet meer in landbouwkundig gebruik is doordat het uitspoelt naar het grondwater of wordt gedenitrificeerd. Het sterk in de bodem gebonden (immobiele) fosfaat verdwijnt echter niet op een natuurlijke wijze uit de bodem. Bron: Lamers e.a. (2009).

In tegenstelling tot stikstof neemt de fosforbeschikbaarheid niet door uitspoeling sterk af. Door middel van maaien en afvoeren kan de P-beschikbaarheid op voormalige landbouwgronden onvoldoende worden teruggebracht om binnen een termijn van enkele tientallen jaren een P-gelimiteerde uitgangssituatie te krijgen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd) (Figuur 2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Om de ontwikkeling van waardevolle vegetaties mogelijk te maken is het verwijderen van de P-rijke toplaag meestal onontkoombaar. Hierbij is het belangrijk om vast te stellen tot hoe diep ontgrond moet worden om een voldoende P-arme uitgangssituatie te creëren. Dit kan door op verschillende diepten de P-beschikbaarheid te meten (Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; van Mullekom e.a., 2013).

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om rekening te houden met veranderende redoxcondities (Smolders e.a., 2006). In de bodem zorgen geoxideerde ijzerverbindingen (ijzer(hydr)oxiden; roest) in belangrijke mate voor de vastlegging

.....

van fosfaat. Onder natte condities kan er geen zuurstof meer in de bodem doordringen waardoor geoxideerde ijzerverbindingen worden gereduceerd. Hierdoor neemt het fosfaatbindende vermogen van de bodem sterk af en kan fosfaat uit de bodem vrijkomen.



Figuur 3. Totaal-P concentraties in verschillende voormalige landbouwgronden (rood) en referentiegebieden (R, groen). Op de X-as wordt de diepte in cm weergegeven waarop de monsters zijn genomen. Het grijze gebied geeft de streefwaarde van 2500 µmol totaal-P per kilogram droge bodem. Rechts wordt het aantal jaren gegeven dat nodig is om de totaal-P waarden te laten dalen tot deze referentiewaarde door middel van maaien en afvoeren, aannemende dat er 10 kg P per hectare per jaar kan worden afgevoerd. Bron: Smolders e.a. (2006).

2.2 Verschralingsmaatregelen bij natuurontwikkeling

Verschraling (limitatie van voedingsstoffen) op voormalige landbouwgronden kan op verschillende manieren bereikt worden. De verschillende gangbare methoden worden in de volgende alinea's beknopt toegelicht en kunnen met elkaar gecombineerd worden:

Extensieve begrazing

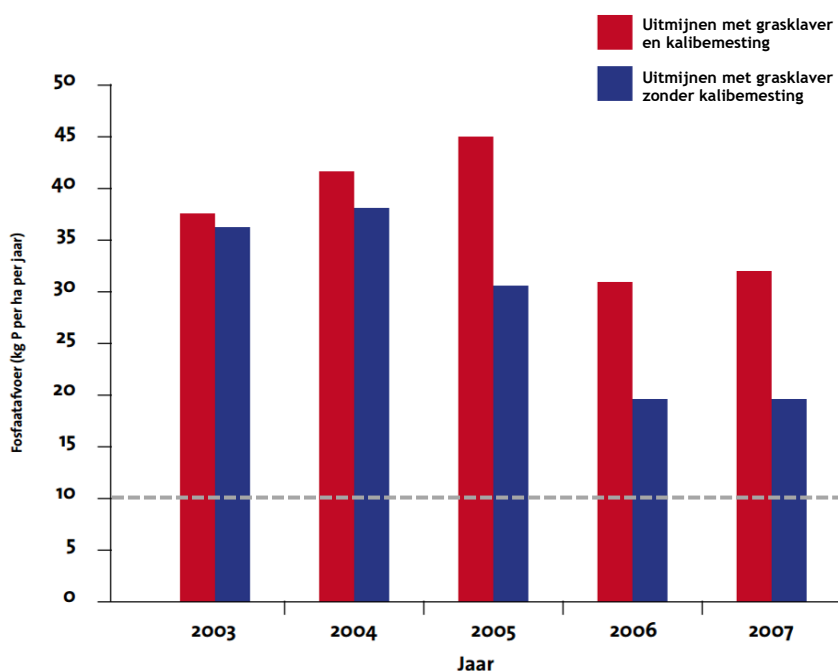
Bij extensieve begrazing worden nutriënten opgenomen door grazers. Via mest en urine komen ze dan elders weer vrij. Probleem hiervan is echter dat dit vooral leidt tot herverdeling van nutriënten binnen het gebied en veel minder tot de afvoer van nutriënten. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*Juncus effusus*), niet of weinig gegeten, waardoor de dominantie van deze soort alleen maar toeneemt (Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009).

Intensief beheer met maaien en afvoeren

Intensief beheer in de vorm van maaien en afvoeren levert in veel gevallen voldoende resultaat op om de bestaande (gewenste) vegetaties in stand te houden. Nutriënten in het bovengrondse organisch materiaal worden afgevoerd, waardoor ze uit het systeem worden onttrokken (Smolders e.a., 2006). Echter, bij landbouwgronden, die intensief zijn bemest, is deze vorm van beheer niet afdoende om de hoeveelheid fosfaat in de bodem snel te verlagen. Het kan vele jaren duren, bij sterk bemeste percelen vaak tot 200 jaar, voordat zoveel nutriënten zijn verwijderd dat er sprake is van een voedselarme bodem (Figuur 3, Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2005).

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte verschralling door middel van een gewas waarvan de productie op peil wordt gehouden door middel van aanvullende bemesting opdat de afvoer van het doelnutriënt (fosfor) maximaal is. Door middel van het zaaien van grasklaver in combinatie met kalibemesting en een maaibeheer kan fosfaat versneld (40 kg P/ha/jaar: 4x sneller als met maaien en afvoeren) aan de bodem worden onttrokken (Timmermans & van Eekeren, 2012). Klaver houdt met haar stikstofbinding de productie gaande en kalibemesting wordt gebruikt om klaver optimaal te laten groeien. Ook met deze beheersmaatregel duurt het op voormalige landbouwgronden vaak tientallen jaren voordat het gewenste verschrallingsniveau is bereikt (van Mullekom e.a., 2013). Het uitmijnen kan versneld worden door het verwijderen van de extreem voedselrijke toplaag.



Figuur 4. Fosfaatafvoer (in kg fosfor per ha per jaar) door uitmijnen met grasklaver (klaver voor het vastleggen van stikstof) en kalibemesting en met grasklaver zonder kalibemesting (start eind 2002). De fosfaatafvoer werd bereikt door het maken van vier tot vijf maaisneden per jaar. Na enkele jaren daalt de afvoer van fosfaat in het deel zonder aanvullende kalibemesting. Stikstof- en kalibronnen zijn nodig voor een hoge fosfaatafvoer. Op de lange termijn is de gemiddelde afvoer bij uitmijnen ongeveer 40 kg fosfor per ha per jaar. Dit komt overeen met circa 90 kg fosforpentoxide (P_2O_5) per ha per jaar. Met jaarlijks eenmalig maaien en afvoeren kan een fosfaatafvoer van ca. 10 kg P per ha per jaar worden bereikt (grijze stippellijn). Bron: Timmermans & van Eekeren (2012; 2016).

Ontgronden

Bij ontgronden (toplaagverwijdering/maaiveldverlaging) worden enkele decimeters van de toplaag verwijderd (Smolders e.a., 2009). Voordat de toplaag afgegraven wordt, moet de diepte van het fosfaatfront bepaald worden. Dit komt namelijk niet altijd overeen met de dikte van de bouwvoor (Smolders e.a., 2009). Fosfaat kan door uitspoeling namelijk dieper in de bodem terecht komen. Door middel van ontgroning kan een snelle verschralling plaatsvinden. Daarbij wordt ook meteen de afstand tot het grondwater verlaagd, wat positieve effecten kan opleveren (van Mullekom e.a., 2007; 2013). Potentiële nadelen van ontgronden zijn een aantasting van de geomorfologie van het gebied en dat de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te hoog kunnen worden. Andere nadelen van ontgronden die vaak genoemd worden zijn het verlies van bodemleven en de nog

aanwezige zaadbank. In de toplaag van de bodem van intensief bemeste landbouwgronden is het bodemleven echter sterk verstoord (zie o.a. Tsiafouli e.a., 2015; Bobbink e.a., 2016) en is geen vitale zaadbank van de oorspronkelijke vegetatie meer aanwezig (zie paragraaf 2.3), zodat deze verliezen over het algemeen beperkt zijn. Bij onvolledige ontgroning van de fosfaatrijke toplaag (zeker in combinatie met vernatting) kan alsnog verrijking met nutriënten plaatsvinden.

2.3 Aanvullende (beheer)maatregelen bij natuurontwikkeling

Na het verwijderen van de P-verrijkte toplaag is het vaak nodig om nog een aantal jaren aanvullend verschrallingbeheer te plegen door middel van maaien en afvoeren. Begrazen houdt het terrein wel open maar leidt nauwelijks of niet tot een verdere verschralling van het terrein. Nadat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd is er vaak nog geen sprake van de gewenste vegetatieontwikkeling. Vooral de zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank meestal weinig meer over. Door de hoge nitraatconcentraties in deze bodems zijn de meeste zaden reeds gekiemd omdat nitraat werkt als kiemhormoon. De nog resterende zaadbank wordt vaak gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, zoals Pitrus. Het uitzaaien van diasporen (zaden, sporen, stekken) via maaisel of plagsel van een geschikte referentievegetatie zal de ontwikkeling van de gewenste vegetatie sterk bevorderen (van Mullekom e.a., 2009; 2013). Wanneer plagsel wordt gebruikt voor herintroductie worden tevens mycorrhiza's (schimmels die planten helpen bij de opname van voedingsstoffen op voedselarme gronden) van de doelsoorten en andere essentiële bodem micro-organismen in het gebied geïntroduceerd (Bobbink e.a., 2016). Zonder introductie van doelsoorten is de kans op vestiging van deze soorten te verwaarlozen indien er geen bronpopulaties in de nabije omgeving aanwezig zijn (Klimkowska e.a., 2007).

Uiteraard is het voor het realiseren van een gewenst natuurdoeltype niet alleen van belang dat de bodemchemie geschikt is maar tevens dat de hydrologie van het systeem op orde is. Met name in grondwaterafhankelijke systemen (bijv. nat schraalland en dotterbloemhooiland) zullen veelal aanvullende hydrologische maatregelen nodig zijn. Deze maatregelen moeten vaak in de omgeving genomen worden omdat grondwaterafhankelijke systemen vaak gevoed worden door grondwater dat inrijgt op aanzienlijke afstand. Een bijkomend voordeel van verschrallen via ontgronden is dat door verlaging van het maaiveld de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld stijgen, waardoor waarschijnlijk minder ingrijpende hydrologische maatregelen in de omgeving noodzakelijk zijn.

3. MATERIAAL EN METHODEN

3.1 Veldwerkzaamheden bodemchemisch onderzoek

Op 20, 21 en 22 september 2021 werden op 43 locaties ondiepe boringen (diepte afhankelijk van type locatie) gezet. De locaties zijn vastgesteld in overleg met Natuurbalans. De boringen werden verricht met een Edelmanboor en de exacte boorlocaties werden ingemeten met een GPS (Tabel 1). Het bodemprofiel werd beschreven conform NEN 5104 door boormeester Jan Vermeer van ATKB (zie Bijlage 1 voor de profielbeschrijvingen). Tevens werd de actuele grondwaterstand genoteerd en indien waarneembaar in het profiel ook de GHG en GLG (Tabel 1).

Op 3 locaties (locatie 9, 10, 12) is eenmalig een monster van het freatische grondwater uit het boorgat verzameld met behulp van een tijdelijke peilbuis. In de sloot aan de oostzijde is 1 oppervlaktewatermonster verzameld (zie kaart). De NAP hoogte van het waterpeil werd eveneens ingemeten.

Tabel 1. Overzicht van de monsterdatum, coördinaten, hoogte ten opzichte van maaiveld (in m), diepte boring, landgebruik (GS = grasland, AK = akker, BR = braak/natuur, WS = water), actuele grondwaterstand (GWS; 20-22 september 2021), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) per locatie. Voor de ligging van de locaties zie Figuur 5 en Figuur 6.

Locatie	Datum	X	Y	Mvh	Diepte	Gebruik	GWS	GHG	GLG
1	21-9-2021	156961	450575	7,8	150	GS	>150	120	>150
2	20-9-2021	157080	450573	7,6	150	AK	>150	140	>150
3	20-9-2021	157210	450586	7,8	150	AK	150	110	>150
4	20-9-2021	157256	450495	8,0	150	AK	>150	130	>150
5	22-9-2021	157085	451077	7,2	150	GS	105	45	120
6	21-9-2021	156853	450491	7,7	150	GS	>150	>150	>150
7	20-9-2021	157165	450704	7,5	150	AK	125	90	>150
8	20-9-2021	157286	450644	7,6	150	AK	130	95	150
9	20-9-2021	157388	450728	7,5	150	AK	115	75	135
10	21-9-2021	157266	450856	7,1	150	AK	85	50	100
11	21-9-2021	157154	450857	7,2	150	AK	110	75	130
12	22-9-2021	157234	451006	6,9	150	GS	80	40	100
13	22-9-2021	157129	451032	7,0	150	GS	90	45	110
14	21-9-2021	157014	450943	7,6	150	GS	120	85	150
15	22-9-2021	157109	450958	6,9	150	GS	90	50	120
16	21-9-2021	156431	451274	7,8	150	BR	140	110	>150
17	21-9-2021	156425	451223	7,7	150	BR	150	110	>150
101	22-9-2021	157144	451112	6,6	100	BR	45	15	75
102	22-9-2021	157132	451069	7,0	100	GS	90	50	>100
103	22-9-2021	157107	450993	6,9	150	GS	90	50	>150
104	21-9-2021	157088	450922	7,0	100	GS	75	50	>100
105	21-9-2021	157069	450883	7,2	100	GS	90	50	>100
106	22-9-2021	157038	451015	7,3	100	GS	100	60	>100
107	22-9-2021	157079	450988	7,2	100	GS	100	60	>100
108	21-9-2021	157159	450926	6,9	100	AK	70	40	>100
109	21-9-2021	157214	450886	7,1	100	AK	90	60	>100
110	21-9-2021	157303	450823	7,3	100	AK	>100	90	>100
111	22-9-2021	157298	450910	6,9	100	GS	70	30	>100
112	21-9-2021	157244	450822	7,3	100	AK	100	55	>100
113	21-9-2021	157217	450782	7,4	100	AK	>100	70	>100
114	20-9-2021	157192	450744	7,5	100	AK	>100	90	>100
115	20-9-2021	157134	450659	7,6	100	AK	>100	>100	>100
116	20-9-2021	157108	450615	7,7	100	AK	>100	>100	>100
117	20-9-2021	157143	450746	7,6	100	AK	100	65	>100
118	20-9-2021	157183	450650	8,0	100	AK	>100	>100	>100

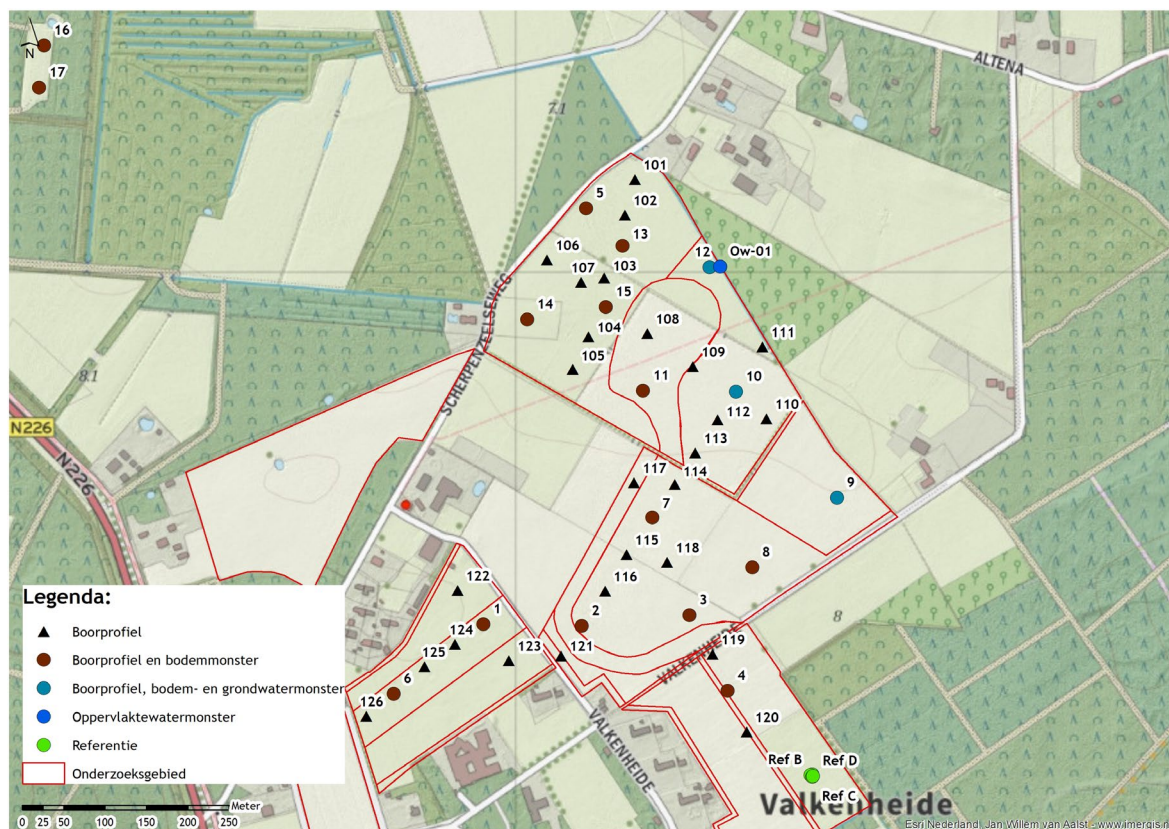
Locatie	Datum	X	Y	Mvh	Diepte	Gebruik	GWS	GHG	GLG
119	20-9-2021	157238	450539	8,0	100	AK	>100	90	>100
120	20-9-2021	157279	450445	7,9	150	AK	>150	>150	>150
121	20-9-2021	157055	450537	7,8	100	AK	>100	>100	>100
122	21-9-2021	156930	450616	7,7	100	GS	>100	100	>100
123	21-9-2021	156992	450531	7,5	100	GS	>100	>100	>100
124	21-9-2021	156927	450551	7,6	100	GS	>100	>100	>100
125	21-9-2021	156890	450524	7,5	150	GS	>150	120	>150
126	21-9-2021	156820	450464	7,9	150	GS	>150	>150	>150
REF	20-9-2021	157358	450392	7,2	150	BR	100	70	120
REF A	20-9-2021	157358	450394	7,1	40	BR	>40	>40	>40
REF B	20-9-2021	157356	450393	7,2	30	BR	>30	>30	>30
REF C	20-9-2021	157358	450391	7,1	30	BR	>30	>30	>30
REF D	20-9-2021	157359	450392	7,2	30	BR	>30	>30	>30
OW-01	22-9-2021	157247	451007	6,2		WS			
POEL	21-9-2021	156439	451296	6,3		WS			

Op de voormalige landbouwgronden werden op 17 locaties (1-17) bodemmonsters verzameld. De globale strategie was:

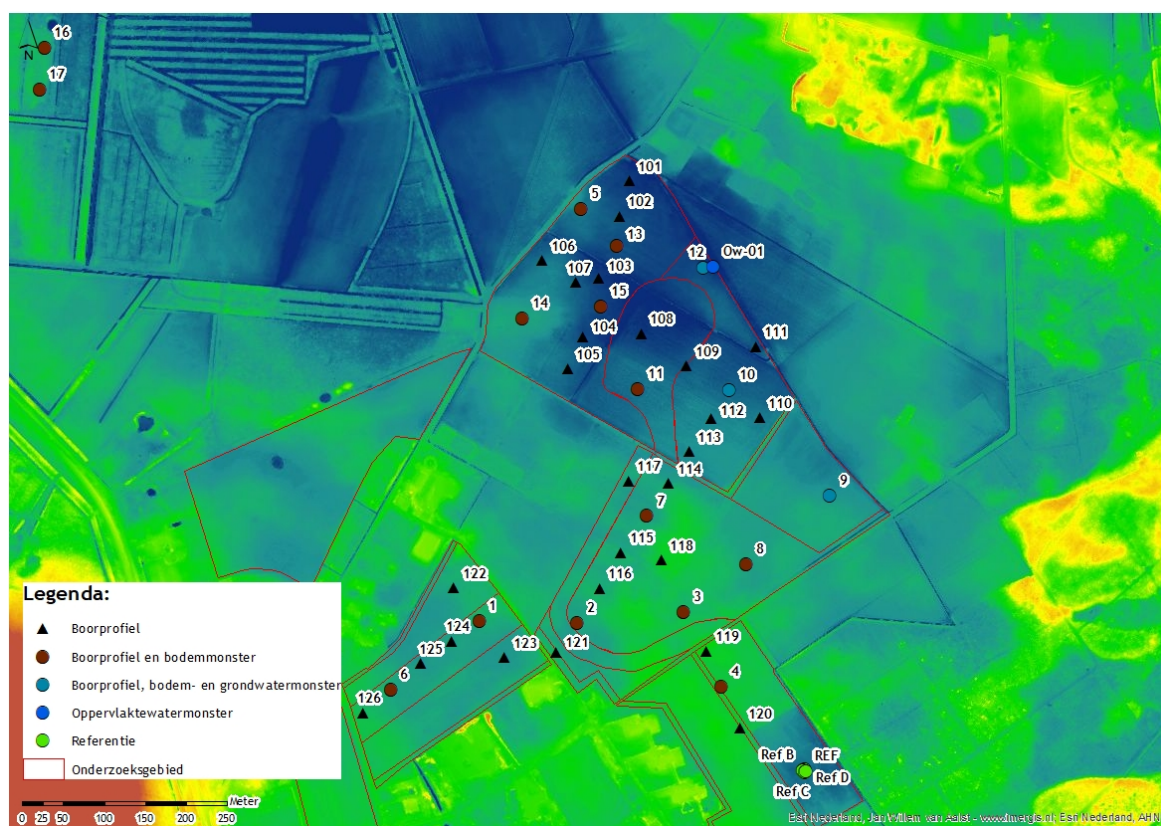
- Toplaag (0-20 cm-mv);
- Restant bouwvoor;
- 0-10 cm onder de bouwvoor;
- 10-20 cm onder de bouwvoor.

Op de locatie (REF) waar reeds plagwerkzaamheden zijn uitgevoerd in het verleden werd een mengmonster van de toplaag (0-15/20 cm-mv) en de onderliggende bodemlaag (15/25-30/35 cm-mv) verzameld door op 5 locaties bodemmateriaal te verzamelen. Locatie 16 en 17 zijn gelegen in het Kombos.

De bodem- en watermonsters werden vervoerd naar het lab en bewaard bij 4°C tot verdere verwerking. In totaal zijn 76 landbouw-bodemmonsters, 2 referentie-bodemmonsters, 1 oppervlaktewatermonster en 3 grondwatermonsters geanalyseerd. In paragraaf 3.2 worden de analysemethoden nader toegelicht.



Figuur 5. Overzicht van de ligging van de bodemonster- en referentielocaties in het onderzoeksgebied op een topografische kaart.



Figuur 6. Overzicht van de ligging van de bodemonster- en referentielocaties in het onderzoeksgebied op een hoogtekarte.

3.2 Chemische analyse

Voor de bodemonsters zijn de volgende variabelen bepaald:

- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid;
- Olsen-P extractie: een maat voor de concentratie plantenbeschikbaar P;
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);
- pH-zout en zoutuitwisselbare concentraties van o.a. ammonium, nitraat en calcium;

Vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid

Het vochtpercentage van het verse bodemmateriaal werd via het vochtverlies bepaald. Dit gebeurde door in duplo bodemmateriaal te drogen gedurende 48 uur bij 60 °C. Omdat de bakjes precies tot aan de rand werden afgevuld (volume = 40 ml) konden later ook de concentraties worden omgerekend naar mol per liter bodemvolume. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550 °C. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

Olsen-extractie

Plantenbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen e.a., 1954) bepaald. Het principe van deze extractiemethode is dat natriumbicarbonaat (NaHCO_3) zorgt voor een daling van de concentratie opgeloste calciumionen via de vorming van onoplosbaar calciumcarbonaat (CaCO_3). Hierdoor stijgt de concentratie opgelost fosfaat. Natriumbicarbonaat brengt ook de labiele, voor planten snel beschikbare, proportie van de organische fractie in oplossing. Voor de Olsen-extractie werd aan 3 gram droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat (NaHCO_3) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsters. Het extract werd bij 4 °C bewaard tot verdere analyse. De Olsen-P concentraties werden berekend in μmol per liter bodem.

Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen/nutriënten in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijn gemalen gedroogde bodem afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het bodemmateriaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3 , 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H_2O_2 , 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestruerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werden het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milli Q water. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4 °C bewaard voor verdere analyse. Concentraties van elementen werden berekend in μmol per liter bodem.

Zoutextractie (NaCl-extractie)

Bij een natriumchloride(zout)-extractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden ionen verdrongen door natrium en chloride. Met deze extractie kan onder andere de pH, ammonium- en nitraatbeschikbaarheid van de bodem bepaald worden. Daarnaast kan op basis van de aluminium/calcium-ratio een goede inschatting gemaakt worden van de buffercapaciteit van de

.....

bodem. Voor een zoutextractie werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml 0,2 mol l⁻¹ natriumchloride (NaCl) toegevoegd. Gedurende 120 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna de pH werd gemeten. Het supernatant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. De elementenconcentraties werden berekend in µmol per liter bodem.

Analyse grond- en oppervlaktewater

De pH werd gemeten met een standaard Ag/AgCl₂-elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De hoeveelheid opgelost anorganisch koolstof (CO₂ en HCO₃⁻) werd bepaald met behulp van infrarood gasanalyse (ABB Advance Optima IRGA). De EGV werd bepaald met een HACH EGV-probe verbonden met een HQD-meter. De monsters voor de auto-analysers werden bewaard bij een temperatuur van -20 °C tot aan de analyse. De monsters voor de ICP werden aangezuurd voor analyse en bewaard bij 4 °C.

Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) in bodemextracten werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP; ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO₃⁻) en ammonium (NH₄⁺) werden colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyzer III met behulp van respectievelijk salicylaatreagens en hydrazinesulfaat. Chloride (Cl⁻) en fosfaat (PO₄³⁻) werden colorimetrisch bepaald met een Technicon auto-analyzer III systeem met behulp van resp. mercuritiocyanide, en ammoniummolybdaat en ascorbinezuur. Natrium (Na⁺) en kalium (K⁺) werden vlamfotometrisch bepaald met een Technicon Flame Photometer IV Control.

.....

4. ABIOTIEK GEPLAGDE LOCATIE EN BEOOGDE NATUURTYPEN

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de abiotiek van de beoogde natuurtypen en de bemonsterde referentielocatie besproken. Voor het ontwikkelen van soortenrijke natuurtypen is het over het algemeen belangrijk dat de fosfaatbeschikbaarheid voldoende laag is. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid van de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P concentratie een maat is voor de voor planten beschikbare fosfaatfractie. Daarnaast zijn de buffering, ijzerconcentraties, grondwaterstanden en labiele nutriëntenconcentraties voor diverse vegetaties ook belangrijk. De mate van buffering (en voedselrijkdom) die past bij de verschillende natuurtypen wordt indicatief weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2. Overzicht van de verschillende bufferranges (11 categorieën) en fosfaatconcentraties (tussen haakjes de uitloop als een suboptimale concentratie) waarbij diverse natuurbeheertypen voorkomen (INDICATIEF). Voor dotterbloemhooilanden en elzenbroekbossen zijn hoge ijzerconcentraties vereist. Van blauwgrasland tot elzenbroekbos kunnen de totaal-P concentraties relatief hoog zijn als gevolg van ijzer- en/of calciumrijke omstandigheden. De fosfaatbeschikbaarheid voor planten (Olsen-P) is echter relatief beperkt. Het bekalkingsadvies is weergegeven in kg dolok per hectare en dient ter voorkoming van verzuring en ter bevordering van de soortenrijkdom. Tevens wordt hiermee ammoniumophoping/-toxiciteit voorkomen (nitrificatie wordt geremd onder zure omstandigheden). Naast de mate van buffering zijn de hydrologische omstandigheden essentieel voor de ontwikkeling van de natuurbeheertypen (niet in deze tabel). Het herstellen van de grondwaterinvloed kan bijdragen aan het opladen van het kationuitwisselingscomplex en daarmee het herstel van de buffercapaciteit. Het betreft een indicatieve tabel op basis van expert judgement en referentiemetingen. Bron: van Mullekom & Smolders (2012)

Categorie	Ca-NaCl (µmol/l)		Totaal calcium (mmol/l)		Basenverzadiging	Codes natuurbeheertypen					Bekalkingsadvies (kg/ha) voor tegengaan verzuring, ammoniumophoping en/of vergroten soortenrijkdom	Risico ammoniumtoxiciteit zonder bekalking
						N07.01	N11.01	N10.01	N10.01	N10.02		
						N06.04	N06.04	N10.01	N10.01	N10.02		
						Olsen-P (µmol/l)	< 500 (800)	< 300 (600)	< 500 (700)	< 500 (700)	< 600 (900)	< 800 (1000)
						Totaal-P (mmol/l)	< 2,5 (6)	< 3 (7)	< 6 (10)	< 10 (20)	< 15 (35)	< 20 (50)
						Droge heide Natte heide	Droog heischraal grasland Vochtig heischraal grasland	Kleine zeggen vegetatie	Blauwgrasland	Veldruschraal	Dotterbloemhooiland & Elzenbroekbossen	
1	<500	en/of	<10	en/of	<30%						2500	+
2	500-1000	en/of	10-15	en/of	30-70%						2000	+
3	1000-2000	en	15-20	en	>70%						2000	+
4	>2000	en	15-20	en	>70%						2000	+/-
5	2000-4000	en	20-30	en	>70%						1000	+/-
6	>4000	en	20-30	en	>70%						0	-
7	8000-14000	en	30-60	en	>90%						0	-
8	>14000	en	30-60	en	>90%						0	-
9	>14000	en	60-100	en	>90%						0	-
10	20000-30000	en/of	>100	en	>90%						0	-
11	>30000	en/of	>100	en	>90%						0	-
						soortenarm	normaal	soortenrijk				

Er is nog niet veel ervaring met bosontwikkeling op voormalige landbouwgronden, vooral omdat het een lange periode vergt voor een bos om zich te ontwikkelen. De totale fosforvoorraad in de bodem is hierbij minder belangrijk dan in lage vegetaties. De Olsen-P en P-zout concentraties zijn

.....
waarschijnlijk sturend voor een soortenrijkere ondergroei: bossen met een soortenrijke ondergroei komen voor op voedselarme tot matig voedselrijke bodems.

4.2 Toelichting geplagde locatie Valkenheide

De referentielocatie betreft een reeds afgeplagd perceel. Er zijn zandige bodemonsters verzameld op 5 sublocaties van de toplaag (circa 0-15 cm-mv) en de onderliggende bodemlaag (circa 15-30 cm-mv) en vermengd tot één monster per bodemlaag.



Figuur 7. Impressie van de vegetatie op de referentielocaties. Foto's: Jan Vermeer.

De bodemchemische condities op de referentielocatie worden weergegeven in Tabel 3. De bodem bestaat uit matig siltig en humeus zand. De toplaag (0-15 cm-mv) is nog humeus en verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3375 µmol/l en totaal-P: 9,3 mmol/l). De labiele nutriëntenconcentraties zijn wel laag (0-2 µmol/l P-z, 2-3 µmol/l NO₃⁻ en 16-49 µmol/l NH₄⁺). Het lijkt erop dat 15 cm te weinig is afgeplagd. Op 15 cm-mv is de bodem namelijk voldoende P-arm (Olsen-P: 553 µmol/l en totaal-P: 2,3 mmol/l). De bodem is zwak tot zwak-matig gebufferd (6-14 mmol/l Ca-t en 1.254-5.359 µmol/l Ca-z). De toplaag is waarschijnlijk nog wat rijker aan calcium als gevolg van de bekalking tijdens het landbouwkundig gebruik. De mate van buffering op de referentielocatie past bij de ontwikkeling van heide (vanaf 15 cm-mv) en heischraalgrasland (toplaag in combinatie met 32 jaar maaien en afvoeren). Door de nog verhoogde fosfaatconcentraties in de toplaag ontstaat verzuuring en is er nog geen sprake van een soortenrijk heischraal grasland of heide.

Tabel 3. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de referentielocaties. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l), BV = indicatieve basenverzadiging. M3/M8/M12 = berekende verschrallingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 300/800/1200 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 2,5 mmol/l). Let op: voor het berekenen van de totale verschrallingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschrallingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

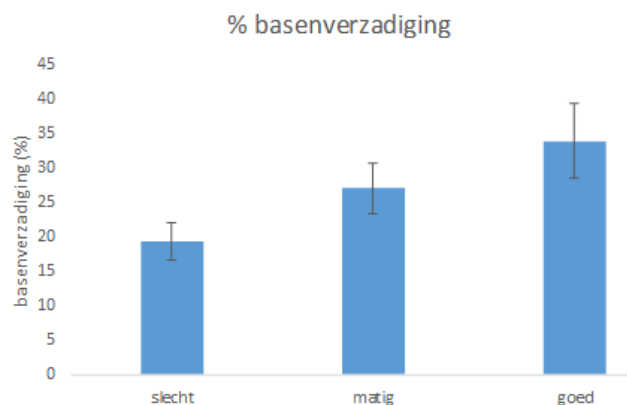
Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO ₃ -z	Maaien en afvoeren (M)
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren
<5	<150	<10	<4000	<20	<1	<50	0
6-10	151-250	10-20	4001-8000	21-50	2-5	51-100	<10
11-25	251-400	21-30	8001-15000	51-100	6-10	101-200	11-40
26-50	401-750	31-50	15001-25000	101-150	11-30	201-400	41-80
>50	>750	51-80	25001-40000	151-300	31-50	401-800	81-200
		>80	>40000	>300	51-100	801-1200	201-400
					>100	>1200	>400

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	OLS-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z	M5
Ref	0-15	zand, matig siltig en humeus	AB	3	9	1,0	3375	9,3	164	14	20	4	8	4	73	5359	13	610	4,8	97	2	3	49	32
	15-30	zand	C	1	4	1,2	553	2,3	134	6	25	4	13	1	79	1254	15	136	4,9	90	0	2	16	0

4.3 Droge heide en droog heischraalgrasland

Heischrale graslanden behoren tot de soortenrijke ecosystemen op de hogere zandgronden, en kunnen wel 25 tot 30 plantensoorten per m² herbergen. Helaas staat het heischrale grasland sterk onder druk, niet alleen in Nederland maar in heel Europa. Om zowel het areaal als de kwaliteit van heischrale graslanden te behouden en te versterken, zijn heischrale graslanden (H6030) uitgeroepen tot prioritair habitat. Dat betekent dat landen de verplichting hebben om deze graslanden te behouden en te versterken (Weijters e.a., 2020).

In Tabel 4 en Figuur 8 worden de bodemchemische condities weergegeven van goed tot slecht ontwikkelde heischrale graslanden. De slecht ontwikkelde graslanden (aantal kenmerkende soorten gemiddeld 2,0 per opname, typische soorten 0,9 per opname en geen Rode-Lijstsoorten) hadden een gemiddelde pH-NaCl van 3,5 en een concentratie uitwisselbaar calcium van gemiddeld 0,9 mmol Ca/kg bodem. Deze locaties vallen deels in de rompgemeenschap van Bochtige smeie (*Deschampsia flexuosa*) en/of Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) (19RG1). In de redelijk/goed ontwikkelde graslanden (gemiddeld aantal kenmerkende soorten 6,0, typische soorten 1,8 en Rode-Lijstsoorten 3,0) was de concentratie uitwisselbaar calcium gemiddeld 5,3 mmol/kg bodem en de pH-NaCl gemiddeld 4,4. De concentratie uitwisselbaar aluminium (gemiddeld 1,3 mmol/kg bodem) verschilde niet tussen de ontwikkelingscategorieën, maar de verhouding tussen uitwisselbaar aluminium en calcium (Al/Ca-ratio) wel. Deze was in de slecht ontwikkelde droge heischrale graslanden met gemiddeld 3,5 duidelijk hoger dan in de beter ontwikkelde graslanden (gemiddeld 0,7). In de basenverzadiging is eenzelfde trend zichtbaar. De basenverzadiging was zeer laag in de slecht ontwikkelde graslanden (gemiddeld 19%), wat hoger in de matig ontwikkelde graslanden (gemiddeld 27%) en nog iets hoger in de redelijk ontwikkelde graslanden (34%) (Figuur 8). In heischrale graslanden in het buitenland worden voor de basenverzadiging overigens vaak waarden tussen de 50% en 70% gemeten.



Figuur 8. Basenverzadiging gemeten in verschillende stadia van ontwikkeling in het vegetatietype 19Aa01: Droge heischrale graslanden in het Pleistocene zandlandschap die behoren tot de Associatie van Liggend walstro en Schapegras. Foutbalken zijn standaardfout. Bron: Grip-database Onderzoekcentrum B-WARE en Van der Zee et al., 2017.

Tabel 4. Bodemchemie van een soortenarme en soortenrijke vorm van de associatie 19Aa1 van habitatype H6230 en de bijbehorende rompgemeenschap, waarbij de pH gemeten is in een zoutextract (pH-NaCl), de uitwisselbare calciumconcentratie in $\mu\text{mol/kg}$ bodem (Ca-NaCl), de aluminiumcalciumratio in mol/mol (Al/Ca-ratio), de anorganische ammoniumconcentratie in $\mu\text{mol/kg}$ bodem (NH₄-NaCl) en de basenverzadiging (BV) in procenten gemeten in het strontiumextract. Bron: Weijters e.a., 2020.

		pH-NaCl	Ca-NaCl ($\mu\text{mol/kg}$)	Al/Ca- ratio	NH ₄ -NaCl ($\mu\text{mol/kg}$)	BV (%)	P-Olsen ($\mu\text{mol/kg}$)
Associatie van Liggend walstro en Schapegras (19Aa1) soortenarm	Galio hercynici- Festucetum ovinae (19Aa1) soortenarm	3,0-3,5	800-1000	2,5-4,0	-	27%	<400
Associatie van Liggend walstro en Schapegras (19Aa1) redelijk/goed ontwikkeld	Galio hercynici- Festucetum ovinae (19Aa1) redelijk/goed ontwikkeld	3,8-5,0	2250- 6000 (12.000)	<0,8	<200	34%	<400
Slecht ontwikkelde rompgemeenschap (19RG02)	RG Bochtige sme- (19RG02)	3,4-3,7	500-1000	2-5	100-250 (350)	19%	

Daarnaast moet de Olsen-P concentratie ook voldoende laag zijn (<400 $\mu\text{mol/kg}$ bodem; bij een soortelijk gewicht van 1,25 kg/l komt dit overeen met <500 μmol per liter verse (zand)bodem). Verder blijkt uit de GRIP-database dat soorten als Tormentil (*Potentilla erecta*), Tandjesgras (*Danthonia decumbens*) en Muizenootje (*Hieracium pilosella*) vrijwel alleen voorkomen op locaties waar de ammoniumconcentratie in de bodem lager is dan 200 $\mu\text{mol/kg}$ bodem (Weijters e.a., 2020).

Voor heideontwikkeling in het droog zandlandschap zijn de beschikbaarheid van nutriënten en de zuurgraad belangrijke sturende factoren (o.a. Bobbink 1988; De Graaf *et al.*, 2009).

Binnen de binnenlandse droge heide (Calluno-Genistion pilosae) komen in Nederland twee associaties voor, waarvan verreweg de meest voorkomende de associatie van Struikhei en Stekelbrem (20Aa01: Genisto anglicae-Callunetum) is. Binnen deze associatie worden op dit moment drie subassociaties onderscheiden, waaronder de typische vorm (20Aa01b: Genisto anglicae-Callunetum typicum), de van oorsprong meer soortenrijke heischrale subassociatie (20Aa01d: Genisto anglicae-Callunetum danthonietosum) en de korstmosrijke subassociatie op vastgelegde stuifzand (20Aa01a). Steeds vaker wordt - en werd - ook de rompgemeenschap van Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) en/of Bochtige sme- (*Deschampsia flexuosa*) (20RG1), een sterk gedegradeerde vorm van de droge heidevegetatie, aangetroffen (Weijters e.a., 2018).

Aan de hand van een analyse van referentiedata (GRIP database B-WARE) zijn bodemchemische randvoorwaarden opgesteld voor het voorkomen van genoemde vegetatie-eenheden (Tabel 5). Hierbij bleek dat pH-zout, de concentratie plantbeschikbaar Ca, de Al/Ca-ratio en de NH₄-concentratie de belangrijkste sturende parameters zijn voor het al dan niet voorkomen van deze vegetatie-eenheden. Naast de in Tabel 5 genoemde parameters zal ook de voor planten beschikbare fosforconcentratie voldoende laag moeten zijn voor droge heide (150-400 $\mu\text{mol/kg}$ bodem; bij een soortelijk gewicht van 1,25 kg/l komt dit overeen met 185-500 μmol per liter verse (zand)bodem) (Weijters e.a., 2018). Dit is komt overeen met de Olsen-P range voor natte heide (100-500 $\mu\text{mol/l}$).

Tabel 5. Randvoorwaarden voor een soortenarme en soortenrijke vorm van twee subassociaties van habitattypen H4030, waarbij de pH gemeten is in een zoutextract (pH-NaCl), de uitwisselbare calciumconcentratie in $\mu\text{mol/kg}$ bodem (Ca-NaCl), de aluminiumcalciumratio in mol/mol (Al/Ca-ratio) en de anorganische ammoniumconcentratie in $\mu\text{mol/kg}$ bodem (NH₄-NaCl). Bron: Weijters e.a., 2018.

		pH-NaCl	Ca-NaCl ($\mu\text{mol/kg}$)	Al/Ca- ratio	NH ₄ -NaCl ($\mu\text{mol/kg}$)
Associatie van Struikhei en stekelbrem (20Aa01)	Genisto anglicae-Callunetum (20Aa01)				
Typische sub associatie	Genisto anglicae-Callunetum typicum (20Aa01b)	2,6-4,3	400-2300	2-10	<250
soortenrijke heischrale subassociatie	Genisto anglicae-Callunetum danthonietosum (20Aa01d)	3,5-4,3	1500-4000	<2 (2,5)	<200
Vergraste rompgemeenschap	Rompgemeenschap van Pijpenstrootje en Bochtige smele (20RG1)	3,0-3,5	<1000	2-6	150-600 (1300)
Onderverdeling typische sub-associatie van Struikhei en stekelbrem (20Aa01b)	Onderverdeling Genisto anglicae-Callunetum typicum 20Aa01b				
Typische sub associatie-zonder kruiden, zeer soortenarm	20Aa01b_zeer soortenarm	2,6-3,5	400-2000	2-10	<300
Typische sub associatie- met kenmerkende kruiden, goed ontwikkeld	20Aa01b_goed ontwikkeld	>3,5	>1500	<2	<200

4.4 Glanshaverhooiland

Op de percelen met een dikke bouwvoor wil Natuurbalans mogelijk inzetten op de ontwikkeling van glanshaverhooiland (N12.13). Goed ontwikkelde glanshaverhooilanden zijn over het algemeen bij Olsen-P concentraties <500 (optimaal) tot 800 $\mu\text{mol/l}$ aangetroffen. De meest soortenrijke glanshaverhooilanden komen voor op zandige/zavelige, gebufferde locaties. Locaties met een vette kleibodem (Al-tot >800-1000 mmol/l), zijn veelal soortenarmer, met name wanneer het slecht ontwaterde plekken betreft.

Overigens heeft Natuurbalans (contactpersoon Peter Verbeek) ook ervaring met de ontwikkeling van soortenrijkere glanshaverhooilanden op voedselrijkere graslanden (chopperen + inzaaien gras-kruidenmengsel) en voedselrijkere akkers (inzaaien gras-kruidenmengsel, eventueel na 1-2 jaar akkeren zonder bemesting). Het is echter nog niet goed aan te geven wanneer deze maatregel wel of niet succesvol is. Dit wordt nog nader onderzocht.



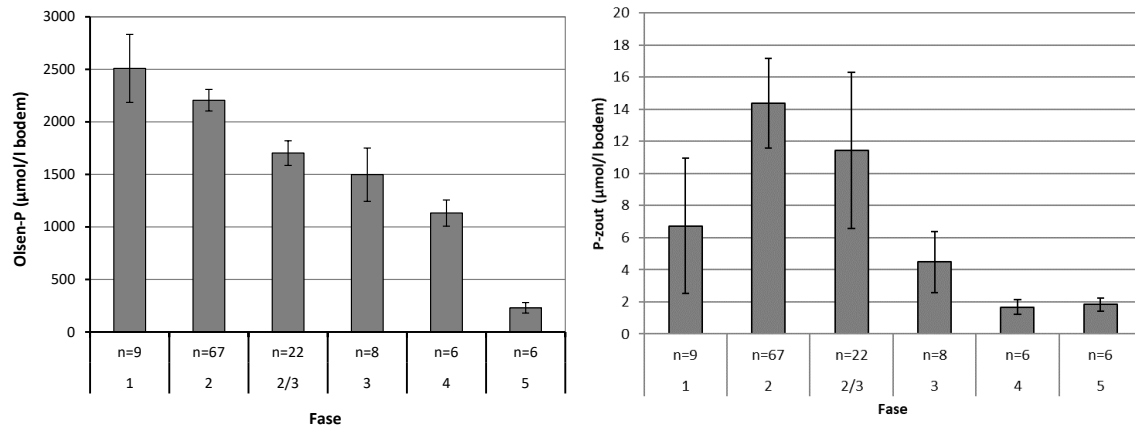
Figuur 9. Glanshaverhooiland in de Amerongse Bovenpolder. Foto: Roland Bobbink.

4.5 Kruiden- en faunarijk grasland

Uit onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is ($<900\text{--}1200\text{ }\mu\text{mol/l}$; Figuur 14). Dit is slechts een indicatieve streefwaarde: ‘kruidenrijk grasland’ is een breed begrip waardoor er geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Op bijvoorbeeld droge, voedselrijkere zandgronden (zoals ook op de hoge, droge kop) kunnen ook kruidenrijkere graslanden tot ontwikkeling komen als gevolg van droogtestress en/of lage concentraties organische stof (eventueel in combinatie met tijdelijk akkerbeheer) (Dorland e.a., 2020; Eichhorn e.a., 2020).

Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet. Met name onder droge en ijzer- en calciumrijke condities lijkt de ontwikkeling van een (wat) kruidenrijker grasland kansrijk. De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de meest labiele P-fractie voldoende laag is ($P\text{-}z < 1\text{--}2\text{ }\mu\text{mol/l}$) en/of de nitraatconcentratie laag is ($<100\text{ }\mu\text{mol/l}$). Dit biedt perspectief bij hogere Olsen-P concentraties. Aanvullend onderzoek dient meer inzicht op te leveren. Onderzoekcentrum B-WARE, Bureau Natuurbalans en het Louis Bolk Instituut zijn hier nog mee bezig.

Om op voedselrijkere gronden de dominantie van witbol te doorbreken wordt geadviseerd witbol vroeg af te maaien, bijvoorbeeld in mei. Deze grassen bloeien namelijk voordat de zomerkruiden gaan bloeien. Op deze manier wordt gestreepte witbol actief teruggedrongen ten gunste van later bloeiende kruidachtigen. Goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden worden vaak laat in de zomer (augustus/september) gemaaid.



Figuur 10. Olsen-P (links) en P-z (rechts) concentratie in µmol/l bodem van graslandpercelen in Overijssel ingedeeld per graslandfase naar Schippers e.a. (2012). Verklaring graslandfasen (van voedselrijk naar schraal): fase 1 = raaigraslanden, fase 2 = witbolgraslanden, fase 3 = gras-kruidentmix, fase 4 = kruidenrijk grasland en fase 5 = heischraal grasland. Bron: Scherpenisse e.a. (2017).



Figuur 11. Foto's van een goed ontwikkeld droog (links; Winterswijk) en vochtig (rechts; Doetinchem) kruiden- en faunairijk grasland. Foto's: Mark van Mullekom.

4.6 Landschapsakker zoals kruidenrijke akker

De laatste decennia is de akkeronkruidenflora enorm achteruitgegaan, ongeveer een halve eeuw geleden kwamen ongeveer 120 wilde plantensoorten zoals Handjesereprijs (*Veronica triphyllos*), Bolderik (*Agrostemma githago*) en klaprozen (*Papaver* spp.) nog tussen het graan op de akkers voor. Tegenwoordig is dat teruggelopen tot ongeveer 20 soorten en zijn 86 soorten akkerkruiden opgenomen als aandachtsoort in het beschermingsplan akkerplanten (Bakker et al., 2000).

Die achteruitgang is vooral het gevolg van de huidige intensieve landbouw, met betere zaadschoningstechnieken, hoge dosis meststoffen, een dicht gewas en herbicidegebruik. De belangstelling voor akkerkruiden in het natuurbeheer is de laatste tien jaar toegenomen, inmiddels zijn er in Nederland vele honderden hectare bouwgrond in beheer als natuurakker (Verbeek et al., 2012). Een groot deel van deze gronden is recent uit agrarisch beheer genomen, waarvan een deel een faunadoelstelling heeft, waar nectarplanten of grootzadige kruiden zijn ingezaaid. Een ander deel van deze gronden heeft een floradoelstelling voor het behoud en ontwikkeling van akkerkruiden. De kruidenrijkdom in deze akkers is vaak laag (Verbeek et al., 2012). De samenstelling van de vegetatie op akkers is onder meer afhankelijk van het tijdstip en frequentie van bodembewerking (zomer- of winterakkers), het gebruik van herbiciden, de bodemsamenstelling en het gewas (type en dichtheid) (Verbeek et al., 2012, 2021). Het beheer

.....

van akkers is een zeer intensieve vorm van beheer, dit heeft onder andere tot gevolg dat het beheer een groot stempel drukt op de samenstelling van de akkeronkruidenflora. Akkers kunnen ook een belangrijke meerwaarde hebben voor diersoorten die de akker als deel van hun leefomgeving gebruiken, bijvoorbeeld vogels, sprinkhanen, vlinders en reptielen. De bodem is dan weer meer bepalend voor eventuele botanische doelstellingen.



Figuur 12. Foto's van kruidenrijke akkers met korenbloem en gele ganzenbloem (links) en grote klaproos met korenbloem en kamille (rechts). Foto's: Emiel Brouwer.

De financiering van het akkerbeheer kan voor een deel plaatsvinden uit oogstopbrengsten. Echter, wanneer deze opbrengsten zeer laag zijn is het voor bijvoorbeeld biologische boeren niet meer haalbaar om akkers te beheren. Het is dus van belang een goede combinatie te vinden tussen een voldoende hoge opbrengst en een goed ontwikkelde akkerflora. Alternatief is het volledig loslaten van een productiedoelstelling, waarmee de mogelijkheden voor behoud van akkerflora toenemen, maar tevens de kosten.

Onderzoek aan reservaatakkers in Limburg, Brabant en in mindere mate Gelderland, Overijssel, Utrecht en Drenthe laat zien dat op grond van de abiotiek en akkerflora onderscheid gemaakt kan worden in grofweg 3 typen akkers op de zandgronden (Tabel 2). De meest sturende factoren in de ontwikkeling van deze akkers zijn de directe beschikbaarheid van voedingsstoffen (met name nitraat, in mindere mate fosfaat en kalium), en de zuurgraad van de bodem. De totale voorraad fosfaat kan vrij sterk variëren, meest tussen de 10 en 20 mmol/kg bodem, maar hoge gehalten zijn wel het gevolg van intensiever landbouwkundig gebruik in het verleden en waarschijnlijk ligt het optimale gehalte rond de 10 mmol/kg. De hoeveelheid direct beschikbaar fosfaat (uit een zoutextract) ligt tussen de 10 en 50 $\mu\text{mol/kg}$ bodem en voor nitraat is dat 50-200 $\mu\text{mol/kg}$ bodem. Wanneer de nitraatconcentraties te hoog zijn, wordt geadviseerd om eerste enkele jaren graan te verbouwen zonder bemesting. De concentraties dalen hierdoor vermoedelijk naar een niveau waarop de minder nitrofiele, bedreigde soorten het goed kunnen doen. Op de langere termijn moet in beperkte mate stikstof bijgemest (ruwe stalmest) worden om een te voedselarme situatie te voorkomen.

Tabel 6. Indeling akkertypen op basis van bodemchemie inclusief verwijzing naar de typering in het akkerboek (Verbeek e.a., 2021).

Type akker	$\text{NO}_3\text{-z}$ ($\mu\text{mol/kg}$)	pH-z	Ca-t (mmol/kg)
Korensla-associatie (akkerboek; type 5)	50-150	4-5	10-25
Windhalm-verbond (akkerboek; type 3)	100-300	4-5,5	10-25
Associatie van Ruige Klaproos (akkerboek; type 4)	50-300	>5	>20

.....

De bodem-pH (NaCl) is over het algemeen hoger dan 4 met een totaal-Ca concentratie van minimaal 10 mmol/kg bodem. Ook reageren akkeronkruiden verschillend op droogte, waardoor ook rekening moet worden gehouden met factoren als expositie, grondwaterstand en gehalte organisch stof in de bodem (meestal tussen de 2-5%). De dikte van de bouwvoor is zowel van invloed op de vochtvoorziening als de nutriëntenvoorziening, en daarmee ook een factor van belang. Een dunne bouwvoor houdt minder vocht vast en zal eerder uitdrogen dan een dikke bouwvoor. Verder is gebleken dat de samenstelling van de zaadbank in grote mate de vegetatiesamenstelling bepaalt en sterk vertraagd reageert op wijzigingen in beheer.

In Tabel 6 is op basis van de bodemchemie een indeling gemaakt in drie akkertypen die min of meer overeenkomen met de in de vegetatiekunde onderscheiden van akkergemeenschappen op zandgrond: de Korensla-associatie (*Sclerantho-Arnoseridetum*), de Associatie van Ruige klaproos (*Papaveretum argemone*) en de minder goed ontwikkelde vegetaties met alleen soorten die in het hele Windhalm-verbond voorkomen, of in zomergraanakkers. Kenmerkend voor de Korensla-associatie zijn laagblijvende soorten als Korensla (*Arnoseris minima*), Eenjarige hardbloem (*Scleranthus annuus* subsp. *annuus*), Slofhak (*Anthoxanthum aristatum*) en een aantal soorten die ook buiten akkers voorkomen zoals Dwergviltkruid (*Filago minima*), Klein Tasjeskruid (*Teesdalia nudicaulis*) en Zilverhaver (*Aira caryophyllea*). Deze associatie komt vooral voor op zure bodem. Op minder zure zand- en leemgrond hoort de Associatie van Ruige klaproos thuis. In deze akkers kunnen soorten voorkomen als Ruw pazelzaad (*Lithospermum arvense*), Handjesereprijs, Ruige klaproos (*Papaver argemone*), Bleke klaproos (*Papaver dubium*) en Zandmuur (*Arenaria serpyllifolia*). Beide associaties ontwikkelen zich het beste op nauwelijks bemeste bodems. Wanneer er licht bemest wordt ontwikkelt zich een iets dichtere gewas waarin vooral onkruiden voorkomen die mee kunnen groeien met het gewas zoals Korenbloem (*Centaurea cyanus*), Grote en Bleke klaproos (*Papaver rhoeas* en *dubium*), Bolderik en Dauwnetel (*Galeopsis speciosa*). Echter bij matige tot zware bemesting wordt het gewas al snel te dicht voor een soortenrijke akkerkruidenflora. Een groot aantal akkeronkruiden kunnen in meerdere akkertypen voorkomen, zoals in Tabel 2 te zien is er ook veel overlap qua bodemchemie tussen de verschillende typen.

Het beheer druk een grote stempel op de samenstelling van de akkeronkruidenflora. Gebaseerd op het onderzoek van Udo Prins (Verbeek e.a., 2016) kan voor deze drie type akkers een licht bemestingsniveau aangehouden worden. Voor de meest voedselarme akkers met een Korensla-associatie of Associatie van Ruige klaproos kan een bemesting van 40 kg N/ha (stalmest) aangehouden worden, voor de voedselrijke Korenbloem akkers kan 60-80 kg N/ha (stalmest) aangehouden worden (Verbeek et al., 2021). Bij deze bemestingsniveaus heeft het gewas voldoende bedekking om de wortelonkruiden te onderdrukken maar laat het voldoende licht door voor akkeronkruiden. Over het algemeen worden voedselarme akkers, met een laag totaal-P gehalte in de bodem, minder snel opgevuld met wortelonkruiden zoals Kweek (*Elytrigia repens*). Wanneer men deze voedselarme percelen een beetje bemest kan dit al een soortenrijkere akker opleveren. Akkers met een grote fosforvoorraad uit een intensief landbouwkundig verleden, vragen om een veel intensievere bestrijding van wortelonkruiden. In tegenstelling tot de eenjarige akkeronkruiden, reageren overblijvende wortelonkruiden zoals kweek en akkerdistel namelijk sterk op de fosfaatvoorraad. Hoe fosfaatrijker de bodem, hoe eerder deze soorten een probleem kunnen vormen. Er zal dan ook een intensievere bodembewerking nodig zijn om deze soorten onder de duim te houden (zeker onder P-rijke condities).

In veel bestaande akkers ontbreken de kenmerkende akkeronkruiden, deze soorten zijn uit de zaadbank verdwenen. De kans dat deze soorten spontaan terugkeren is zeer klein, omdat vroegere mechanismen voor zaadtransport ook vrijwel geheel zijn verdwenen en resterende bronpopulaties schaars zijn geworden. Actief (her-)introduceren van soorten is dan de enige optie om op afzienbare termijn een herstel te krijgen. Introductie van soorten is mogelijk door weinig

opgeschoond zaad van kruidenrijke akkerpercelen op kruidenarme akkerpercelen uit te zaaien. Op deze manier kunnen voornamelijk grootzadige onkruiden als Bolderik, Dreps (*Bromus secalinus*), wikkels (*Vicia* spp.) en Korenbloem verspreid worden (Verbeek et al., 2012). Als men het maaibord bij het oogsten heel laag over de grond laat gaan kan ook veel fijner zaad meekomen. Een mogelijk nadeel van deze verspreidingsmethode is dat droog gewonnen zaad vaak mechanisch moet worden nagedroogd om broei te voorkomen, bij sommige onkruidzaden kan dit een vorm van kiemrust oproepen en waardoor deze bij het uitzaaien niet direct kiemen (Verbeek et al., 2012). Introductie van soorten is ook mogelijk door het maaisel van een kruidenrijke akker te verspreiden en onder te werken op kruidenarme akkers. Verder is het mogelijk om soorten te verspreiden door grond van een kruidenrijke akker te verplaatsen naar kruidenarme akkers, met deze methode komen alle kruiden (vroeg- en laatbloeiërs en zomer- en winterannuellen) mee met de bodem (Verbeek et al., 2012). Het opbouwen van een goede zaadbank kan jaren duren, bij het introduceren van soorten is het van belang dit enkele malen te herhalen. Als voormalige akkers al lange tijd als grasland in beheer zijn is het mogelijk dat er nog een zaadbank van akkeronkruiden aanwezig is. Bij omzetting van deze graslanden naar akker kan mogelijk een soortenrijkere akker ontwikkeld worden. Geadviseerd wordt om hierover contact op te nemen met Peter Verbeek van Natuurbalans of Emiel Brouwer van Onderzoekcentrum B-WARE.

Verder is het mogelijk randbeheer toe te passen voor bepaalde soorten. Een soort als Korensla profiteert van voedselarme droge plekken. Door de randen van een akker niet te bemesten worden deze wat voedselarmer, blijven meer open en drogen sneller uit waardoor Korensla kan profiteren. Ook in een nog redelijk productieve akker kan door middel van randbeheer de akkerkruidenflora profiteren door de randen niet of minder te bemesten.

Voor meer informatie over kruidenrijke akkers wordt verwezen naar de vijf artikelen over Akkerflora in het Vakblad Natuur Bos en Landschap uit 2018 en 2019 (Ketelaar et al., 2019; Eichhorn & Ketelaar, 2018a en 2018b; Verbeek et al., 2019 en Brouwer et al., 2019), en naar het akkerboek dat recent is verschenen (Verbeek e.a., 2021).

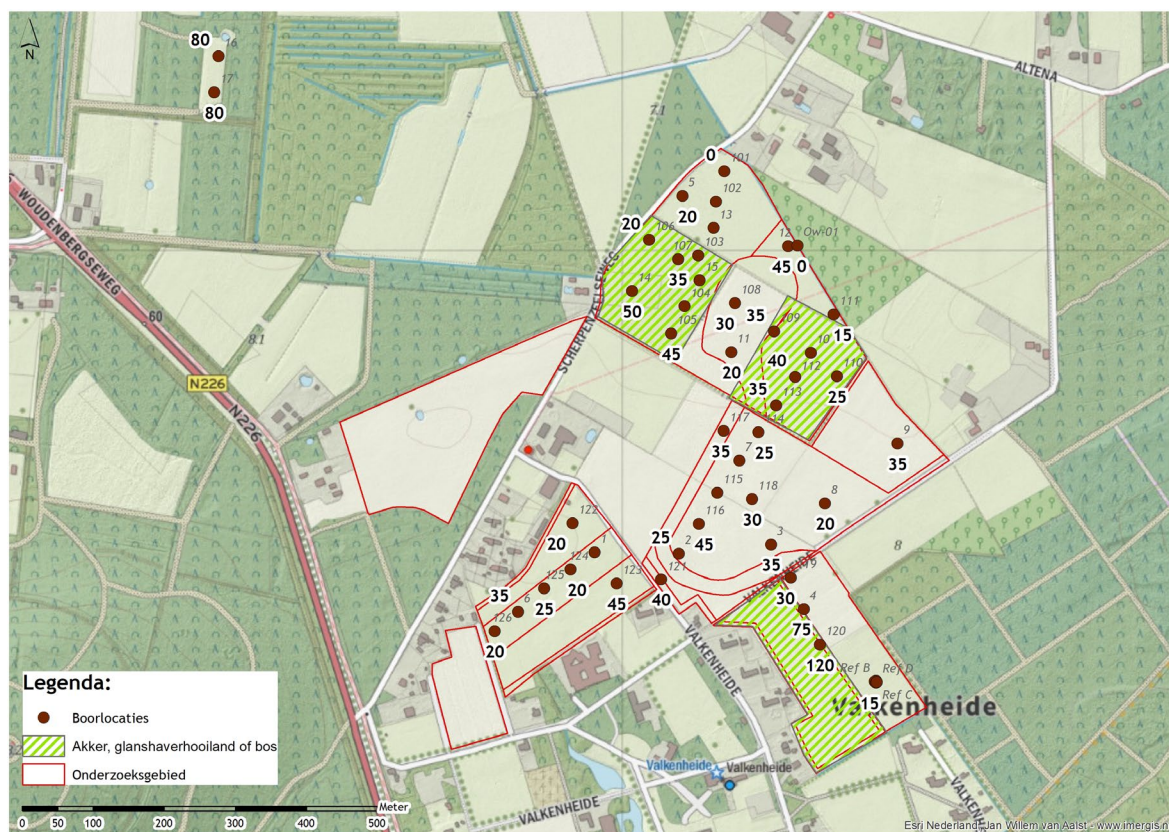
5. RESULTATEN BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het bodemchemisch onderzoek beschreven. In paragraaf 5.2 wordt het bodemtype en opbouw besproken. In paragraaf 5.3 en 5.4 worden de algemene bodemchemie en de hydrochemie toegelicht. In paragraaf 5.5 worden de kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur per locatie besproken en welke maatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. Ten slotte worden in paragraaf 5.6 enkele algemene aandachtspunten bij natuurontwikkeling gegeven.

5.2 Bodemtype

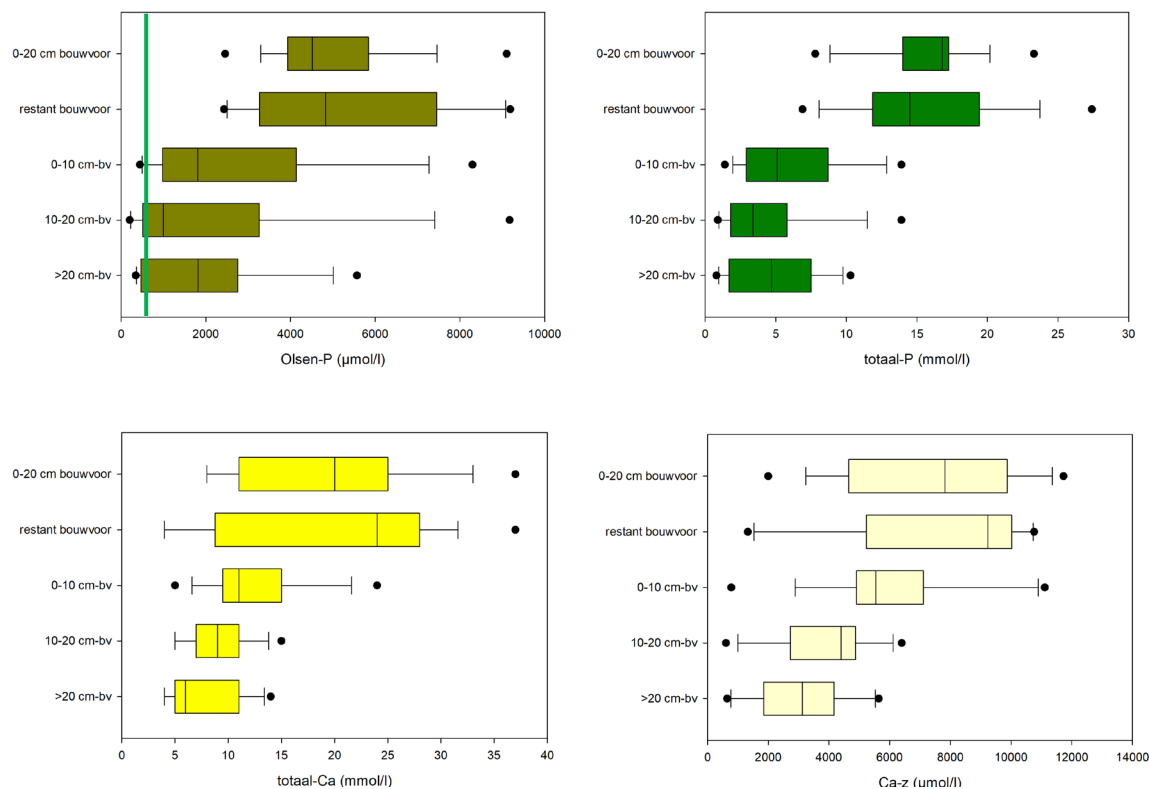
De bodem in Valkenheide bestaat uit zand tot op minimaal 150 cm-mv. Op slechts één locatie (locatie 125) is een ander bodemtype (matig veraard veen) aangetroffen op 55-95 cm-mv. De dikte van de bouwvoor varieert sterk in het gebied. Op de locaties met een relatief dikke bouwvoor wordt vermoed dat dit oude akkers betreft. Op deze percelen kan worden ingezet op de ontwikkeling van (soortenrijke) akkers, bos of glanshaverhooiland. De dikte van de A-horizont en de percelen die op basis van het bodemprofiel, in overleg met Bureau Natuurbalans, zijn aangewezen voor akker-, glanshaverhooiland- of bosontwikkeling worden weergegeven in Figuur 13.



Figuur 13. Overzicht van de dikte van de A-horizont per locatie in het gebied en de percelen die, op basis van de boorprofielen (in overleg met Bureau Natuurbalans), zijn aangewezen voor akker-, glanshaverhooiland- of bosontwikkeling.

5.3 Algemene bodemchemie

De totaal-P concentratie geeft de totale P voorraad in de bodem weer waarvan een (groot) deel op termijn weer beschikbaar kan komen voor planten (zeker bij een verandering van de redoxtoestand van de bodem door het nemen van vernattingsmaatregelen). Vanwege het feit dat planten wortelen in een bepaald bodemvolume en niet in een bepaalde bodemmassa worden de concentraties (gehalten) in deze rapportage uitgedrukt per liter verse bodem.

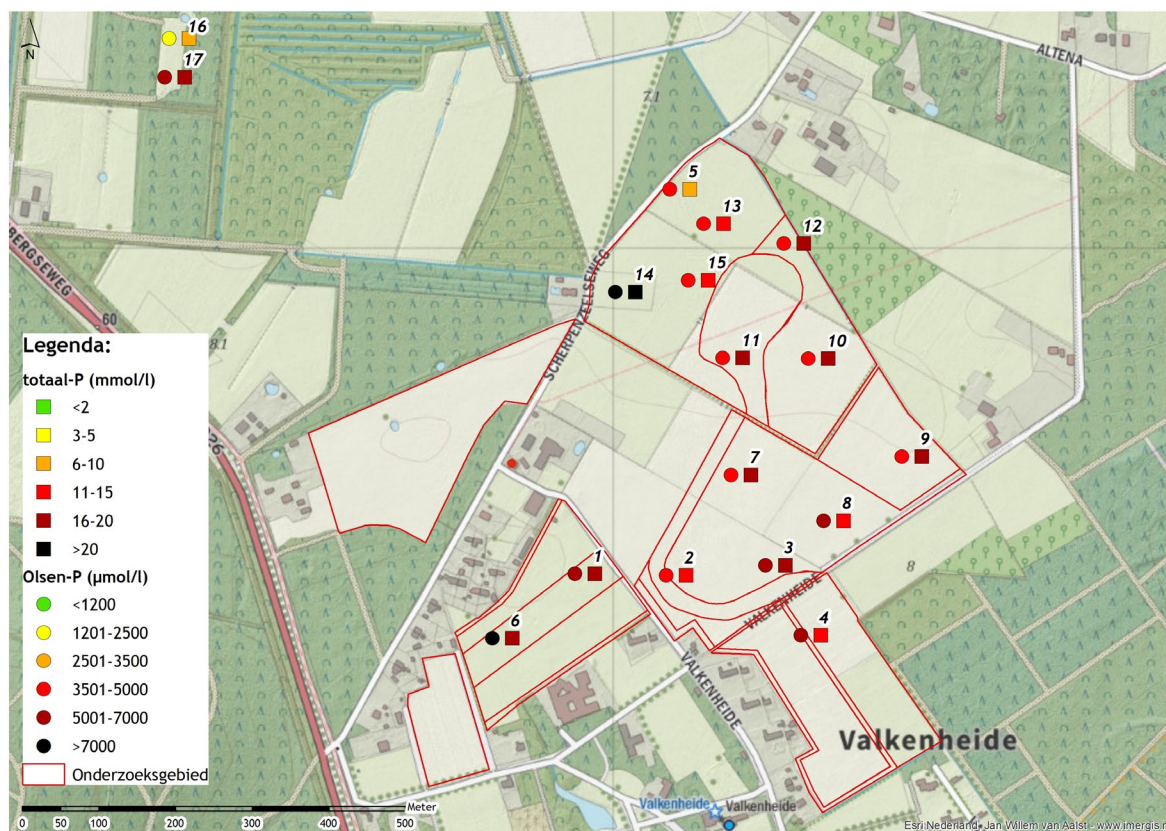


Figuur 14. Boxplots van de Olsen-P (inclusief bovengrens (groen) voor de ontwikkeling van heischraalgrasland: 500 µmol/l), totaal-P, - Ca en Ca-z voor de locaties in Valkenheide. In de boxplots is onderscheid gemaakt tussen 0-20 cm bouwvoor (n=17), restant bouwvoor (n= 18), 0-10 cm-bv (n=17), 10-20 cm-bv (n=13) en >20 cm-bv (n=11). De Whiskers (verticale lijnen) geven het bereik tussen het 10e en 90e percentiel. De verticale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer. De stippen geven de uitschieters weer.

De bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (plantbeschikbaar fosfaat: 2430-9190 µmol/l Olsen-P en 6,9-27,4 µmol/l totaal-P). De fosfaatconcentraties nemen sterk af onder de bouwvoor. Onder de bouwvoor (0-10 cm-bv) zijn de fosfaatconcentraties (445-8299 µmol/l Olsen-P en 1,4-13,9 µmol/l totaal-P) op 2 locaties voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een heischraalgrasland (<500 µmol/l). Op de overige locaties zijn de fosfaatconcentraties nog te hoog als gevolg van fosfaatspoeling en/of een diepere verstoring van het bodemprofiel, waardoor aanvullend verschrallingsbeheer vereist is na afgraven van de bouwvoor en er in eerste instantie een risico op verzuuring is. Onder 10 cm-bv nemen de fosfaatconcentraties over het algemeen verder af, al is de bodem lokaal op deze diepte ook nog fosfaatrijk, vooral locatie 6, 13 en 14 blijft in de diepte zeer sterk verrijkt (2515-5571 µmol/l Olsen-P en 3,4-10,3 µmol/l totaal-P). In Figuur 15 worden de fosfaatconcentraties van de toplaag (0-15/20 cm-mv) op een topografische kaart weergegeven.

De calciumconcentraties in het onderzoeksgebied nemen af in de diepte. De calciumconcentraties in de bouwvoor (gemiddeld: Ca-t 19 mmol/l en Ca-z 7.504 µmol/l) zijn over het algemeen hoger dan in de onderliggende bodemlagen (gemiddeld: Ca-t 10 mmol/l en Ca-z 4.626 µmol/l). Hogere

calciumconcentraties in de toplaag van voormalige landbouwgronden zijn meestal het gevolg van de bekalking tijdens het landbouwkundig gebruik.



Figuur 15. Overzicht van de fosfaatconcentraties van de toplaag op de locaties op een topografische kaart van het gebied.

Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur is het niet alleen van belang dat de fosfaatconcentraties laag genoeg zijn, maar ook de concentratie stikstof mag niet te hoog zijn.

De toplaag is wisselend verrijkt met nitraat, al zijn de concentraties niet extreem hoog (gemiddeld $216 \mu\text{mol/l NO}_3^-$). De hoogste nitraatconcentraties in de toplaag zijn gemeten op locatie 1, 6, 12, 13, 16 en 17 ($210\text{-}543 \mu\text{mol/l NO}_3^-$). Over het algemeen zijn hogere stikstofconcentraties het gevolg van bemesting (in recente jaren) en/of de mineralisatie van organisch stof (veen), in het huidige gebied zal voornamelijk bemesting een oorzaak voor de hogere stikstofconcentraties zijn. Hoge stikstofconcentraties zijn vaak een minder groot probleem voor de beoogde natuurontwikkeling dan fosfaat. Nitraat is, in tegenstelling tot fosfaat, relatief mobiel en kan als gevolg van uitspoeling (naar het grondwater, daar kan het leiden tot sulfaatverrijking en lagere concentraties opgelost ijzer) en denitrificatieprocessen op een natuurlijke manier uit het systeem verdwijnen (zie ook Figuur 2). In percelen die langer uit landbouwkundig gebruik zijn en verschaald worden zijn de nitraat- en P-zout concentraties vaak lager in vergelijking met percelen in landbouwkundig gebruik.

5.4 Hydrochemie

In deze paragraaf worden de grondwaterstanden en de waterkwaliteit besproken op basis van het hydrochemisch onderzoek en de afgelezen grondwaterstanden vanaf het boorprofiel.

Welke natte natuurbeheertypen zich daadwerkelijk in het gebied kunnen ontwikkelen is naast de voedselrijkdom van de bodem, de mate van buffering van de bodem en het bodemtype ook afhankelijk van de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater. In Tabel 4 wordt een overzicht gegeven van de grondwaterstanden (GLG en GHG) die passen bij verschillende vochtige tot natte, relatief voedselarme natuurtypen. Voor de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuurtypen is grondwaterinvloed in het maaiveld vereist van circa oktober tot en met maart. In de zomerperiode dient de bodem beperkt droog te vallen.

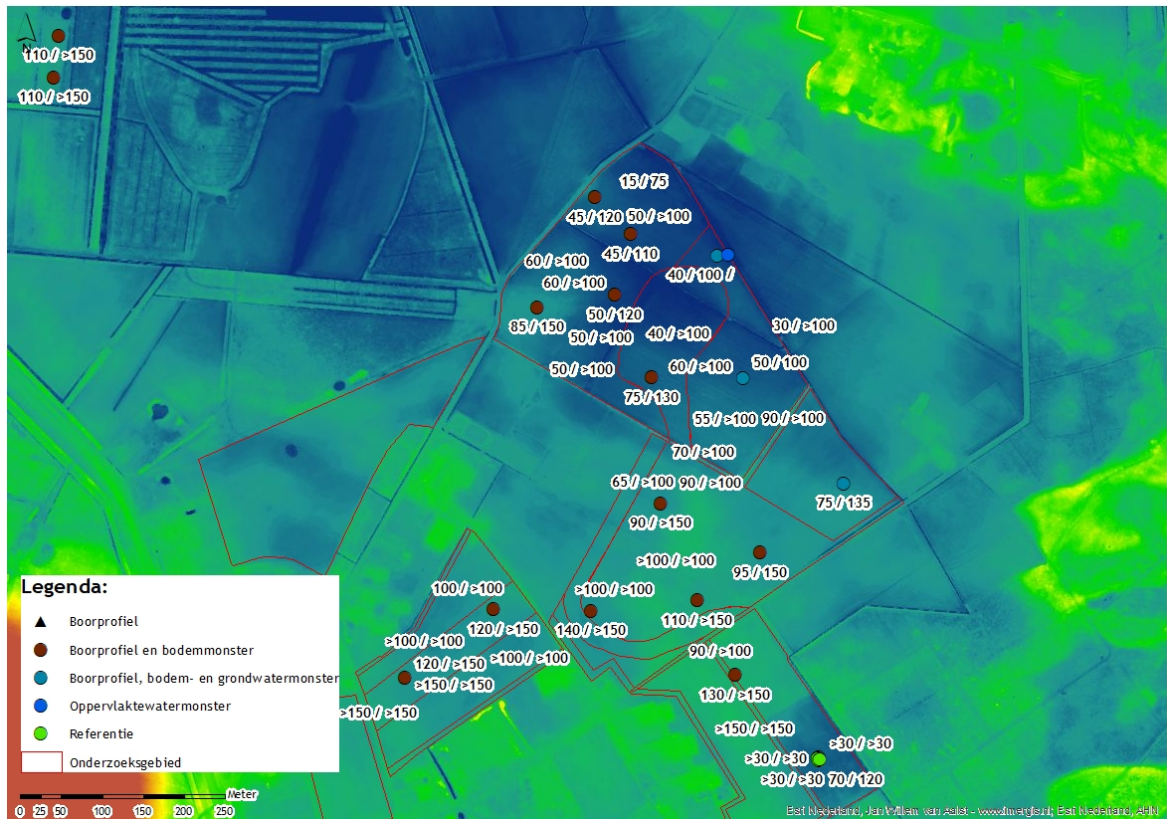
Tabel 7. Gemiddelde hoogste (GHG) en laagste (GLG) grondwaterstand, pH-H₂O en fosfaatconcentraties in de bodem van enkele natte (grondwaterafhankelijke) natuurbeheertypen (optimumranges). Droge natuurbeheertypen, zoals droge heide en droog heischraal grasland, zijn niet afhankelijk van grondwaterinvloed. Bronnen: Ertsen e.a. (2005); Onderzoekcentrum B-WARE, niet gepubliceerde data; De Becker (2004). Onder zeer ijzerrijke omstandigheden kunnen bij een optimale ontwikkeling ook hogere fosforconcentraties voorkomen (aangegeven tussen haakjes).

Natuurbeheertype	Specificatie	GHG (cm)	GLG (cm)	pH-H ₂ O	Olsen-P (umol/l FW)	totaal-P (mmol/l FW)
Hoogveen		10 + mv	5 -mv	3.5-5	100-300	0.5-2.5
Vochtige heide		10+ tot 20- mv	20- tot 50- mv	3.5-5	100-500	0.5-2.5
Schraalgrasland			40- tot 120 - mv			
	Nat heischraal grasland	0 tot 40- mv	40- tot 120 - mv	4.5-6	150-400	1-3
	Kleine zeggenmoeras (Verbond van Zwarte zegge)	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	4.5-6.5	100-500	1-6
	Blauwgrasland	0 tot 25- mv	40- tot 80- mv	5-6.5	200-500	2-10 (tot 20)
Vochtig hooiland	Dotterbloemhooiland / Veldruischraalland	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
		20+ tot 0 mv	10+ tot 50- mv			
Moeras	Grote zeggenmoeras	20+ tot 0 mv	10+ tot 40- mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
	Rietmoeras	10+ tot 0 mv	40- tot 80- mv	>5	-	-
Hoog- en laagveenbos	Berkenbroekbos	10+ tot 0 mv	40- tot 80- mv	<5	200-600	1-5
	Elzenbroekbos	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	5-6.5	300-800 (tot 1200)	5-20 (tot 50)

De gemiddeld laagste (GLG) en gemiddeld hoogste (GHG) grondwaterstand werd afgeleid uit het bodemprofiel. Dit geeft een globale indicatie van de fluctuatie van de grondwaterstand. De verschillen zijn zeer groot. De afgeleide GLG varieert van 75 tot >150 cm-mv en de GHG van 30 tot >150 cm-mv. In Figuur 16 worden afgeleide grondwaterstanden weergegeven op een topografische kaart. Zie Tabel 1 voor een overzicht per locatie. Hieruit is af te leiden dat voornamelijk het noorden van het gebied lage(re) grondwaterstanden heeft (voornamelijk GLG 100-120 cm-mv en GHG 45-60 cm-mv) in vergelijking met de rest van het gebied (voornamelijk: GLG >100->150 cm-mv en GHG 90->150 cm-mv).

De grondwaterkwaliteit is van invloed op de vegetatieontwikkeling in een gebied. Voor de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke (zwak)gebufferde natuurtypen is vooral de mate van buffering van het grondwater relevant. Voor de ontwikkeling van bijvoorbeeld blauwgraslanden en dotterbloemhooilanden is vereist dat grondwater gedurende een langere periode (circa oktober t/m april) in het maaiveld uittreedt. Door de aanrijking met basen wordt (verdere) verzuring van de toplaag tegengegaan. Wanneer ook ijzer wordt aangevoerd kan dit leiden tot fosfaatimmobilisatie. Door te zorgen voor voldoende afvoer van regenwater middels ondiepe, reguleerbare greppels of via laagtes in het landschap (mits deze laagte hydrologisch optimaal functioneert) wordt voorkomen dat het grondwater lokaal wordt verdund of 'weggedrukt' door

regenwater. Het is zaak voldoende doorstroming te creëren met droogval van de toplaag in de zomerperiode.



Figuur 16. Overzicht van de afgeleide grondwaterstanden (GLG/GHG) per locatie in het onderzoeksgebied op een hoogtekarte.

Wanneer het grondwater niet hoog en/of lang genoeg in de toplaag van de bodem doordringt om aanrijking van de basenvoorraad te bewerkstelligen ter compensatie van de zuurvorming die plaatsvindt als gevolg van oxidatieprocessen in de toplaag (de vereiste periode is afhankelijk van de buffering en de Ca+Mg-concentraties van het grondwater) zal de bodembuffering afnemen. Zowel de mate van buffering als het aantal weken dat grondwater in het maaiveld uittreedt, is hierop van invloed. Zwak tot matig gebufferd grondwater is in principe geschikt voor de ontwikkeling van nat schraalland (heischraal grasland, blauwgrasland, veldrusschraalland). Onder zeer ijzerrijke (en veelal wat meer gebufferde) omstandigheden kan een vochtig hooiland (dotterbloemhooiland) tot ontwikkeling komen. Een goede parameter voor de mate van buffering is de bicarbonaatconcentratie (HCO_3^-) van het grondwater.

Voor het hydrochemisch onderzoek zijn 3 grondwaterwatermonsters en is 1 oppervlaktewatermonster in het gebied verzameld en geanalyseerd (zie Figuur 5 en Figuur 6). De resultaten worden weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8. Kwaliteit van het water in het onderzoeksgebied. In de zijn de concentraties weergegeven in $\mu\text{mol/l}$. EGV = Elektrisch Geleidingsvermogen in $\mu\text{S/cm}$. Turb = turbiditeit in Nephelometric Turbidity Unit (NTU).

Code	Type	pH	Alk	EGV	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al	Ca	Fe	Mg	P	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻
gw 09	GW	5,7	-	114	1968	367	254	441	1	70	4,1	124	168,8	5,2	-	393	8	142
gw 10	GW	5,9	-	394	2174	730	302	1392	4	262	9,7	496	1093,1	5,7	-	1299	32	1343
gw 12	GW	5,8	-	198	3162	925	622	995	16	509	21,3	443	3,7	11,3	-	137	18	137
ow	OW	6,7	1,1	216	402	831	35	685	16	296	5,7	314	1,0	22,3	0,5	553	85	620

Het oppervlaktewater is matig-goed gebufferd (pH: 6,7, HCO₃⁻ 831 $\mu\text{mol/l}$ en alkaliniteit 1,1 meq/l). De (ortho-)fosfaatconcentratie in het water is relatief laag (0,5 $\mu\text{mol/l}$ PO₄⁺). Het water is zwak-matig sulfaathoudend.

Op 3 locaties in het onderzoeksgebied is het freatische grondwater eenmalig bemonsterd uit een boorgat. Het bemonsterde grondwater is gebufferd (1968-3162 $\mu\text{mol HCO}_3^-/\text{l}$, Ca 441-1392 $\mu\text{mol/l}$; Tabel 8). Het grondwater is arm aan ijzer (1-16 $\mu\text{mol/l}$). De nitraatconcentratie in het grondwater verschilt lokaal sterk. Op locatie 12 is het grondwater nitraatarm (3,7 $\mu\text{mol/l NO}_3^-$), op locatie 9 verrijkt (168,8 $\mu\text{mol/l NO}_3^-$) en op locatie 10 zeer sterk verrijkt met nitraat (1093,1 $\mu\text{mol/l NO}_3^-$). Het grondwater is tevens matig verrijkt met sulfaat. Dit kan duiden op pyrietoxidatie door nitraatuitspoeling. Nitraatrijk grondwater is overwegend ijzerarm omdat opgelost ijzer oxideert door nitraat en daarmee dieper in de bodem neerslaat en uit het grondwater verdwijnt. De fosforconcentraties in het grondwater zijn laag tot matig verrijkt (4,1-21,3 $\mu\text{mol/l P}$). Voornamelijk op locatie 12 werden verhoogde fosforconcentraties in het grondwater gemeten. Het is de verwachting dat de nitraat- en fosforconcentraties afnemen wanneer de landbouwkundige activiteiten stoppen en/of de voedselrijke toplaag wordt afgegraven. Het betreft slechts een eenmalige meting om een indicatie te krijgen van de grondwaterkwaliteit. Een uitgebreide (eco)hydrologische analyses maakt geen onderdeel uit van het onderzoek.

5.5 Kansen voor natuurontwikkeling

5.5.1. Inleiding en bodemchemische data

In de komende subparagrafen wordt op basis van bodemtype, bodemchemie en grondwaterstanden de kansen voor natuurontwikkeling voor de locaties besproken. Op basis van de dikte van de bouwvoor zijn verschillende ontwikkelingsdoelen gesteld, de data worden per ontwikkelingsdoel besproken. Zie Tabel 9 voor de bodemchemische data. Op basis van de bodemchemische condities wordt gekeken welke maatregelen nodig zijn voor de ontwikkeling van de beoogde natuurtypen. Het is aan de opdrachtgever om uiteindelijk te kiezen welke maatregelen passen binnen het op te stellen inrichtingsplan. Wanneer keuzes moeten worden gemaakt voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde, soortenrijke natuurtypen, heeft het de voorkeur om een kleiner oppervlak goed in te richten dan op een groter oppervlak voor 'half werk' te kiezen. Dit laatste levert over het algemeen vooral teleurstellingen op (verruiging met pitrus, noodzaak voor aanvullende beheer, risico op watercrassa, etc.) en is uiteindelijk zonde van de inspanningen en gemaakte kosten. Daarnaast moet een eventuele ontgronding passen in het (eco)hydrologische systeem.

Per locatie worden de ontwikkelingsmogelijkheden toegelicht. Wanneer na een ontgronding aanvullend verschrallingsbeheer nodig is betekent dit dat de P-concentraties nog onvoldoende laag zijn waardoor er kans is op verruiging in de vorm van pitrusontwikkeling onder vochtige condities. Des te hoger het aantal jaren aanvullend beheer is dat nodig is, des te groter dit risico is. De ontwikkeling van pitrus kan (deels) worden onderdrukt door na ontgronding maaisel uit een referentieterrein op te brengen.

Tabel 9. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) op de locaties in Valkenheide. Voor de uitleg van de parameters en de gebruikte kleurarceringen zie Tabel 3.

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	OLS-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M5
1	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	5	11	0,9	6464	16,8	149	10	19	5	9	7	508	1998	454	897	4,0	73	19	226	79	89
	20-40	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	7	11	1,0	7553	16,9	157	4	20	4	5	4	674	1328	414	494	4,1	59	5	363	58	90
	40-55	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	7	11	1,0	4193	10,2	144	9	17	4	7	3	265	5445	519	1631	4,7	92	3	253	16	36
	55-65	zand, omgew.	BC	3	10	1,1	1624	4,4	190	8	16	4	8	2	253	4684	493	920	4,7	92	0	156	14	6
2	0-15	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	5	10	1,1	4516	14,9	133	27	23	5	9	6	21	9615	768	2124	5,4	97	21	249	579	58
	15-25	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	5	10	1,0	3634	12,3	125	27	19	4	8	4	23	9592	684	1912	5,7	99	13	150	61	31
	25-35	zand	BC	2	5	1,2	1252	3,8	190	10	23	4	13	2	41	5010	671	1033	5,5	99	2	48	21	4
	35-45	zand	BC	1	9	1,1	1273	3,5	161	7	23	4	13	1	73	2544	685	362	5,1	95	1	69	18	3
	45-55	zand	C	1	5	1,3	1816	6,3	175	14	26	5	14	2	250	1271	639	182	4,6	77	0	92	16	12
3	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	6	15	0,9	5235	16,0	126	12	16	3	5	7	245	4966	313	1155	4,4	92	10	210	66	84
	20-35	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	5	13	0,9	4817	12,7	154	13	14	4	4	5	219	7905	404	1950	4,7	95	2	96	35	48
	35-50	zand, matig siltig en humeus	B	6	14	1,0	1527	5,1	252	21	10	5	9	4	110	10840	521	2723	4,9	98	1	95	44	12
	50-60	zand	BC	2	6	1,2	998	3,4	226	12	17	4	11	2	62	5690	402	899	5,1	98	0	178	9	3
4	0-25	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	5	10	1,1	6405	15,0	138	13	19	3	7	5	114	6228	265	966	4,6	96	19	83	108	98
	25-50	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	4	9	1,2	9190	18,7	145	4	18	3	4	5	939	1865	267	145	3,9	53	40	83	21	127
	50-75	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	3	9	1,2	7946	19,5	157	4	36	3	5	4	757	1556	268	87	4,1	55	11	116	21	132
	75-90	zand, matig siltig	B	1	5	1,3	3020	6,8	188	5	28	4	12	2	584	781	271	59	4,4	46	1	43	13	20
	90-100	zand	C	1	5	1,3	735	2,7	179	5	29	4	16	1	407	606	255	43	4,6	49	0	27	6	1
5	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	6	13	1,1	3703	7,8	69	20	5	3	7	5	29	10127	172	4992	4,9	99	144	189	155	33
	20-35	zand, matig siltig en humeus	B	4	13	1,1	8299	13,9	161	16	11	5	13	4	50	7014	160	4195	4,7	99	102	11	29	53
	35-45	zand, matig siltig en humeus	B	4	14	1,1	4411	6,8	196	9	19	5	17	5	167	5289	180	3321	4,4	96	9	13	32	14
	45-55	zand	BC	2	12	1,3	706	1,6	183	5	20	4	15	4	420	1849	215	1211	4,4	80	0	5	19	0
6	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	4	9	1,0	7044	18,5	111	8	33	4	7	7	353	3550	453	1010	3,9	81	62	543	112	100
	20-35	zand, matig siltig en humeus	AE	3	9	1,1	6922	11,6	82	7	12	2	2	3	220	4795	274	755	4,1	89	66	400	52	43
	35-45	zand, matig siltig en humeus	B	4	10	1,1	9173	13,9	129	5	7	3	3	4	412	4393	268	872	3,9	84	113	447	44	36
	45-55	zand, matig siltig en humeus	B	3	8	1,1	5571	10,3	177	6	13	5	7	3	475	3121	313	582	4,0	78	46	286	76	24
	55-65	zand	BC	2	6	1,1	2517	4,7	167	4	18	4	9	2	630	645	235	117	4,3	42	2	116	9	7
7	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	5	13	1,0	4023	16,8	134	32	13	3	8	5	10	10847	464	2986	5,5	100	11	143	60	89
	20-40	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	5	15	1,0	3142	12,4	143	31	13	3	7	4	7	10760	305	2904	5,6	100	4	129	40	62
	40-50	zand, matig siltig	B	4	15	1,1	706	2,5	206	16	10	5	9	4	33	11111	503	2429	5,2	99	0	140	27	0
	50-60	zand, matig siltig	B	2	11	1,1	608	2,2	169	10	12	3	8	3	46	4454	297	866	5,1	98	0	77	24	0
8	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	4	10	1,1	5148	14,1	150	8	16	4	8	5	323	4099	518	998	4,4	89	9	153	81	72
	20-35	zand, omgew.	E	1	5	1,3	2556	7,6	144	11	19	4	13	3	40	3414	492	461	5,0	97	5	172	49	24
	35-45	zand, omgew.	E	1	5	1,3	1504	4,8	151	9	21	5	15	2	67	2916	482	424	5,1	96	1	171	15	7
	45-55	zand, matig siltig	BC	2	10	1,2	417	1,7	200	11	17	5	12	3	46	5054	476	881	5,2	98	0	248	15	0
9	0-20	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	6	17	1,0	4460	17,2	251	20	22	6	14	6	74	8508	733	2392	4,8	98	3	167	74	92
	20-35	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	5	17	1,1	3306	13,7	364	23	28	8	19	6	91	10277	467	2040	5,0	98	1	194	60	53
	35-45	zand, matig siltig	BC	2	10	1,3	701	2,5	248	10	23	6	17	3	63	5281	283	656	5,1	98	0	155	15	0
	45-55	zand	C	1	9	1,3	254	1,4	150	7	25	5	16	1	34	1590	213	189	5,2	96	0	94	14	0
10	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	3	17	1,3	3505	17,2	140	22	19	5	8	7	19	8774	1065	2158	5,5	99	5	191	62	92
	20-35	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	2	16	1,3	2508	11,1	168	20	19	5	9	5	20	7480	884	1587	5,7	99	3	104	47	40
	35-50	zand	BC	1	13	1,3	445	1,4	133	12	18	3	11	1	21	5938	666	759	5,9	99	0	22	29	0
	50-60	zand	C	1	15	1,4	203	0,9	135	10	21	4	13	1	18	3886	546	546	6,0	99	0	6	35	0
11	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	6	19	1,1	4517	16,9	114	37	16	3	8	9	42	11729	1425	3212	5,4	99	12	147	78	90
	20-30	zand, matig siltig en humeus	B	4	14	1,2	1807	4,4	111	24	8	3	5	4	72	9626	1102	2057	5,4	99	2	76	45	6
	30-40	zand, matig siltig	BC	3	12	1,1	405	1,1	130	15	8	3	6	3	77	6398	652	1220	5,3	98	0	22	28	0
	40-50	zand, matig siltig	BC	2	11	1,3	345	0,8	135	10	14	3	9	2	122	3813	520	596	5,0	95	1	10	25	0
12	0-15	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	9	26	0,8	3842	17,3	76	29	12	2	10	12	29	11277	107	4409	4,9	98	175	266	248	69
	15-30	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	3	17	1,2	6355	23,3	115	28	25	3	10	5	25	10007	163	3124	5,3	99	133	135	138	98
	30-45	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	3	18	1,2	7417	27,4	133	37	17	3	11	6	28	10047	186	2856	5,5	99	93	96	74	117
	45-60	zand, matig siltig	BC	1	15	1,3	1570	3,3	137	12	18	3	14	2	42	5541	222	1666	5,6	99	35	14	36	4
	60-70	zand	C	1	13	1,3	898	2,6	129	12	19	3	14	2	56	4399	228	1321	5,7	98	2	7	44	0
13	0-15	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	6	20	0,9	4166	13,9	76	20	13	2	8	9	41	7818	157	2715	4,7	98	124	291	106	53
	15-30	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	4	16	1,2	5423	16,4	117	28	19	3	10	8	33	9858	166	2421	5,1	99	54	271	62	65
	30-45	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	4	17	1,2	6061	15,3	112	25	15	3	9	7	34	9514	164	2417	5,1	99	50	222	63	60
	45-55	zand	BC	1	13	1,3	5081	9,3	112	11	18	3	10	2	23	6314	210	1432	5,5	99	39	31	33	21
	55-65	zand	BC	1	11	1,3	2115	3,4	110	8	19	3	13	1	42	3734	187	1097	5,4	98	41	9	34	3
14	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	11	14	0,9	9104	23,3	128	15	21	6	8	8	44	6854	2186	4932	4,6	98	187	190	43	130
	20-35	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	11	16	0,9	9064	20,7	105	13	28	5	7	20	140	5970	2787	2481	4,2	95	172	210	85	85
	35-50	zand, sterk siltig en humeus	A	8	16	0,9	7009	12,6	109	10	11	4	3	5	234	5113	2801	1581	4,1	92	55	75	30	48
	50-60	zand, matig siltig	B	5	15	1,1	4749	7,9	143	7	8	6	5	4	348	4443	2538	1426	4,2	88	18	39	20	17
15	0-20	zand, matig siltig en humeus, omge	A	4	14	1,1	5000	12,8	118	12	16	5	11	5	27	6628	1334	3335	5,2	99	112	47	66</	

Nr	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	OLS-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z	M5
16	0-20	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	10	23	0,8	2455	9,1	148	9	14	3	6	15	572	4337	267	406	4,3	81	3	295	62	41
	20-30	zand, matig siltig en humeus, bv	AP	6	19	0,9	2675	8,2	131	8	13	2	5	12	246	4603	265	288	4,5	90	3	182	39	18
	30-50	zand, sterk siltig en humeus	A	10	21	1,0	3188	8,1	122	14	17	3	6	8	179	7213	1318	3619	4,2	95	5	176	72	35
	50-70	zand, sterk siltig en humeus	A	10	23	0,9	2751	7,6	131	11	18	6	6	9	368	5640	2891	3302	4,0	91	4	153	68	32
	70-80	zand, sterk siltig en humeus	A	9	21	0,9	2754	7,5	127	8	17	6	4	9	458	4169	3915	1508	4,0	74	3	67	2078	15
	80-90	zand, matig siltig	B	7	17	1,2	1780	4,2	124	5	14	6	4	6	651	2593	2621	660	4,0	61	1	15	1711	5
17	0-20	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	6	21	1,0	5274	19,4	133	23	24	3	9	10	68	9381	302	1120	4,7	96	28	277	128	106
	20-40	zand, sterk siltig, matig humeus, bv	AP	10	22	0,9	4228	12,1	105	27	22	2	8	10	61	10020	390	2501	4,7	96	23	439	103	60
	40-60	zand, sterk siltig en humeus	A	10	18	1,0	2248	6,1	138	9	19	4	6	8	236	6979	1700	3976	4,2	76	6	70	5445	23
	60-80	zand, sterk siltig en humeus	A	11	20	0,9	469	5,2	102	6	14	3	3	7	492	4170	2064	1304	4,0	52	6	4	8083	0
	80-90	zand, matig siltig	B	4	13	1,2	2267	1,7	129	4	12	4	5	4	654	2266	1368	541	4,0	41	3	5	5653	0

5.5.2. Ontwikkelingsmogelijkheden voor akker, glanshaverhooiland en bos

Op basis van de dikte van de bouwvoor/ A-horizont van het gehele perceel heeft Natuurbalans aangegeven om de ontwikkeling ter hoogte van de locaties 4, 10, 14 en 15 te richten op akker, glanshaverhooiland of bos. Onder droge condities (in combinatie met lage nitraat- en/of P-z concentraties) kan mogelijk ook een kruidenrijk grasland worden ontwikkeld door middel van alternatieve/experimentele maatregelen onder P-rijkere condities (inzaaien gras-kruidenmengsel).

Locatie 4 GHG 110 cm-mv, GLG >150 cm-mv

Op locatie 4 is een forse bouwvoor aanwezig (0-75 cm-mv). De bouwvoor is zwak calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 4-13 mmol/l, Ca-z: ± 1.550 -6.250 $\mu\text{mol/l}$ en Fe-t: 18-36 mmol/l). De gehele bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 6405-9190 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 15,0-19,5 mmol/l). Pas op 90 cm-mv wordt een relatief fosfaatarme bodem aangetroffen (Olsen-P: 735 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 2,7 mmol/l). Door de sterke fosfaatverrijking (en de lage mate van buffering) is de ontwikkeling van een glanshaverhooiland niet waarschijnlijk. Op de toplaag is de ontwikkeling van een bos met een verruigde en soortenarme ondergroei of een kruidenrijke akker mogelijk. Het organisch stofgehalte en de labiele nutriëntenconcentraties zijn gunstig voor de ontwikkeling van een akker (OS: 4-5%, P-z: 19-40 $\mu\text{mol/l}$ en NO₃: 83 $\mu\text{mol/l}$).

Advies: op de toplaag een kruidenrijke akker of bos met verruigde en soortenarme ondergroei ontwikkelen.

Locatie 10 GHG 50 cm-mv, GLG 100 cm-mv

De bouwvoor (0-35 cm-mv) is zwak-matig calciumhoudend en zwak ijzerhoudend (Ca-t: 20-22 mmol/l, Ca-z: ± 7.500 -8.800 $\mu\text{mol/l}$ en Fe-t: 19 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2508-3505 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 11,1-17,2 mmol/l). Op 35 cm-mv is een fosfaatarme bodem aangetroffen (Olsen-P: 445 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 1,4 mmol/l) die eventueel ook geschikt is voor de ontwikkeling van een heischraalgrasland. Door de lage mate van buffering lijkt de ontwikkeling van een glanshaverhooiland op de toplaag niet waarschijnlijk. Op de toplaag is de ontwikkeling van een bos met een verruigde en soortenarme ondergroei of een kruidenrijke akker mogelijk. Het organisch stofgehalte en de labiele nutriëntenconcentraties zijn gunstig voor de ontwikkeling van een akker (OS: 2-3%, P-z: 3-5 $\mu\text{mol/l}$ en NO₃: 104-191 $\mu\text{mol/l}$).

Advies: op de toplaag een kruidenrijke akker of bos met verruigde en soortenarme ondergroei ontwikkelen.

.....
Locatie 14 GHG 85 cm-mv, GLG 150 cm-mv

De A-horizont op locatie 14 is 50 cm dik. De bouwvoor (0-35 cm-mv) is zwak-matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 13-15 mmol/l, Ca-z: $\pm 5.950-6.850$ $\mu\text{mol/l}$ en Fe-t: 21-28 mmol/l). De bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 9064-9104 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 20,7-23,3 mmol/l). Tot op 60 cm-mv is geen fosfaatarme bodem aangetroffen. Door de sterke fosfaatverrijking en de lage mate van buffering is de ontwikkeling van een glanshaverhooiland niet waarschijnlijk. Op de toplaag is de ontwikkeling van een bos met een verruigde en soortenarme ondergroei of een kruidenrijke akker mogelijk. Het organisch stofgehalte en de labiele nutriëntenconcentraties, met name de labiel P-concentratie, zijn nog te hoog (OS: 11%, P-z: 172-187 $\mu\text{mol/l}$ en NO_3^- : 190-210 $\mu\text{mol/l}$).

Advies: op de toplaag een kruidenrijke akker of bos met verruigde en soortenarme ondergroei ontwikkelen.

Locatie 15 GHG 50 cm-mv, GLG 120 cm-mv

De A-horizont op locatie 15 is 60 cm dik. De A-horizont is zwak-matig calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 12-29 mmol/l, Ca-z: $\pm 6.650-10.700$ $\mu\text{mol/l}$ en Fe-t: 16-22 mmol/l). De A-horizont is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2430-5000 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 6,9-19,4 mmol/l). Pas op 60 cm-mv is een fosfaatarme bodem aangetroffen (Olsen-P: 508 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 2,1 mmol/l). Door de sterke fosfaatverrijking en de lage mate buffering is de ontwikkeling van een glanshaverhooiland niet waarschijnlijk. Op de toplaag is de ontwikkeling van een bos met een verruigde en soortenarme ondergroei of een kruidenrijke akker mogelijk. Het organisch stofgehalte is gunstig voor de ontwikkeling van een akker (3-4%). De labiele nutriëntenconcentraties zijn nog te hoog (P-z: 17-112 $\mu\text{mol/l}$ en NO_3^- : 47-227 $\mu\text{mol/l}$).

Advies: op de toplaag een kruidenrijke akker of bos met verruigde en soortenarme ondergroei ontwikkelen.

5.5.3. Ontwikkelingsmogelijkheden voor fosfaatgelimiteerde vegetatietypen

Locatie 1 GHG 120 cm-mv, GLG >150 cm-mv

De bouwvoor is (0-55 cm-mv) is zwak calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 4-10 mmol/l, Ca-z: $\pm 1.350-5.450$ $\mu\text{mol/l}$ en Fe-t: 17-20 mmol/l). De gehele bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4193-6464 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 10,2-16,9 mmol/l). Pas op 55 cm-mv wordt een relatief fosfaatarme bodem aangetroffen (Olsen-P: 1624 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 4,4 mmol/l). Door de diepte van het fosfaatfront wordt geadviseerd om het ambitieniveau aan te passen en te richten op een ontwikkeling op de toplaag. Op de toplaag is de ontwikkeling van een bos met een verruigde en soortenarme ondergroei of een kruidenrijke akker mogelijk. Het organisch stofgehalte en de nitraatconcentraties zijn nog te hoog, de labiel-P concentratie is wel gunstig voor de ontwikkeling van een akker (OS: 5-7%, P-z: 5-19 $\mu\text{mol/l}$ en NO_3^- : 226-363 $\mu\text{mol/l}$). Ontwikkeling van een kruiden- en faunarijke grasland behoort ook tot de mogelijkheden.

Advies: ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van een kruidenrijke akker of bos met verruigde en soortenarme ondergroei op de toplaag.

.....
Locatie 2 GHG 140 cm-mv, GLG >150 cm-mv

De bouwvoor (0-25 cm-mv) is matig calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 27 mmol/l, Ca-z: $\pm 9.600 \mu\text{mol/l}$ en Fe-t: 19-23 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3634-4516 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 12,3-14,9 mmol/l). Onder de bouwvoor is de bodem matig verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1252 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 3,8 mmol/l) en is de ontwikkeling van een heide/heischraalgrasland mogelijk na 13 jaar maaien en afvoeren (Ca-t: 7-10 mmol/l en Ca-z: $\pm 2.550-5.000 \mu\text{mol/l}$). Door de nog verhoogde fosfaatconcentraties is er kans op verzuuring na afgraving. Na afgraving van wordt een eenmalige bekalking met 2000 kg Dolokal/ha geadviseerd.

Advies: 25 cm afgraven en 13 jaar maaien en afvoeren t.b.v. de ontwikkeling van een heide/heischraalgrasland (risico op verzuuring; eenmalige bekalking geadviseerd met Dolokal).

Locatie 3 GHG 110 cm-mv, GLG >150 cm-mv

De bouwvoor (0-35 cm-mv) is zwak-matig calciumhoudend en zwak ijzerhoudend (Ca-t: 12-13 mmol/l, Ca-z: $\pm 4.950-7.900 \mu\text{mol/l}$ en Fe-t: 14-16 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4817-5235 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 12,7-16,0 mmol/l). Onder de bouwvoor is de bodem matig verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1527 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 5,1 mmol/l) en is de ontwikkeling van een heischraalgrasland mogelijk na 15 jaar maaien en afvoeren (Ca-t: 21 mmol/l en Ca-z: $\pm 10.850 \mu\text{mol/l}$). Door de nog verhoogde fosfaatconcentraties, met name de Olsen-P concentratie, is er kans op verzuuring na afgraving.

Advies: 35 cm afgraven en 15 jaar maaien en afvoeren t.b.v. de ontwikkeling van een heischraalgrasland (risico op verzuuring).

Locatie 5 GHG 45 cm-mv, GLG 120 cm-mv

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is zwak-matig calciumhoudend en zwak ijzerhoudend (Ca-t: 20 mmol/l, Ca-z: $\pm 10.150 \mu\text{mol/l}$ en Fe-t: 5 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3703 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 7,8 mmol/l). Op 35 cm-mv is bodem matig verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4411 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 6,8 mmol/l) en is de ontwikkeling van een heide/heischraalgrasland mogelijk na 14 jaar maaien en afvoeren (Ca-t: 9 mmol/l en Ca-z: $\pm 5.300 \mu\text{mol/l}$). Door de nog verhoogde fosfaatconcentraties, met name de Olsen-P concentratie, is er kans op verzuuring na afgraving. Na afgraving van wordt een eenmalige bekalking met een kaliumhoudend steenmeel geadviseerd (1000 kg/ha).

Advies: 35 cm afgraven en 14 jaar maaien en afvoeren t.b.v. de ontwikkeling van een vochtige heide/heischraalgrasland (risico op verzuuring; eenmalige bekalking geadviseerd met K-houdend steenmeel).

Locatie 6 GHG >150 cm-mv, GLG >150 cm-mv

De bouwvoor is (0-20 cm-mv) is zwak calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 8 mmol/l, Ca-z: $\pm 3.550 \mu\text{mol/l}$ en Fe-t: 33 mmol/l). De gehele bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 7044 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 18,5 mmol/l). Pas op 55 cm-mv wordt een fosfaatarmere bodem aangetroffen (Olsen-P: 2517 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 4,7 mmol/l). Door de diepte van het fosfaatfront wordt geadviseerd om het ambitieniveau aan te passen en te richten op een ontwikkeling op de toplaag. Op de toplaag is de ontwikkeling van een bos met een verzuurde en soortenarme ondergroei of een kruidenrijke akker mogelijk. De labiele nutriëntconcentraties zijn nog te hoog, het organisch stofgehalte is wel gunstig voor de ontwikkeling van een akker (OS: 3-4%, P-z: 62-66

.....
µmol/l en NO₃⁻: 400-543 µmol/l). Ontwikkeling van een kruiden- en faunairijk grasland behoort ook tot de mogelijkheden.

Advies: ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van een kruidenrijke akker of bos met verruigde en soortenarme ondergroei op de toplaag.

Locatie 7 GHG 90 cm-mv, GLG >150 cm-mv

De bouwvoor (0-40 cm-mv) is matig calciumhoudend en zwak ijzerhoudend (Ca-t: 31-32 mmol/l, Ca-z: ±10.800 µmol/l en Fe-t: 13 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3142-4023 µmol/l en totaal-P: 12,4-16,8 mmol/l). Onder de bouwvoor is de bodem licht verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 706 µmol/l en totaal-P: 2,5 mmol/l) en is de ontwikkeling van een heischraalgrasland mogelijk na enkele jaren maaien en afvoeren (Ca-t: 16 mmol/l en Ca-z: ±11.100 µmol/l).

Advies: 40 cm afgraven en enkele jaren maaien en afvoeren t.b.v. de ontwikkeling van een heischraalgrasland.

Locatie 8 GHG 95 cm-mv, GLG 150 cm-mv

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is zwak calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 8 mmol/l, Ca-z: ±4.100 µmol/l en Fe-t: 16 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 5148 µmol/l en totaal-P: 14,1 mmol/l). Op 35 cm-mv is de bodem matig verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1504 µmol/l en totaal-P: 4,8 mmol/l) en is de ontwikkeling van een heide mogelijk na 7 jaar maaien en afvoeren (Ca-t: 9 mmol/l en Ca-z: ±2.900 µmol/l). Door de nog verhoogde fosfaatconcentraties, met name de Olsen-P concentratie, is er kans op verruiging na afgraving. Na afgraving van wordt een eenmalige bekalking met 2000 kg Dolokal/ha geadviseerd.

Advies: 35 cm afgraven en 7 jaar maaien en afvoeren t.b.v. de ontwikkeling van een heide (risico op verruiging; eenmalige bekalking geadviseerd met Dolokal).

Locatie 9 GHG 75 cm-mv, GLG 135 cm-mv

De bouwvoor (0-35 cm-mv) is matig calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 20-23 mmol/l, Ca-z: ±8.500-10.300 µmol/l en Fe-t: 22-28 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3306-4460 µmol/l en totaal-P: 13,7-17,2 mmol/l). Onder de bouwvoor is de bodem licht verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 701 µmol/l en totaal-P: 2,5 mmol/l) en is de ontwikkeling van een heide/ heischraalgrasland mogelijk na enkele jaren maaien en afvoeren (Ca-t: 10 mmol/l en Ca-z: ±5.300 µmol/l).

Advies: 35 cm afgraven en enkele jaren maaien en afvoeren t.b.v. de ontwikkeling van een heide/ heischraalgrasland.

Locatie 11 GHG 75 cm-mv, GLG 130 cm-mv

De bouwvoor (0-20 cm-mv) is matig-sterk calciumhoudend en zwak ijzerhoudend (Ca-t: 37 mmol/l, Ca-z: ±11.750 µmol/l en Fe-t: 16 mmol/l). De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4517 µmol/l en totaal-P: 16,9 mmol/l). Op 30 cm-mv is de bodem voldoende fosfaatarm (Olsen-P: 405 µmol/l en totaal-P: 1,1 mmol/l) voor de ontwikkeling van een heischraalgrasland (Ca-t: 15 mmol/l en Ca-z: ±6.400 µmol/l).

Advies: 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraalgrasland.

.....
Locatie 12 GHG 40 cm-mv, GLG 100 cm-mv

De bouwvoor is (0-45 cm-mv) is matig calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 28-37 mmol/l, Ca-z: $\pm 10.000-11.300 \mu\text{mol/l}$ en Fe-t: 12-25 mmol/l). De gehele bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3842-7417 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 17,3-17,4 mmol/l). Pas op 45 cm-mv wordt een fosfaatarmere bodem aangetroffen (Olsen-P: 1570 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 3,3 mmol/l). Door de diepte van het fosfaatfront wordt geadviseerd om het ambitieniveau aan te passen en te richten op een ontwikkeling op de toplaag. Op de toplaag is de ontwikkeling van een bos met een verruigde en soortenarme ondergroei of een kruidenrijke akker mogelijk. Het organisch stofgehalte en de labiele nutriëntconcentraties zijn nog te hoog voor de ontwikkeling van een akker (OS: 3-9%, P-z: 133-175 $\mu\text{mol/l}$ en NO_3^- : 135-266 $\mu\text{mol/l}$). Ontwikkeling van een kruiden- en faunairijk grasland behoort ook tot de mogelijkheden.

Advies: ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van een kruidenrijke akker of bos met verruigde en soortenarme ondergroei op de toplaag.

Locatie 13 GHG 45 cm-mv, GLG 110 cm-mv

De bouwvoor is (0-45 cm-mv) is zwak-matig calciumhoudend en zwak ijzerhoudend (Ca-t: 20-28 mmol/l, Ca-z: $\pm 7.800-9.850 \mu\text{mol/l}$ en Fe-t: 13-19 mmol/l). De gehele bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4166-6061 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 13,9-16,4 mmol/l). Pas op 55 cm-mv wordt een fosfaatarmere bodem aangetroffen (Olsen-P: 2115 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 3,4 mmol/l). Door de dikte van het fosfaatfront wordt geadviseerd om het ambitieniveau aan te passen en te richten op een ontwikkeling op de toplaag. Op de toplaag is de ontwikkeling van een bos met een verruigde en soortenarme ondergroei of een kruidenrijke akker mogelijk. Het organisch stofgehalte en de labiele nutriëntconcentraties zijn nog te hoog voor de ontwikkeling van een akker (OS: 4-6%, P-z: 54-124 $\mu\text{mol/l}$ en NO_3^- : 271-291 $\mu\text{mol/l}$). Ontwikkeling van een kruiden- en faunairijk grasland behoort ook tot de mogelijkheden.

Advies: ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van een kruidenrijke akker of bos met verruigde en soortenarme ondergroei op de toplaag.

Locatie 16 GHG 110 cm-mv, GLG >150 cm-mv (Kombos)

De bouwvoor is (0-30 cm-mv) is zwak calcium- en ijzerhoudend (Ca-t: 8-9 mmol/l, Ca-z: $\pm 4.350-4.600 \mu\text{mol/l}$ en Fe-t: 13-14 mmol/l). De gehele bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2455-2675 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 8,2-9,1 mmol/l). Pas op 80 cm-mv wordt een fosfaatarmere bodem aangetroffen (Olsen-P: 1780 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 4,2 mmol/l). Door de dikte van het fosfaatfront wordt geadviseerd om het ambitieniveau aan te passen en te richten op een ontwikkeling op de toplaag. Op de toplaag is de ontwikkeling van een bos met een verruigde en soortenarme ondergroei of een kruidenrijke akker mogelijk. Het organisch stofgehalte en de nitraatconcentraties zijn nog te hoog, de labiel-P concentratie is wel gunstig voor de ontwikkeling van een akker (OS: 6-10%, P-z: 3 $\mu\text{mol/l}$ en NO_3^- : 182-295 $\mu\text{mol/l}$). Ontwikkeling van een kruiden- en faunairijk grasland behoort ook tot de mogelijkheden.

Advies: ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van een kruidenrijke akker of bos met verruigde en soortenarme ondergroei op de toplaag.

.....
Locatie 17 GHG 110 cm-mv, GLG >150 cm-mv (Kombos)

De bouwvoor is (0-40 cm-mv) is matig calciumhoudend en zwak-matig ijzerhoudend (Ca-t: 23-278 mmol/l, Ca-z: $\pm 9.400-10.000$ $\mu\text{mol/l}$ en Fe-t: 22-24 mmol/l). De gehele bouwvoor is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 4228-5274 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 12,1-19,4 mmol/l). Pas op 60 cm-mv wordt een fosfaatarmere bodem aangetroffen (Olsen-P: 469 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 5,2 mmol/l). Door de dikte van het fosfaatfront wordt geadviseerd om het ambitieniveau aan te passen en te richten op een ontwikkeling op de toplaag. Op de toplaag is de ontwikkeling van een bos met een verruigde en soortenarme ondergroei of een kruidenrijke akker mogelijk. Het organisch stofgehalte en de nitraatconcentraties zijn nog te hoog, de labiel-P concentratie is wel gunstig voor de ontwikkeling van een akker (OS: 6-10%, P-z: 23-28 $\mu\text{mol/l}$ en NO_3^- : 277-439 $\mu\text{mol/l}$). Ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland behoort ook tot de mogelijkheden.

Advies: ambitieniveau aanpassen en richten op de ontwikkeling van een kruidenrijke akker of bos met verruigde en soortenarme ondergroei op de toplaag.

5.6 Aanvullende en alternatieve maatregelen

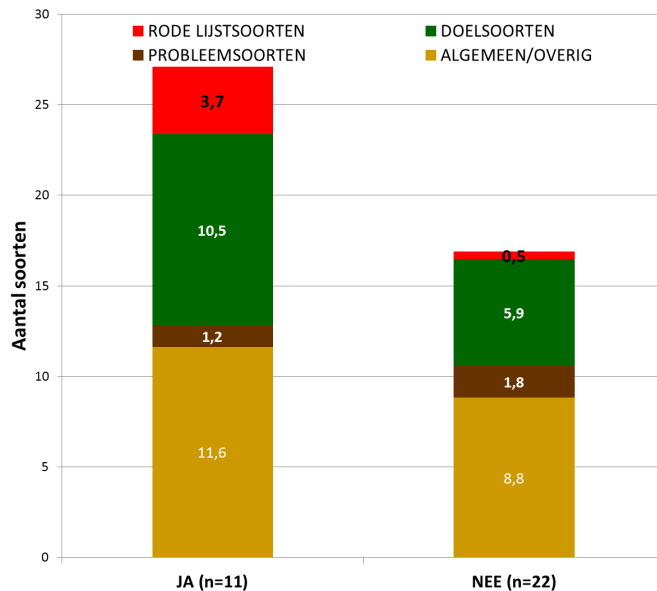
De eerste jaren na de het afgraven van de voedselrijke toplaag dient maaibeheer plaats te vinden om de ontwikkeling en uitbreiding van algemene/ruigte soorten te beperken. Doordat vaak vele zaden aanwezig zijn kunnen deze algemene soorten, ook onder P-arme condities, tot ontwikkeling komen. Door middel van een maaibeheer en het aanbrengen van maaisel of plagsel kan de groei van ongewenste algemene soorten worden onderdrukt. Opgemerkt dient te worden dat de lokale ontwikkeling van ruigtes op zichzelf niet nadelig is en zelfs kan bijdragen aan de diversiteit van een gebied. Vlinders, sprinkhanen, vogels en kleine zoogdieren kunnen hiervan profiteren.

Op de afgegraven locaties wordt geadviseerd om kort na afgraven (<1 jaar) maaisel/plagsel op te brengen uit goed ontwikkelde referentielocaties om kolonisatie door doelsoorten te stimuleren (eventueel één of twee opeenvolgende jaren herhalen zolang de zode nog niet gesloten is). Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank vaak niets meer over. Natte, venige laagtes kunnen een uitzondering vormen. Zonder het uitstrooien van vers maaisel of plagsel uit geschikte referentiegebieden is de kans op vestiging van doelsoorten klein. Veel zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd op de herstelde terreinen. Het herintroduceren van doelsoorten uit zo lokaal mogelijke bronnen (in verband met de genetische diversiteit en de aanpassing aan lokale omstandigheden) leidt onder de juiste bodemchemische en hydrologische omstandigheden tot een succesvol herstel van ontgronde terreinen (Figuur 17).

Ditselfde geldt ook voor locaties die door middel van een verschrallingsbeheer zijn verschraald. Na het bereiken van de vereiste verschralling is een dichte (relatief soortenarme) zode aanwezig waarin doelsoorten waarschijnlijk ontbreken. Plaggen of chopperen van de zode (mits soortenarm) en maaisel van een doelvegetatie opbrengen kan de beoogde ontwikkeling stimuleren. Zie paragraaf 4.5 voor alternatieve ontwikkelingsheden voor de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland onder droge, fosfaatrijkere condities.

Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel of plagsel (Figuur 17) waarbij idealiter 1 m² vers verzameld maaisel over 1(-2) m² bodem wordt verspreid. Wanneer dit niet mogelijk is, kan het maaisel in een lagere dichtheid of in kleinere over het gebied verspreide zones worden opgebracht. Wanneer ook bodemmateriaal (indicatie dichtheid: 1 m² verspreiden over 15-25 m²) uit referentielocaties wordt opgebracht (enten), wordt ook bodemleven (o.a. mycorrhiza schimmels) geïntroduceerd. Mycorrhiza schimmels zijn van belang bij de opname van nutriënten onder voedselarme omstandigheden. Daarnaast beschermen ze de kiemlingen tegen

verdroging. Het aanbrengen van maaisel of plagsel op een dichte zode is geen geschikte maatregel door het ontbreken van vestigingsplekken. Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (bodem en hydrologie) te creëren voor de beoogde doelsoorten.



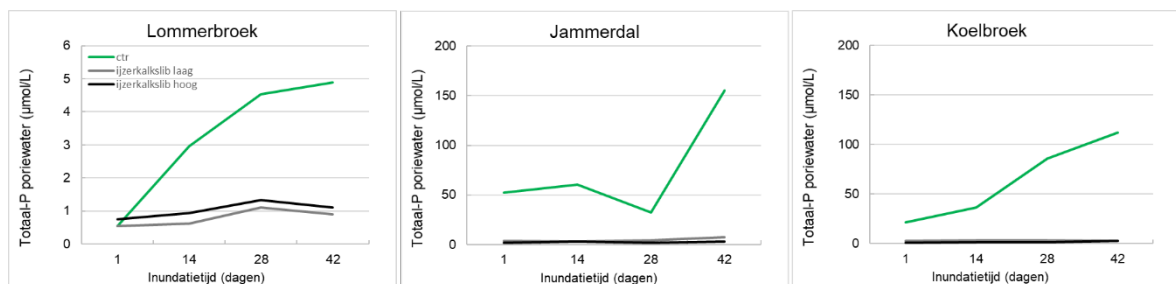
Figuur 17. Links: resultaten van een ontgrondingsevaluatie, uitgevoerd door Onderzoekcentrum B-WARE in 2014 en 2015. Op 33 locaties zijn vegetatieopnames gemaakt in gebieden waar door middel van ontgronding (minimaal 4 jaar geleden) voedselarme condities zijn gecreëerd op voormalige landbouwgronden ten behoeve van schraallandontwikkeling. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen locaties waar wel (11 locaties) en geen (22 locaties) herintroductie, door middel van het opbrengen van maaisel na ontgronding, heeft plaatsgevonden. De soorten zijn verdeeld over vier klassen: Rode Lijstsoorten, Doelsoorten, Probleemsoorten en Algemene/overige soorten. Bron: Onderzoekcentrum B-WARE. Rechts: Foto's van succesvolle ontwikkeling van nat schraalland met onder ander Moeraskartelblad, Blauwe zegge, Zwarte zegge, Blauwe knoop, Vetblad, Heidekartelblad, Gevlekte orchis, Welriekende nachtorchis, Brede orchis en Moeraswespenorchis door middel van het afgraven van de voedselrijke toplaag in combinatie met de herintroductie van doelsoorten. Foto's: Mark van Mullekom.

Op locaties waar de totaal-Ca concentratie <10 mmol/l bedraagt en/of de Ca-z concentratie <4000 $\mu\text{mol/l}$ is wordt geadviseerd om eenmalig te bekalken met 2000 kg Dolokal per hectare. Dit dient ter voorkoming van verzuring en ter bevordering van de soortenrijkdom. Tevens wordt hiermee ammoniumophoping/-toxiciteit voorkomen (nitrificatie wordt geremd onder zure omstandigheden).

Uit onderzoek (De Graaf e.a., 2009) is tevens gebleken dat in soortenarme heideterreinen de kaliumconcentraties in het zoutextract lager zijn (mediane waarde (10-90 percentielen): 153 (88380) $\mu\text{mol/kg}$) dan in soortenrijke heiden en heischrale graslanden (283 (110-872) $\mu\text{mol/kg}$). K-gebrek leidt niet alleen tot groeistoornissen (o.a. slechte doorworteling) maar induceert ook een stikstofoverschot in de plant en maakt deze daardoor gevoeliger voor vraat en ziekten. Dit verschijnsel treedt in de Maasduinen op bij Jeneverbes en Zomereik (Lucassen e.a., 2011, 2014 en 2015) en het is aannemelijk dat dit zo ook werkt bij kruiden. Het is daarom raadzaam om, in het geval van een K-arme bodem (globale richtlijn: K-NaCl < 250 $\mu\text{mol/l}$) ook een ander, relatief K-rijk, steenmeel toe te dienen (bijvoorbeeld Vulkamin). De geanalyseerde bodems in het gebied zijn K-arm (<250 $\mu\text{mol/l}$). Op de locaties waar de ontwikkeling van heide mogelijk is en waarbij een eenmalige bekalking wordt geadviseerd en een de bodem K-arm is (locatie 5), wordt aanbevolen om te bekalken met 2000 kg Dolokal en (i.v.m. de relatief lage K-NaCl concentraties)

1000 kg K-rijk steenmeel (bijvoorbeeld Vulkamin) per hectare. Onderzoeken naar de lange-termijn-effecten van steenmeel lopen nog.

Een alternatieve experimentele (out-of-the-box) maatregel is het afgraven van het meest P-rijke deel van de P-rijke toplaag (circa 30 cm) in combinatie met het in-/opbrengen van een laag ijzerslib, waarna dit eventueel zo goed mogelijk met het restant van de P-rijke toplaag (ca 20-30 cm) wordt gemengd. IJzerkalkslib of ijzerslib wordt weleens als aanvullende maatregel gebruikt om de P-concentraties in het poriewater te verlagen (Figuur 18) waardoor de P-nalevering afneemt evenals de kans op verzuuring. Dit geldt voornamelijk voor vochtige of natte omstandigheden, het is niet duidelijk of dit ook goed werkt bij droge(re) bodems. Het ijzerkalkslib is een restproduct van het drinkwaterwinningsproces. Door het toedienen van dit slib aan bijvoorbeeld te voedselrijke landbouwpercelen (eventueel na een beperkte ontgroning) wordt de hoeveelheid ijzer en andere mineralen die normaal gesproken over een periode van vele honderden jaren via het grondwater (kwel) zouden worden aangevoerd, in één keer in de bodem gebracht. Onder ijzerrijke omstandigheden wordt fosfaat goed geïmmobiliseerd waardoor de P beschikbaarheid relatief laag blijft, ook onder natte condities.



Figuur 18. Overzicht van de P-concentraties in het poriewater op drie verschillende locaties zonder toediening van ijzerkalkslib (groene lijn) en na toediening van ijzerkalkslib in twee verschillende concentraties onder natte omstandigheden. Bron: A. Smolders & E. Lucassen, Onderzoekcentrum B-WARE.

.....

6. SYNTHESE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

6.1 Belangrijkste conclusies

Het onderzoek

- In het kader van de realisatie van het ecoduct over de N226 tussen Maarsbergen en Leersum wil de provincie een verbinding maken tussen Leersumse veld en dit ecoduct. Op dit moment vormt dit gebied een barrière voor de doelsoorten die gebruik zouden kunnen maken van het ecoduct. Door middel van het uitvoeren van een onderzoek naar de bodemopbouw, bodemchemie en waterkwaliteit door Onderzoekcentrum B-WARE worden de natuurontwikkelingsmogelijkheden en vereiste maatregelen inzichtelijk gemaakt waardoor de opdrachtgever in samenwerking met Bureau Natuurbalans gerichte keuzes kan maken.
- Op 17 locaties in het onderzoeksgebied zijn op verschillende diepten bodemonsters verzameld. Om een goed beeld te krijgen van de bodemopbouw in het gebied is op 26 andere locaties het boorprofiel beschreven (paragraaf 5.2). Er is tevens een mengmonster genomen op circa 0-15 en 15-30 cm (op 5 sublocaties) op een perceel waar reeds plagwerkzaamheden zijn uitgevoerd. Voor het hydrochemisch onderzoek zijn 3 grondwatermonsters en 1 oppervlaktewatermonster verzameld.

De referentie

- De referentielocatie betreft een reeds afgeplagd perceel. Er zijn zandige bodemonsters verzameld op 5 sublocaties van de toplaag (circa 0-15 cm-mv) en de onderliggende bodemlaag (circa 15-30 cm-mv) en vermengd tot één monster per bodemlaag. De humeuze toplaag (0-15 cm-mv) is nog verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 3375 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 9,3 mmol/l). Het lijkt erop dat 15 cm te weinig is afgeplagd. Op 15 cm-mv is de bodem namelijk voldoende P-arm (Olsen-P: 553 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 2,3 mmol/l). De bodem is zwak tot zwak-matig gebufferd (6-14 mmol/l Ca-t en 1.254-5.359 $\mu\text{mol/l}$ Ca-z). De toplaag is waarschijnlijk nog wat rijker aan calcium als gevolg van de bekalking tijdens het landbouwkundig gebruik. De mate van buffering op de referentielocatie past bij de ontwikkeling van heide (vanaf 15 cm-mv) en heischraalgrasland (toplaag in combinatie met 32 jaar maaien en afvoeren). Door de nog verhoogde fosfaatconcentraties in de toplaag ontstaat verzuuring en is er nog geen sprake van een soortenrijk heischraal grasland of heide. Voor meer informatie zie paragraaf 4.2.

Algemene bodemchemie en bodemtype

- De bodem in Valkenheide bestaat uit zand tot op minimaal 150 cm-mv. Op slechts één locatie (locatie 125) is een ander bodemtype (matig veraard veen) aangetroffen op 55-95 cm-mv. De dikte van de bouwvoor varieert sterk in het gebied. Op de locaties met een relatief dikke bouwvoor wordt vermoed dat dit oude akkers betreft. Op deze percelen kan worden ingezet op de ontwikkeling van (soortenrijke) akkers, bos of glanshaverhooiland. De dikte van de A-horizont en de percelen die op basis van het bodemprofiel, in overleg met Bureau Natuurbalans, zijn aangewezen voor akker-, glanshaverhooiland- of bosontwikkeling worden weergegeven in Figuur 13. Voor meer informatie zie paragraaf 5.2 en Bijlage 14.2.
- De toplaag is verrijkt met fosfaat als gevolg van het landbouwkundig gebruik. In Figuur 15 worden de fosfaatconcentraties van de toplaag (0-15/20 cm-mv) op een topografische kaart weergegeven. Onder de bouwvoor (0-10 cm-bv) zijn de fosfaatconcentraties (445-8299 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 1,4-13,9 $\mu\text{mol/l}$ totaal-P) op 2 locaties voldoende fosfaatarm voor de ontwikkeling van een heischraalgrasland (<500 $\mu\text{mol/l}$). Op de overige locaties zijn de P-concentraties nog te hoog waardoor aanvullend verschrallingsbeheer vereist is na afgraven van de bouwvoor en er in eerste instantie een risico op verzuuring is. Voor meer informatie zie paragraaf 5.3.
- De calciumconcentraties in het onderzoeksgebied nemen af in de diepte. De calciumconcentraties in de bouwvoor (gemiddeld: Ca-t 19 mmol/l en Ca-z 7.504 $\mu\text{mol/l}$) zijn

.....

over het algemeen hoger (als gevolg van de bekalking tijdens het landbouwkundig gebruik) dan in de onderliggende bodemlagen (gemiddeld: Ca-t 10 mmol/l en Ca-z 4.626 $\mu\text{mol/l}$). Voor meer informatie zie paragraaf 5.3.

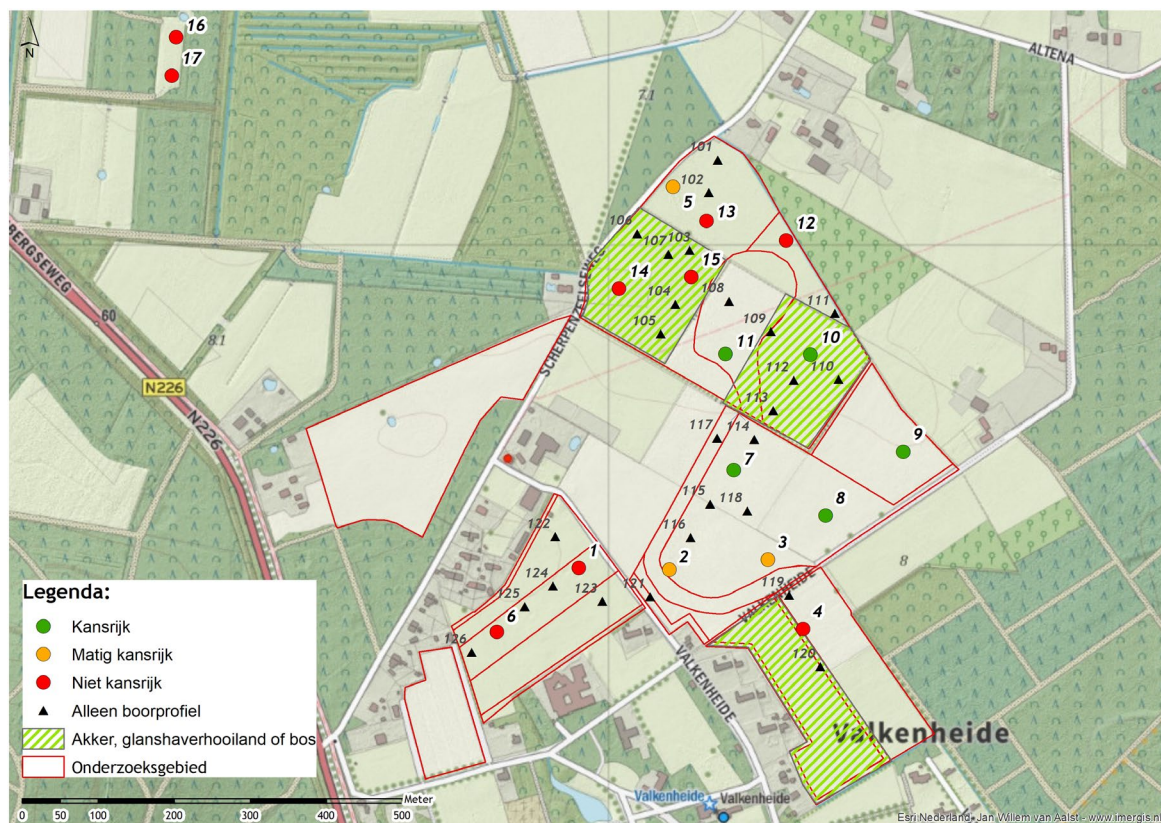
Hydrochemie

- De gemiddeld laagste (GLG) en gemiddeld hoogste (GHG) grondwaterstand werd afgeleid uit het bodemprofiel. Dit geeft een globale indicatie van de fluctuatie van de grondwaterstand. De verschillen zijn zeer groot. De afgeleide GLG varieert van 75 tot >150 cm-mv en de GHG van 30 tot >150 cm-mv. In Figuur 16 worden afgeleide grondwaterstanden weergegeven op een topografische kaart. Zie Tabel 1 voor een overzicht per locatie. Hieruit is af te leiden dat voornamelijk het noorden van het gebied lage(re) grondwaterstanden heeft (voornamelijk GLG 100-120 cm-mv en GHG 45-60 cm-mv) in vergelijking met de rest van het gebied (voornamelijk: GLG >100->150 cm-mv en GHG 90->150 cm-mv). Voor meer informatie zie paragraaf 5.4.
- Het oppervlaktewater is matig-goed gebufferd (pH: 6,7, HCO_3^- 831 $\mu\text{mol/l}$ en alkaliniteit 1,1 meq/l). De (ortho-)fosfaatconcentratie in het water is relatief laag (0,5 $\mu\text{mol/l}$ PO_4^{3-}). Het water is matig sulfaathoudend. Voor meer informatie zie paragraaf 5.4.
- Op 3 locaties in het onderzoeksgebied is het freatische grondwater eenmalig bemonsterd uit een boorgat. Het bemonsterde grondwater is gebufferd (1968-3162 $\mu\text{mol HCO}_3^-/\text{l}$, Ca 441-1392 $\mu\text{mol/l}$; Tabel 8). Het grondwater is arm aan ijzer (1-16 $\mu\text{mol/l}$). De nitraatconcentratie in het grondwater verschilt lokaal sterk. Op locatie 12 is het grondwaternitraatarm (3,7 $\mu\text{mol/l NO}_3^-$), op locatie 9 verrijkt (168,8 $\mu\text{mol/l NO}_3^-$) en op locatie 10 zeer sterk verrijkt met nitraat (1093,1 $\mu\text{mol/l NO}_3^-$). Het grondwater is tevens matig verrijkt met sulfaat. Dit kan duiden op pyrietoxidatie door nitraatuitspoeling. Nitraatrijk grondwater is overwegend ijzerarm omdat opgelost ijzer oxideert door nitraat en daarmee dieper in de bodem neerslaat en uit het grondwater verdwijnt. De fosforconcentraties in het grondwater zijn laag tot matig verrijkt (4,1-21,3 $\mu\text{mol/l P}$). Voornamelijk op locatie 12 werden verhoogde fosforconcentraties in het grondwater gemeten. Voor meer informatie zie paragraaf 5.4.

6.2 Synthese

- Op basis van de mate van buffering van de bodem in het gebied is deze, onder P-arme condities, voornamelijk geschikt voor de ontwikkeling van een heide of heischraalgrasland. Uit het bodemchemisch onderzoek is gebleken dat de toplaag in het gehele onderzoeksgebied verrijkt is met fosfaat en niet meteen geschikt voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde natuurtypen. Voor meer informatie zie paragraaf 5.5.
- Op basis van het bodemchemisch onderzoek kunnen de locaties worden verdeeld in drie categorieën (voor meer informatie zie paragraaf 5.5):
 - Kansrijk: na afgraving van 30-40 cm is de bodem geschikt voor de ontwikkeling van een heide of heischraalgrasland. Er wordt nog wel geadviseerd om enkele jaren te verschralen om vooral de verhoogde Olsen-P concentratie verder te verlagen. Onder deze categorie vallen locatie 7, 8, 9, 10 en 11, voornamelijk gelegen in het westelijk deel van het gebied. Voor meer informatie over heide en heischraalgrasland zie paragraaf 4.3.
 - Matig kansrijk: na afgraving van 25-35 cm en een aanvullend verschralingsbeheer van 13-15 jaar maaien en afvoeren is de ontwikkeling van een heide of heischraalgrasland mogelijk. Doordat er na afgraving nog verhoogde fosfaatconcentraties aanwezig zijn is er risico op verzuuring, vooral onder vochtige omstandigheden zoals bij locatie 5. Onder deze categorie vallen locatie 2, 3 en 5, gelegen in het noordelijk en centrale deel van het gebied. Voor meer informatie over heide en heischraalgrasland zie paragraaf 4.3.

- Niet kansrijk: het fosfaatfront is dusdanig groot dat wordt geadviseerd om het ambitieniveau aan te passen en te richten op ontwikkelingen op de toplaag. Op de toplaag is de ontwikkeling van een bos met een verruigde en soortenarme ondergroei of een kruidenrijke akker (of kruidenrijk grasland) mogelijk. Onder deze categorie vallen locatie 1, 4, 6 en 12-17, voornamelijk gelegen in het noordelijk en zuidelijk deel van het gebied. Voor meer informatie over kruiden- en faunarijkgasland of akker zie paragraaf 4.5 en 4.6.
- Op basis van de dikte van de bouwvoor/ A-horizont van het gehele perceel heeft Natuurbalans aangegeven om de ontwikkeling ter hoogte van de locaties 4, 10, 14 en 15 te richten op akker, glanshaverhooiland of bos. Uit het bodemchemisch onderzoek blijkt dat de buffering van de bodem niet voldoende is voor de ontwikkeling van een glanshaverhooiland. Voor meer informatie zie paragraaf 5.5.2.
- In Figuur 19 worden de percelen met doel akker, glanshaverhooiland of bos (op basis van de dikte van de bouwvoor) en de kansen voor de ontwikkeling van fosfaatgelimiteerde vegetatietypen op basis van het bodemchemisch onderzoek weergegeven. In Tabel 10 worden de ontwikkelingsmogelijkheden per locatie weergegeven.



Figuur 19. Overzicht van de kansen voor de ontwikkeling voor fosfaatgelimiteerde vegetatie op basis van het bodemchemisch onderzoek. Op kansrijke (ontgronding volstaat) en matig kansrijke (ontgronding + aanvullend verschalingsbeheer) plekken kan heide of heischraal grasland worden ontwikkeld (zie Tabel 10 en paragraaf 5.5). Op de niet kansrijke plekken wordt geadviseerd een kruiden- en faunarijkgasland te ontwikkelen omdat de bodem te diep fosfaatrijk is. Daarnaast zijn percelen met een dikke A-horizont weergegeven (oude akkers) waarop een akker, glanshaverhooiland of bos kan worden ontwikkeld.

Tabel 10. Overzicht van de kansen voor de ontwikkeling van fosfaatgelimiteerde vegetatie op basis van het bodemchemisch onderzoek, ligging in een perceel met dikke A-horizont en indien van toepassing de ontwikkelingsmogelijkheden door middel van ontgronden (relevante bodemlaag wordt weergegeven) en verschrallen per locatie. Akker = kruidenrijke akker, bos = bos met verruigde en soortenarme ondergroei, kfg = kruiden- en faunarijkgasland, hei = heide en hsg = heischraalgrasland. Indien verschrallingsbeheer wordt geadviseerd wordt dit weergegeven middels: (+) <4 jaar, + 4-10 jaar en ++ 11-20 jaar maaien en afvoeren. Wanneer na afgraving een eenmalige bekalking wordt geadviseerd wordt dit weergegeven middels een * bij het vegetatietype. Voor de uitleg van de parameters en de gebruikte kleurarceringen zie Tabel 3.

Nr	Diepte	OS	OLS-P	P-t	Ca-t	Ca-z	K-z	pH-z	P-z	NO3-z	NH4-z	M5	Perceel dikke A-horizont	verschralling	vegetatie
1	0-20	5	6464	16,8	10	1998	454	4,0	19	226	79	89	nee		akker/bos/kfg
2	25-35	2	1252	3,8	10	5010	671	5,5	2	48	21	4	nee	+	hei/hsg*
3	35-50	6	1527	5,1	21	10840	521	4,9	1	95	44	12	nee	++	hsg
4	0-25	5	6405	15,0	13	6228	265	4,6	19	83	108	98	ja		akker/bos
5	35-45	4	4411	6,8	9	5289	180	4,4	9	13	32	14	nee	++	hei/hsg*
6	0-20	4	7044	18,5	8	3550	453	3,9	62	543	112	100	nee		akker/bos/kfg
7	40-50	4	706	2,5	16	11111	503	5,2	0	140	27	0	nee	(+)	hsg
8	35-45	1	1504	4,8	9	2916	482	5,1	1	171	15	7	nee	+	hei*
9	35-45	2	701	2,5	10	5281	283	5,1	0	155	15	0	nee	(+)	hei/hsg
10	35-50	1	445	1,4	12	5938	666	5,9	0	22	29	0	ja		hsg
11	30-40	3	405	1,1	15	6398	652	5,3	0	22	28	0	nee		hsg
12	0-15	9	3842	17,3	29	11277	107	4,9	175	266	248	69	nee		akker/bos/kfg
13	0-15	6	4166	13,9	20	7818	157	4,7	124	291	106	53	nee		akker/bos/kfg
14	0-20	11	9104	23,3	15	6854	2186	4,6	187	190	43	130	ja		akker/bos
15	0-20	4	5000	12,8	12	6628	1334	5,2	112	47	66	64	ja		akker/bos
16	0-20	10	2455	9,1	9	4337	267	4,3	3	295	62	41	nee		akker/bos/kfg
17	0-20	6	5274	19,4	23	9381	302	4,7	28	277	128	106	nee		akker/bos/kfg

- Let op: deze ontwikkeling lukt alleen wanneer daadwerkelijk voldoende P-arme condities worden gecreëerd. Wanneer een + of ++ achter de vereiste ontgrondingsdiepte wordt vermeld zijn de condities (nog) niet optimaal (er kan in het begin verruiging optreden) en is aanvullend beheer vereist.
- Dit onderzoek is gericht op het in kaart brengen van de verschrallingsmogelijkheden en natuurpotenties op basis van de bodemchemische omstandigheden. Het vormt de basis voor het op te stellen inrichtingsplan. Dit maakt geen onderdeel uit van de opdracht. Een eventuele ontgroning kan een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. Wel vormen de resultaten van dit project een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

6.3 Aanbevelingen

- Na afgraving van de P-rijke toplaag, het verwijderen van de zode (chopperen) of het bereiken van de gewenste verschralling (na eventuele verwijdering van de dichte soortenarme zode) wordt geadviseerd maaisel en/of plagsel uit een referentieterrein (heischraalgrasland, heide) op te brengen (eventueel één of twee opeenvolgende jaren herhalen zolang de zode nog niet gesloten is). Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die

.....

zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden te creëren voor de beoogde doelsoorten. Het zorgt er bovendien voor dat extra organisch materiaal wordt ingebracht na ontgraving en remt de ontwikkeling van algemene (ruigte)soorten. De eerste jaren na herintroductie volstaat het klopelen van de vegetatie. Bij een dichtere zode wordt maaien en afvoeren geadviseerd. Zie paragraaf 2.4 en 4.5 voor aanvullende informatie omtrent het aanvullend beheer wanneer de gewenste verschraving is bereikt. Het is een maatregel die behoorlijk wat regelwerk en afstemming vereist maar het is wel dé manier om de potenties te benutten en ervoor te zorgen dat alle voorgaande werkzaamheden en investeringen niet voor niets zijn geweest. Voor meer informatie zie paragraaf 5.6.

- Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie dient eveneens te worden geoptimaliseerd. Voor grondwaterafhankelijke natuurtypen zoals blauwgrasland of vochtig heischraalgrasland is grondwaterinvloed in de wortelzone of het maaiveld vereist van circa oktober/november t/m maart/april. In verband met het veranderende klimaat (extremere weersomstandigheden) wordt geadviseerd de hydrologische omstandigheden regelbaar te maken met behulp van kleine stuwtjes (flexibiliteit in water vasthouden en afdalen creëren). Dit vergt maatwerk per perceel en dient te worden geoptimaliseerd zodra de inrichtingswerkzaamheden zijn uitgevoerd.
- Lokaal (zie Tabel 10) wordt aanbevolen om na ontgraving eenmalig te bekalken met 2000 kg Dolokal per hectare (wanneer $\text{Ca-t} < 10 \text{ mmol/l}$ en/of $\text{Ca-z} < 4000 \text{ } \mu\text{mol/l}$) en/of 1000 kg K-houdend steenmeel per hectare, zoals Vulkamin (indien $\text{K-z} < 250 \text{ } \mu\text{mol/l}$) ter bevordering van de soortenrijkdom. Voor meer informatie zie paragraaf 5.6.

.....

7. LITERATUUR

- Bakker, P., van der Berg, A., Aukes, P., & Heemsbergen, H. (2000). Beschermingsplan akkerplanten. EC-LNV.
- Becker, P. de (2004) Onderzoek naar de abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende Alno/Padion en Alnion incanae/gemeenschappen. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.
- Bobbink, R., L. Bik & J. H. Willems (1988). Effects of nitrogen fertilization on vegetation structure and dominance of *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv. in chalk grassland. *Acta Botanica Neerlandica* 37 (2): 231-242.
- Bobbink, R., M.J. Weijters, A. van der Bij & R. van Diggelen (2016) Het belang van bodemleven bij heideherstel op voormalige landbouwgrond. *Vakblad Natuur Bos Landschap* maart: 10-13.
- Brouwer, E., Eichhorn, K., Ketelaar, R., Prins, U. & Verbeek, P. (2019). Beheren van akkerflora: wat hebben we geleerd en wat weten we onvoldoende? *Vakblad Natuur, Bos en Landschap* (159).
- Chardon, W.J. (2008) Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1683. 25 blz; 43 ref.
- Dorland, E., K. Eichhorn, T. Van den Broek & M. Courbois (2020) Herstel kruidenrijke graslanden op zandgrond door tijdelijk akkerbeheer. *De Levende Natuur* 121: 86-91.
- Eichhorn, K., E. Brouwer, E. Dorland, R. Ketelaar & T. van den broek (2020) Kruidenrijke natuurgraslanden ontwikkelen op fosfaatrijke grond. Wat is er mogelijk? *De Levende Natuur* 121: 92-95.
- Eichhorn, K. & Ketelaar, R. (2018a). Kruidenrijke akkers ontwikkelen en beheren. *Vakblad Natuur, Bos en Landschap* (159).
- Eichhorn, K. & Ketelaar, R. (2018b). Specifiek beheer voor bijzondere akkerflora. *Vakblad Natuur, Bos en Landschap* (159).
- Ertsen, D., P. de Louw & J. Buma (2005) OGOR Natuur in Noord-Brabant. Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuurdoeltypen. Provincie Noord-Brabant, Den Bosch.
- Graaf, M.C.C. de, R. Bobbink, N.A.C. Smits, R. van Diggelen & J.G.M. Roelofs (2009) Biodiversity, vegetation gradients and key geochemical processes in the heathland landscape. *Biological Conservation* 142: 2191-2201.
- Ketelaar, R., Brouwer, E., Eichhorn, K., Prins, U. & Verbeek, P. (2018). Bijzondere natuurakkers verdienen een landschapsgerichte aanpak. *Handreikingen voor een beter beheer. Vakblad Natuur, Bos en Landschap* (159).
- Klimkowska, A., R. van Diggelen, J.P. Bakker & A.P. Grootjans (2007). Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* 140: 318-328.
- Lamers, L.P.M., E.C.H.E.T. Lucassen, A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2005) Fosfaat als adder onder het gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H₂O* 38 (17): 28-30.
- Lamers, L., E. Lucassen, H. Tomassen, A. Smolders & J. Roelofs (2009) Verpitruissing bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* 110 (1): 43-46.

- Mullekom, M. van, A. Smolders, E. Brouwer & J. Roelofs (2007) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling in het Wisselse Veen. Rapport B-WARE Research Centre, Nijmegen.
- Mullekom, M. van, F. Smolders, E. Brouwer, W. Geraedts & J. Roelofs (2009) Herstel van schraalgraslanden in het Hierdense beekdal. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 6: 2-7.
- Mullekom, M. van & F. Smolders (2012) Bodemchemisch onderzoek Gooiermars. Onderzoek naar de natuurontwikkelingsmogelijkheden op voormalige landbouwgronden. Rapport 2012.34, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M. Weijters, H.B.M. Tomassen, R. Bobbink, A.J.P. Smolders (2013) Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* 114: 120-126.
- Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe & L.A. Dean (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Department of Agriculture circular* No. 939.
- Scherpenisse, M.C., E. Verbaarschot, B. Timmermans, R. Bobbink & P.J.M. Verbeek (2017) Graslanden in Overijssel. Advies voor kwaliteitsverbetering van kruiden- en faunarijk grasland. Natuurbalans - Limens Divergens BV, Nijmegen.
- Schippers, W. (2012) Ontwikkelen van kruidenrijk grasland. *Samenwerkende Uitgevers Vof*.
- Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006) De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 3(4): 5-11.
- Smolders, A., E. Lucassen, M. van Mullekom, H. Tomassen, & E. Brouwer (2009) Ontgronden op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* 110: 33-38.
- Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2012) Uitmijnen: het bodemfosfaatgehalte verlagen met grasklaver en kalibemesting. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 1: 12-15.
- Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2016) Phytoextraction of soil phosphorus by potassium-fertilized grass-clover swards. *Journal of Environmental Quality* 45: 701-708.
- Tsiafouli, M.A., E. Thébault, S.P. Sgardelis, P.C. de Ruiter, W.H. van der Putten, K. Birkhofer, L. Hemerik, F.T. de Vries, R.D. Bardgett, M.V. Brady, L. Bjornlund, H.B. Jørgensen, S. Christensen, T. D' Hertefeldt, S. Hotes, W.H.G. Hol, J. Frouz, M. Liiri, S.R. Mortimer, H. Setälä, J. Tzanopoulos, K. Uteseny, V. Pižl, J. Stary, V. Wolters & K. Hedlund (2015) Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* 21: 973-985.
- Verbeek, P., Brouwer, E. & Scherpenisse-Gutter, M.C. (2012). Akkerkruiden in Brabant. Bodem en vegetatie. Natuurbalans - Limes Divergens BV & Bware BV, Nijmegen.
- Verbeek, P.J.M., U. Prins, E. Brouwer, S. Luijten, G. Oostermeijer & M.C. Scherpenisse (2016) Eindrapportage Herstel biodiversiteit van akkers in Noord-Brabant, 2013 t/m 2015. Vervolg op project 2011/2012. Natuurbalans - Limes Divergens BV, Nijmegen.
- Verbeek, P., U. Prins & E. Brouwer (2019) Herstelplan akkerflora. *Vakblad Natuur Bos Landschap* mei: 16-19.
- Verbeek, P.J.M., Prins, U., Ketelaar, R., Eichhorn, K. & E. Brouwer (2021). Het akkerboek, ontwikkeling en beheer van kruidenrijke akkers. VBNE & KNNV.
- Weijters, M., E. Verbaarschot, R. Loeb en Bobbink, R. (2018). Naar een duurzaam bodemherstel van de Natura-2000 gebieden in beheer van Landschap Overijssel, mineralogisch en

bodemchemisch onderzoek en advies. Onderzoekcentrum B-WARE B.V., Nijmegen. RP-17.107.18.61.

Weijters, M., L. Smits en Bobbink, R. (2020). Ontwikkeling en behoud van Heischrale graslanden (H6230) in Drenthe en Friesland. Onderzoekcentrum B-WARE B.V., Nijmegen. RP-20.055.20.88.

Zee van der, F.F., R. Bobbink & J.G.B. Oostermeijer (2020). Meer soorten op de hei: red het heischraal grasland. OBN Deskundigenteam Droog Zandlandschap. KNNV Publishing Zeist.

.....

8. BIJLAGEN

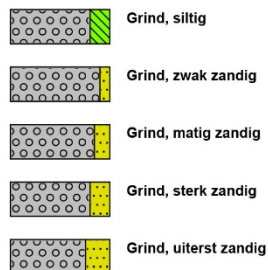
8.1 Bijlage 1 - Profielbeschrijvingen bodem

Profielbeschrijvingen conform NEN5104 van de boorlocaties in Valkenheide. Profielbeschrijvingen zijn opgesteld door ATKB (Jan Vermeer).

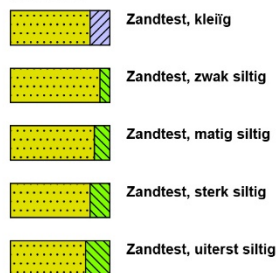
Legenda:

Legenda (conform NEN 5104)

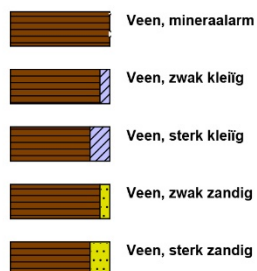
grind



zandtest



veen



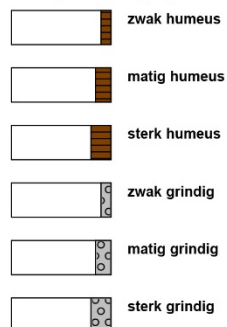
klei



leem



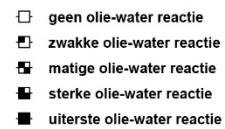
overige toevoegingen



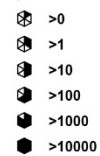
geur



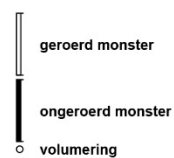
olie



p.i.d.-waarde



monsters



overig

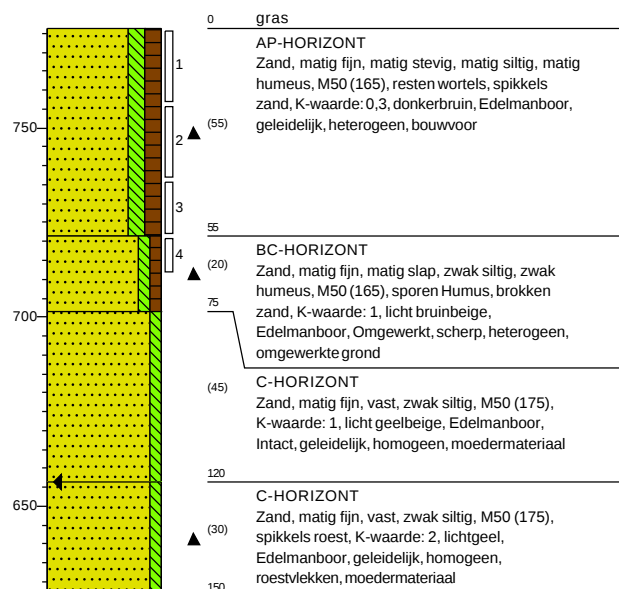


Boring: 01

X: 156960,85
Y: 450575,39
Datum: 21-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,763
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

GHG: 120

Opmerking: profiel tot 150 cm en bemonstering 4 dieptes

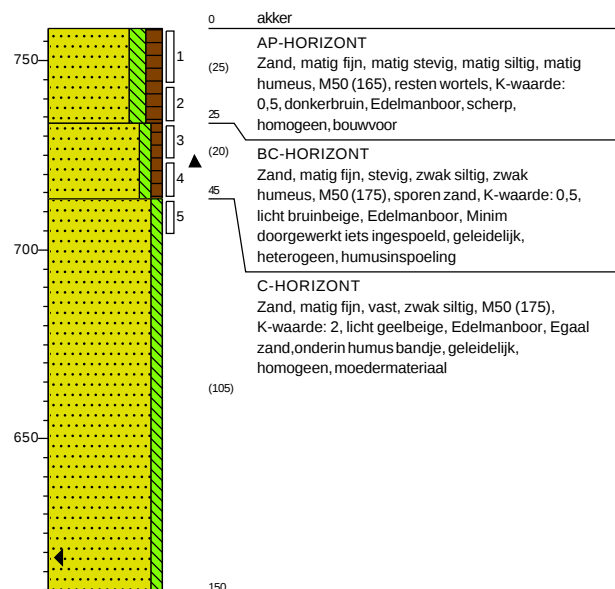


Boring: 02

X: 157080,45
Y: 450573,26
Datum: 20-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,585
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

GHG: 140

Opmerking: profiel tot 150 cm en bemonstering 4 dieptes



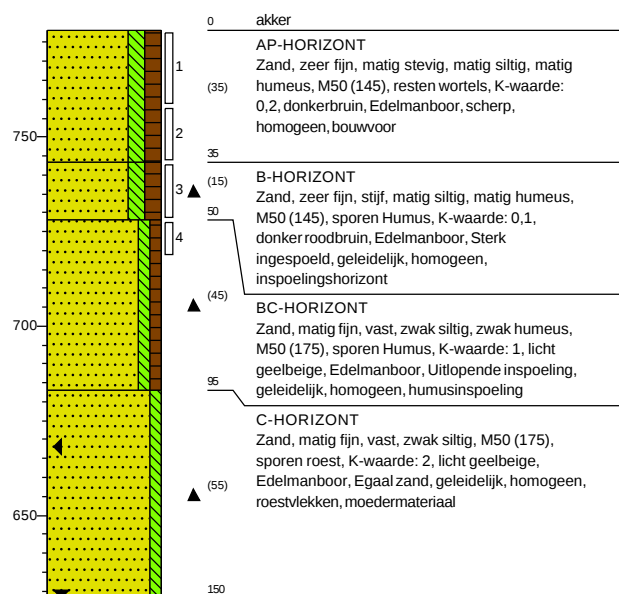
Boring: 03

X: 157210,41
Y: 450585,95
Datum: 20-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,783
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

GWS: 150

GHG: 110

Opmerking: profiel tot 150 cm en bemonstering 4 dieptes

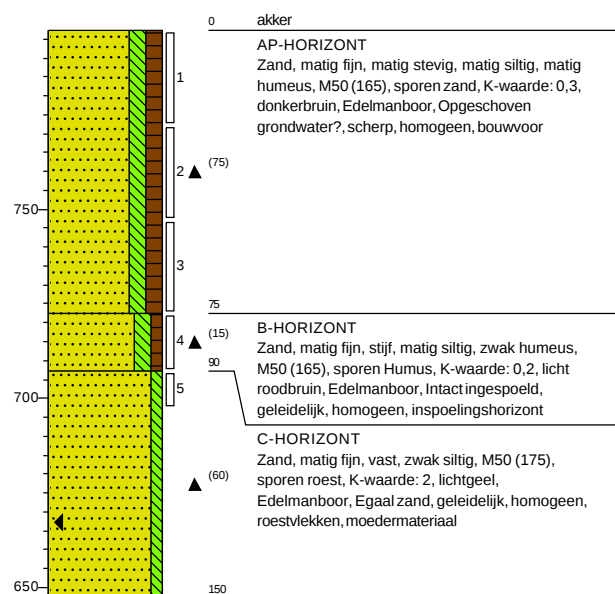


Boring: 04

X: 157255,93
Y: 450494,98
Datum: 20-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,973
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

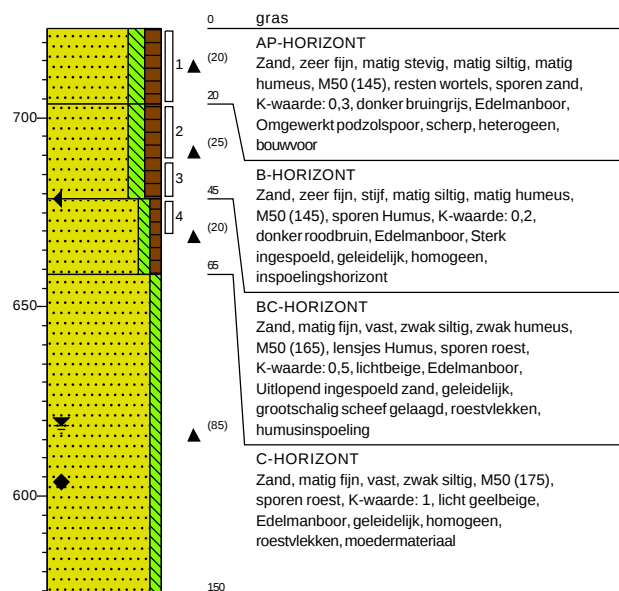
GHG: 130

Opmerking: profiel tot 150 cm en bemonstering 4 dieptes



Boring: 05

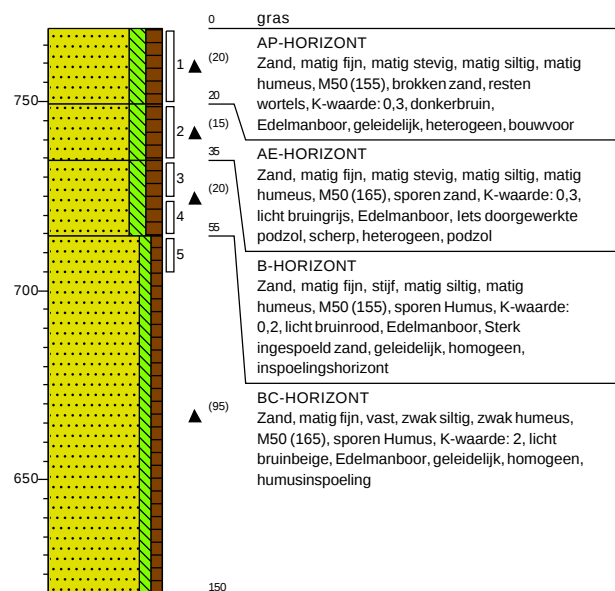
X: 157084,91
Y: 451077,23
Datum: 22-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,237
Nauwkeurigheid GPS: GPS
GWS: 105
GHG: 45
GLG: 120
Opmerking: profiel tot 150 cm en bemonstering 4 dieptes



Boring: 06

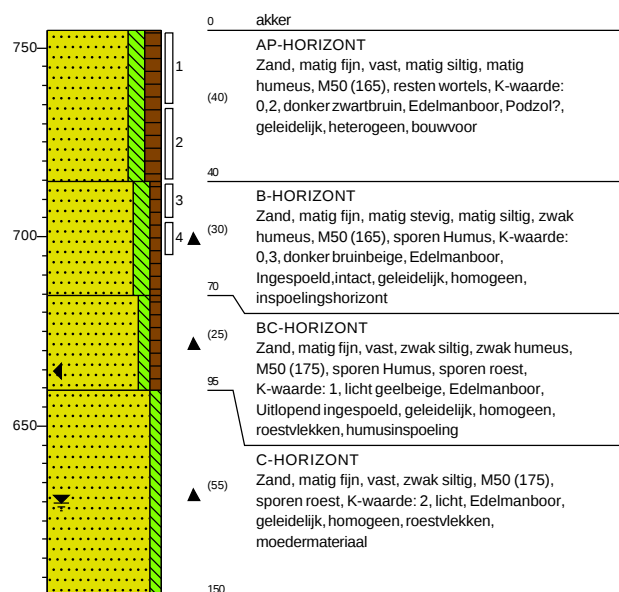
X: 156853,09
Y: 450491,48
Datum: 21-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,694
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

Opmerking: profiel tot 150 cm en bemonstering 4 dieptes



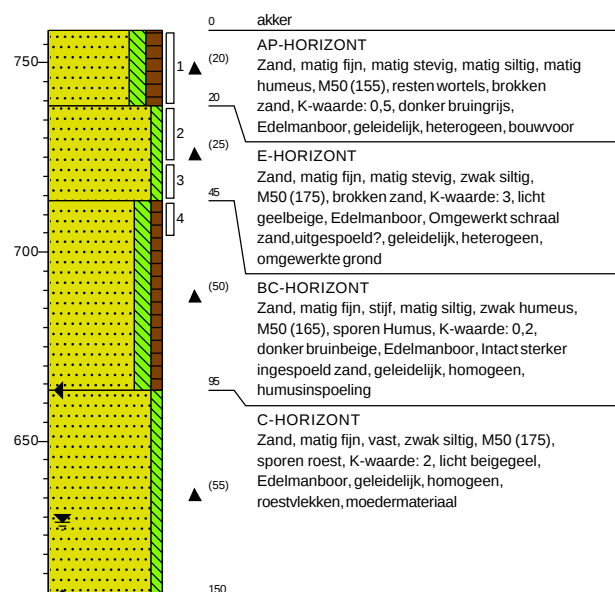
Boring: 07

X: 157164,86
Y: 450703,57
Datum: 20-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,547
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 125
GHG: 90
Opmerking: profiel tot 150 cm en bemonstering 4 dieptes



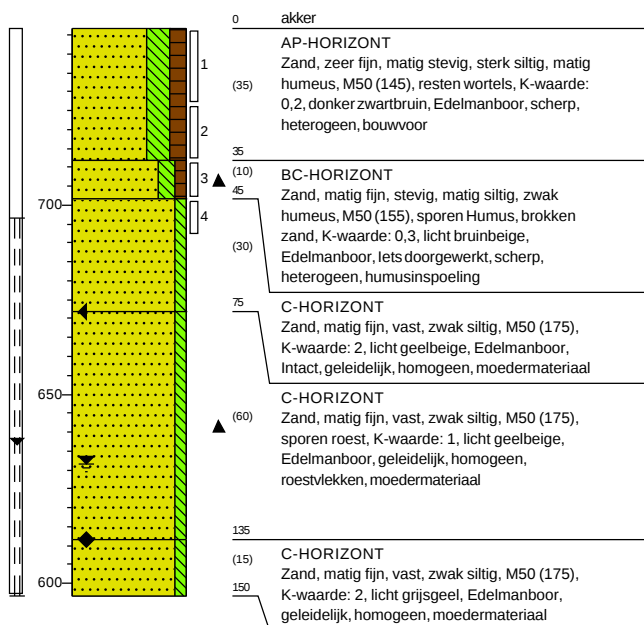
Boring: 08

X: 157285,84
Y: 450643,55
Datum: 20-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,587
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 130
GHG: 95
GLG: 150
Opmerking: profiel tot 150 cm en bemonstering 4 dieptes



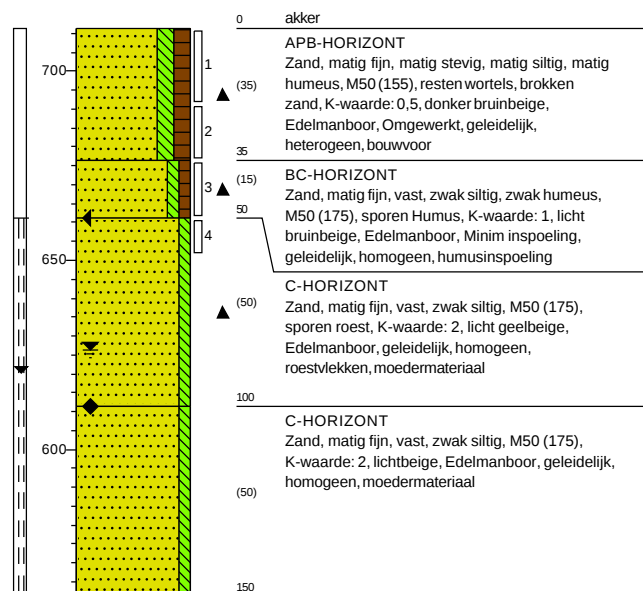
Boring: 09

X: 157387,98
Y: 450727,62
Datum: 20-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,468
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 115
GHG: 75
GLG: 135
Opmerking: profiel tot 150 cm en bemonstering 4 dieptes



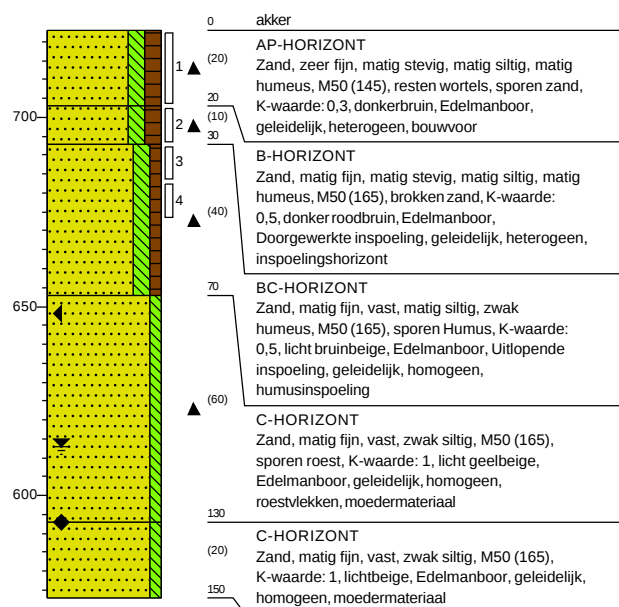
Boring: 10

X: 157265,57
Y: 450856,05
Datum: 21-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,114
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 85
GHG: 50
GLG: 100
Opmerking: profiel tot 150 cm en bemonstering 4 dieptes



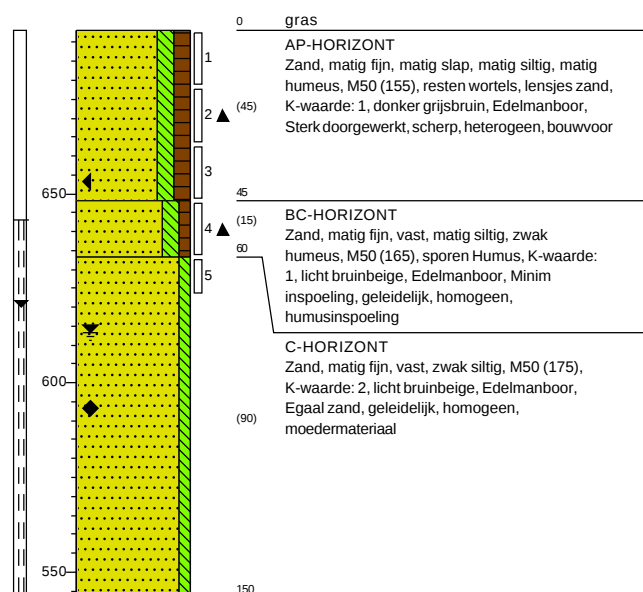
Boring: 11

X: 157154,19
Y: 450857,03
Datum: 21-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,23
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 110
GHG: 75
GLG: 130
Opmerking: profiel tot 150 cm en bemonstering 4 dieptes



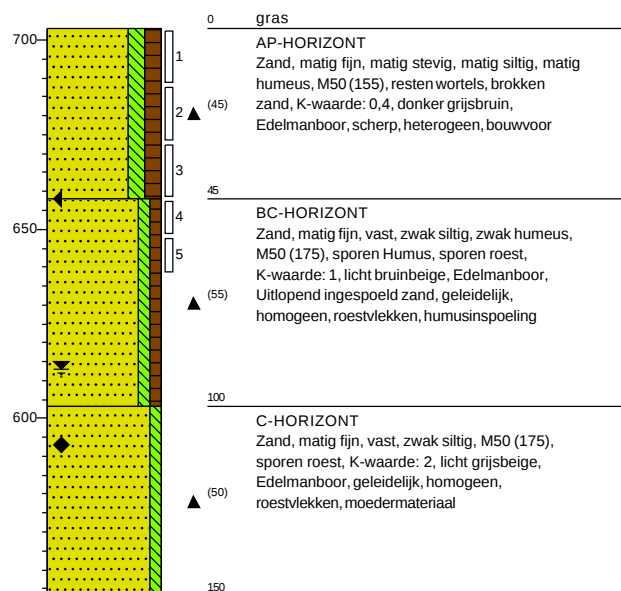
Boring: 12

X: 157233,51
Y: 451006,41
Datum: 22-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 6,932
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 80
GHG: 40
GLG: 100
Opmerking: Aan rand op nog onafgeplagd deel



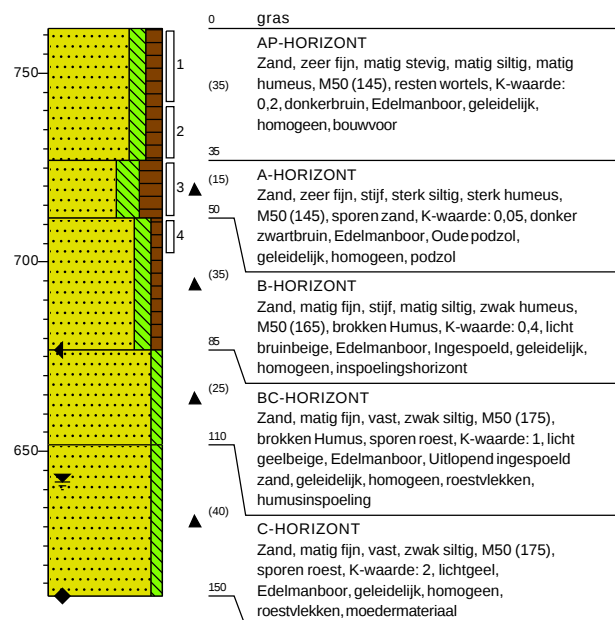
Boring: 13

X: 157129,24
Y: 451032,42
Datum: 22-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,031
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 90
GHG: 45
GLG: 110
Opmerking: profiel tot 150 cm en bemonstering 4 dieptes



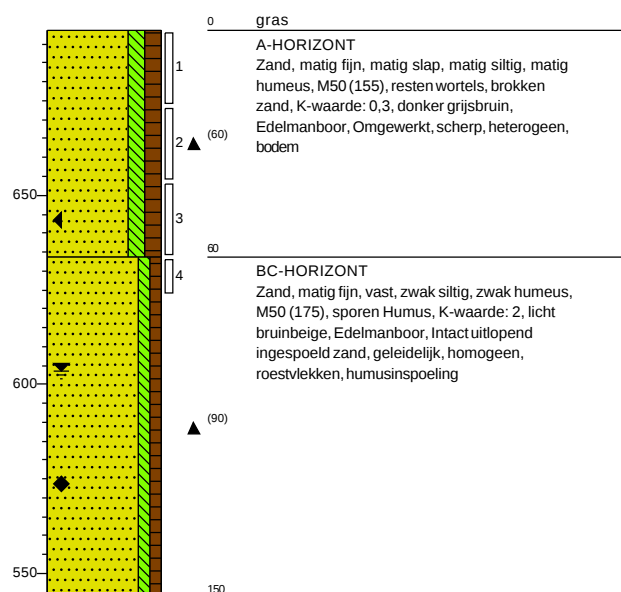
Boring: 14

X: 157013,65
Y: 450942,72
Datum: 21-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,619
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 120
GHG: 85
GLG: 150
Opmerking: profiel tot 150 cm en bemonstering 4 dieptes



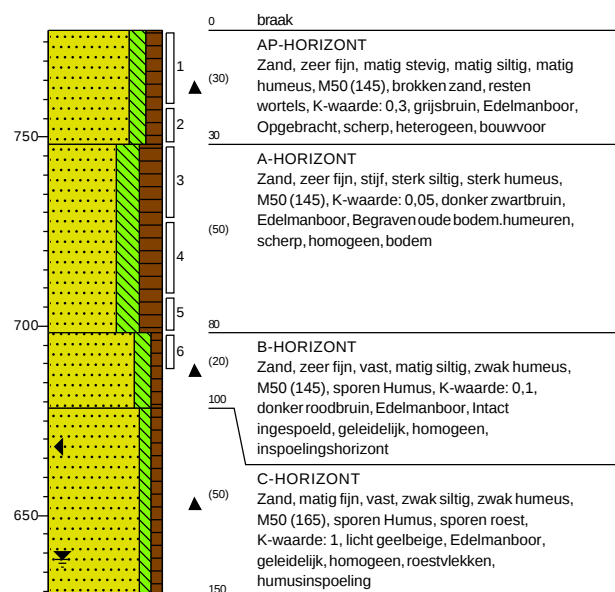
Boring: 15

X: 157108,82
Y: 450957,84
Datum: 22-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 6,937
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 90
GHG: 50
GLG: 120
Opmerking: profiel tot 150 cm en bemonstering 4 dieptes



Boring: 16

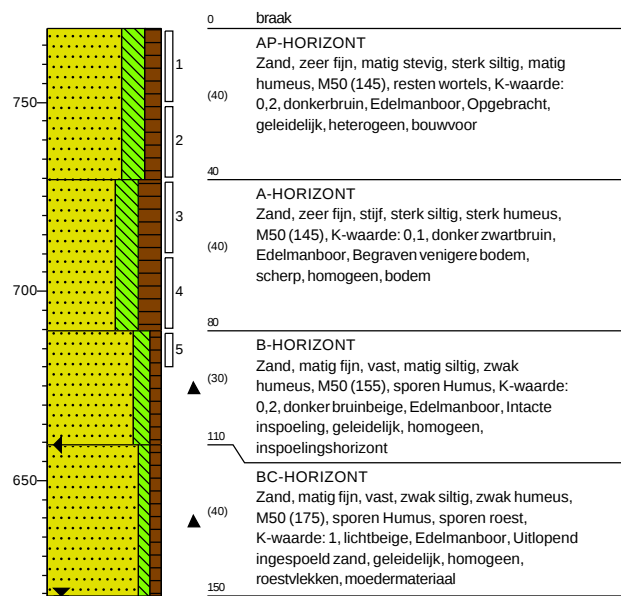
X: 156430,98
Y: 451273,51
Datum: 21-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,782
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 140
GHG: 110
Opmerking: profiel tot 150 cm en bemonstering 4 dieptes



Boring: 17

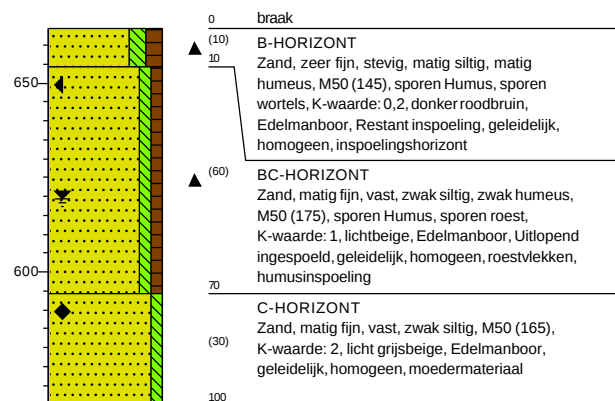
X: 156424,76
Y: 451223,39
Datum: 21-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,695
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 150
GHG: 110

Opmerking: profiel tot 150 cm en bemonstering 4 dieptes



Boring: 101

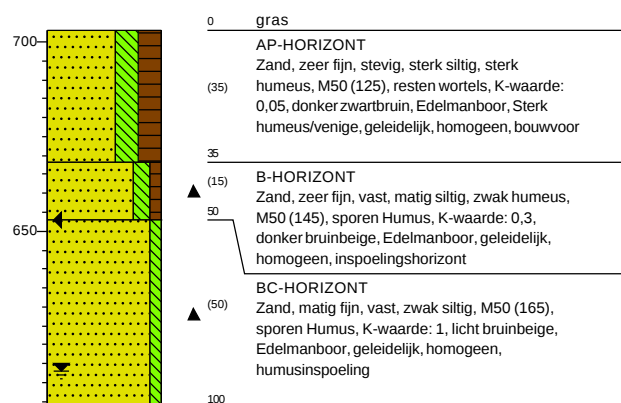
X: 157143,58
Y: 451112,25
Datum: 22-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 6,645
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 45
GHG: 15
GLG: 75
Opmerking: alleen profiel tot 100 cm



Boring: 102

X: 157131,88
Y: 451068,56
Datum: 22-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,031
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 90
GHG: 50

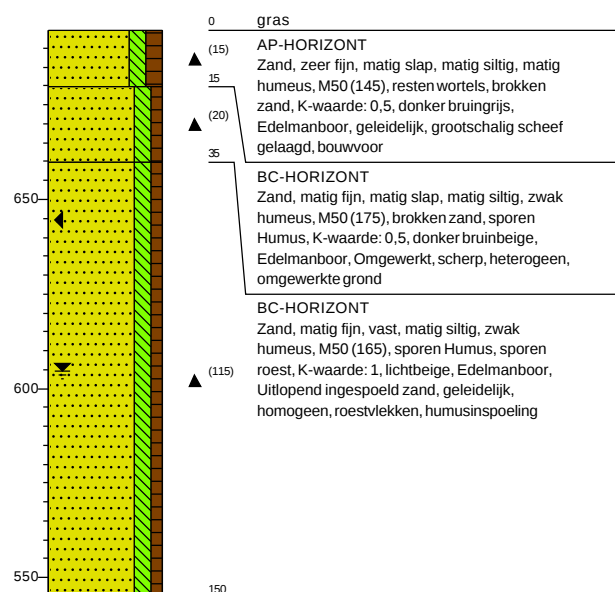
Opmerking: alleen profiel tot 100 cm



Boring: 103

X: 157107,32
Y: 450992,60
Datum: 22-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 6,947
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 90
GHG: 50

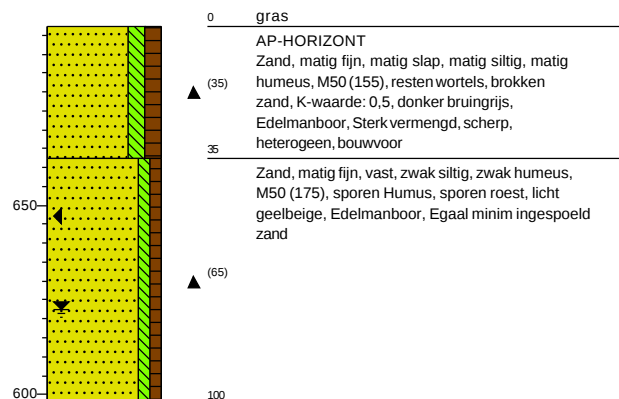
Opmerking: alleen profiel tot 100 cm



Boring: 104

X: 157087,96
Y: 450921,59
Datum: 21-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 6,974
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 75
GHG: 50

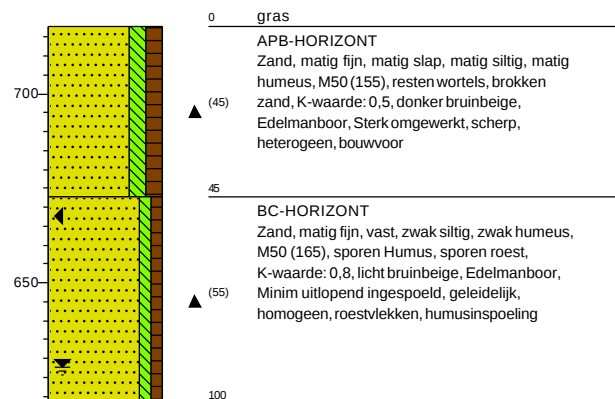
Opmerking: alleen profiel tot 100 cm



Boring: 105

X: 157068,76
Y: 450882,75
Datum: 21-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,179
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 90
GHG: 50

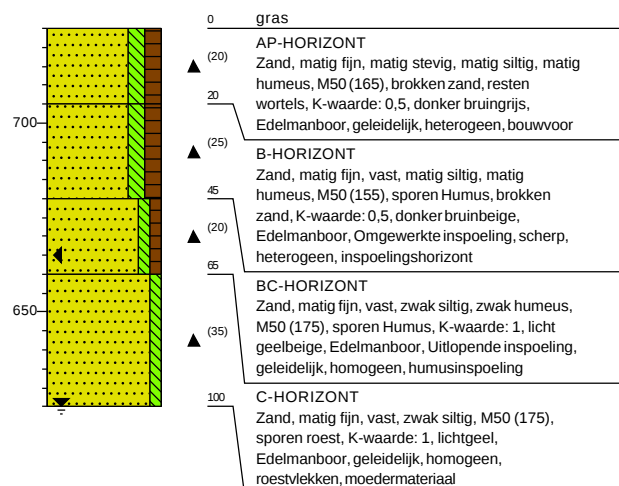
Opmerking: alleen profiel tot 100 cm



Boring: 106

X: 157037,52
Y: 451015,25
Datum: 22-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,251
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 100
GHG: 60

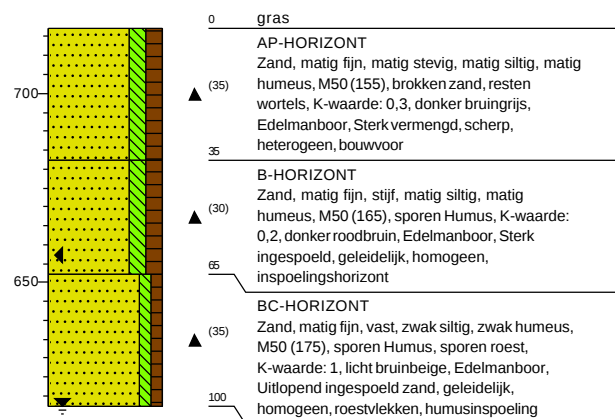
Opmerking: alleen profiel tot 100 cm



Boring: 107

X: 157078,83
Y: 450987,64
Datum: 22-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,173
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 100
GHG: 60

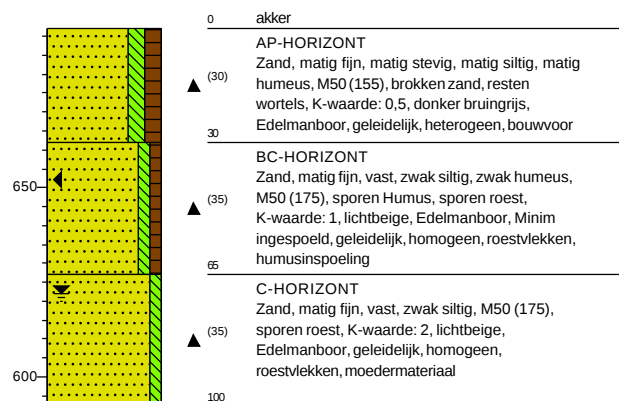
Opmerking: alleen profiel tot 100 cm



Boring: 108

X: 157159,00
Y: 450926,01
Datum: 21-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 6,922
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 70
GHG: 40

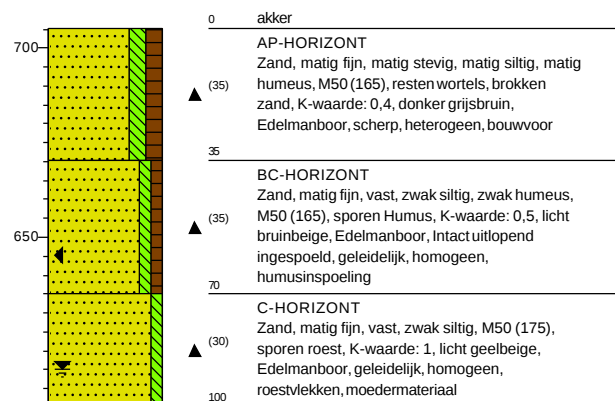
Opmerking: alleen profiel tot 100 cm



Boring: 109

X: 157214,45
Y: 450886,27
Datum: 21-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,052
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 90
GHG: 60

Opmerking: alleen profiel tot 100 cm

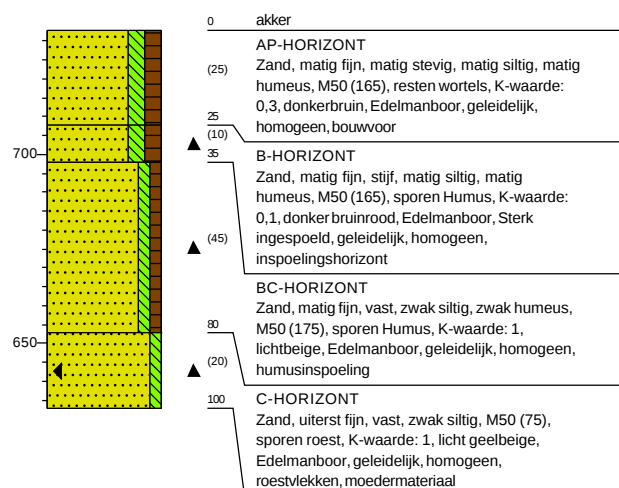


Boring: 110

X: 157302,69
Y: 450822,62
Datum: 21-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,328
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

GHG: 90

Opmerking: alleen profiel tot 100 cm

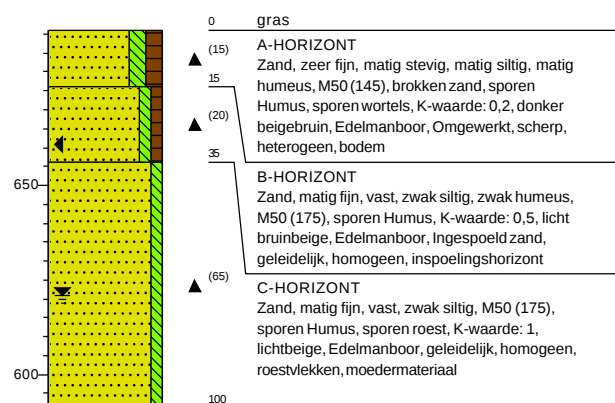


Boring: 111

X: 157297,59
Y: 450909,91
Datum: 22-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 6,911
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

GHG: 30

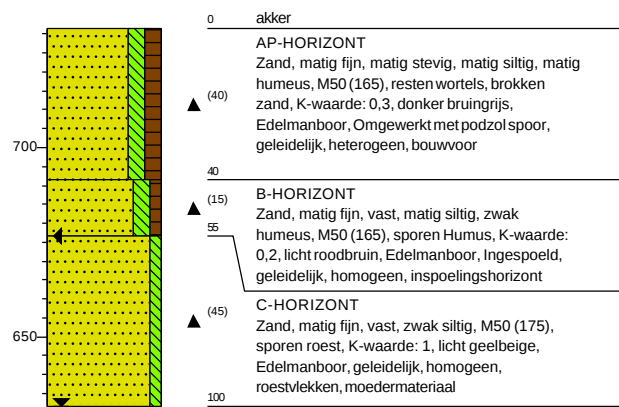
Opmerking: alleen profiel tot 100 cm



Boring: 112

X: 157244,00
Y: 450822,01
Datum: 21-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,316
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 100
GHG: 55

Opmerking: alleen profiel tot 100 cm

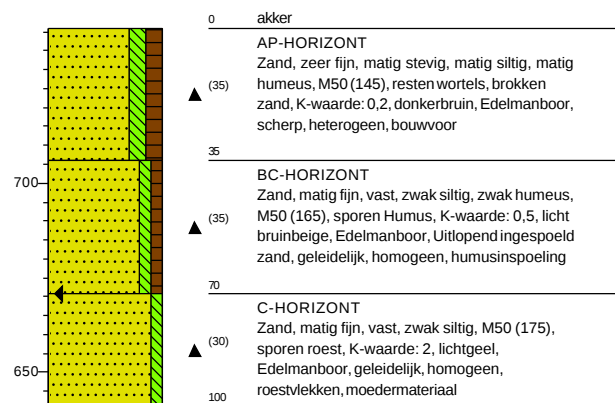


Boring: 113

X: 157217,34
Y: 450781,64
Datum: 21-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,41
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

GHG: 70

Opmerking: alleen profiel tot 100 cm

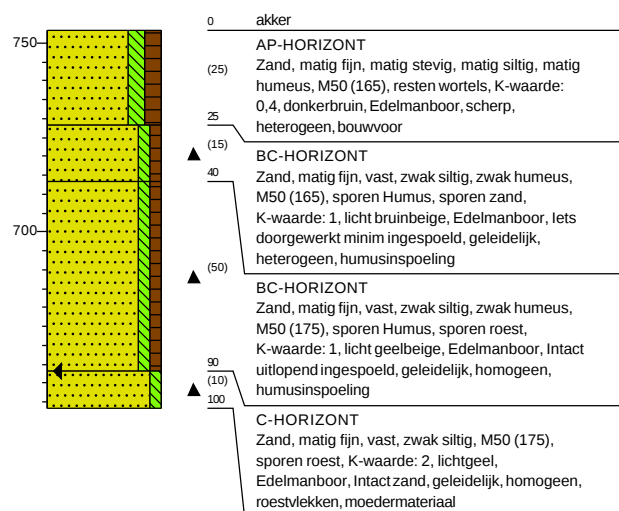


Boring: 114

X: 157191,80
Y: 450744,40
Datum: 20-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,534
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

GHG: 90

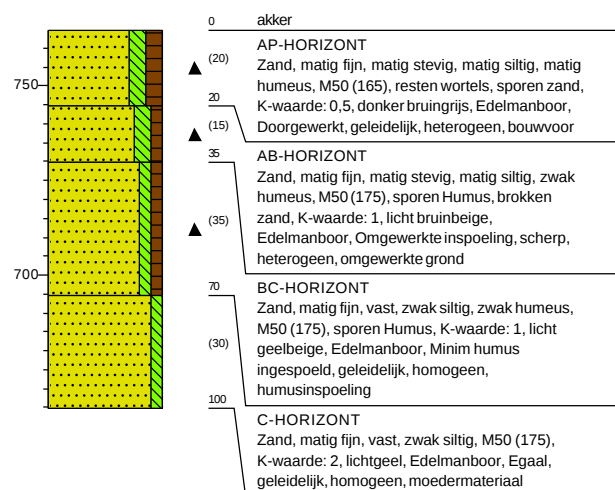
Opmerking: alleen profiel tot 100 cm



Boring: 115

X: 157133,75
Y: 450659,15
Datum: 20-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,648
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

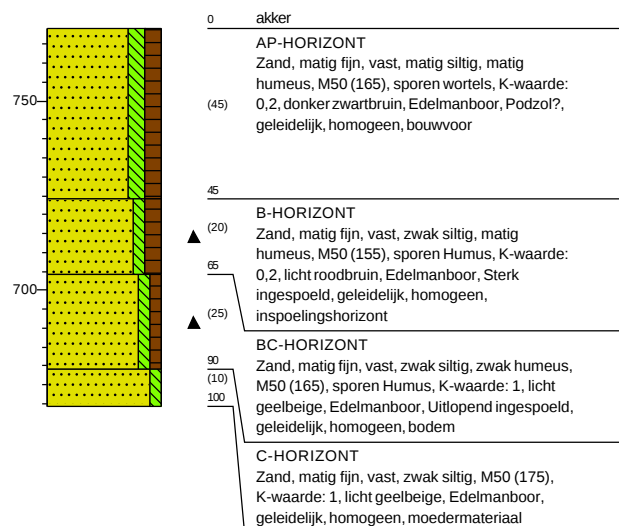
Opmerking: alleen profiel tot 100 cm



Boring: 116

X: 157107,82
Y: 450615,23
Datum: 20-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,693
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

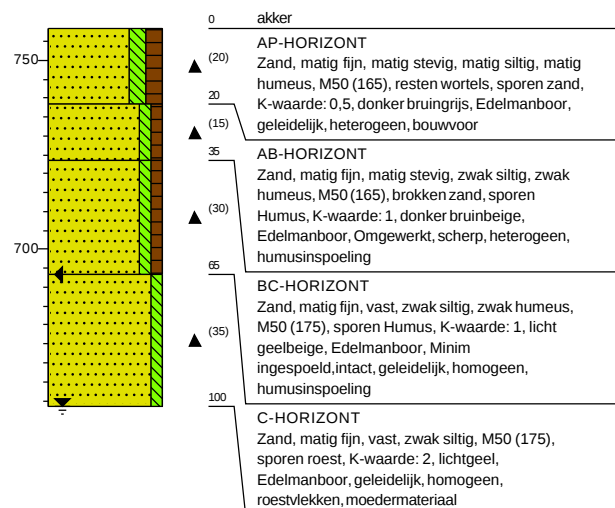
Opmerking: alleen profiel tot 100 cm



Boring: 117

X: 157143,33
Y: 450745,68
Datum: 20-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,584
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers
GWS: 100
GHG: 65

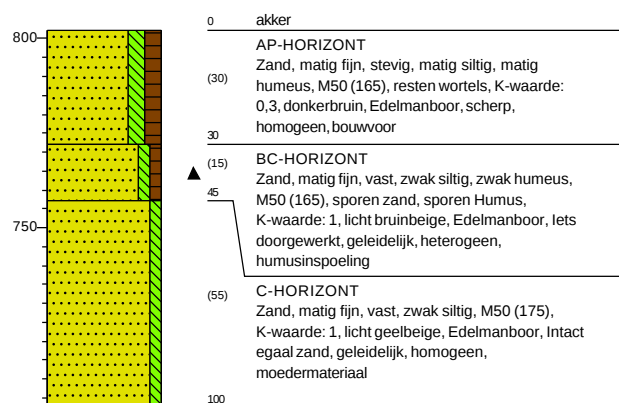
Opmerking: alleen profiel tot 100 cm



Boring: 118

X: 157182,88
Y: 450650,09
Datum: 20-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 8,022
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

Opmerking: alleen profiel tot 100 cm

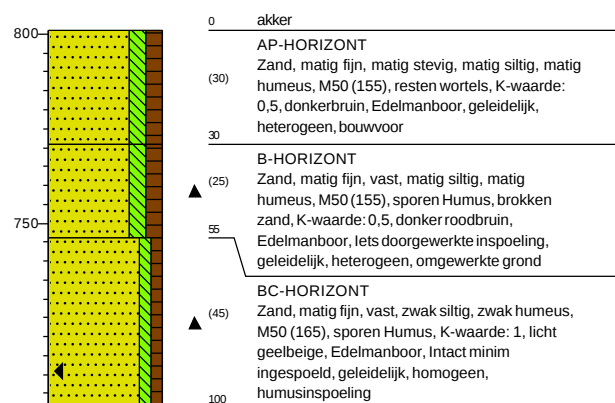


Boring: 119

X: 157238,00
Y: 450539,01
Datum: 20-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 8,011
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

GHG: 90

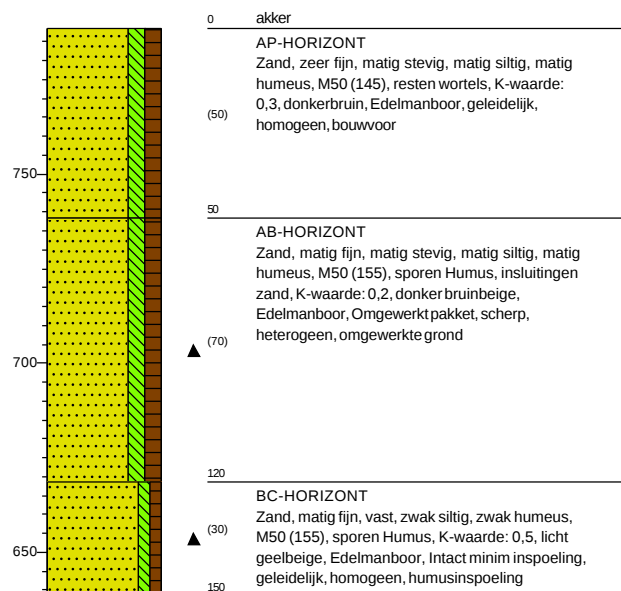
Opmerking: alleen profiel tot 100 cm



Boring: 120

X: 157278,92
Y: 450444,99
Datum: 20-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,885
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

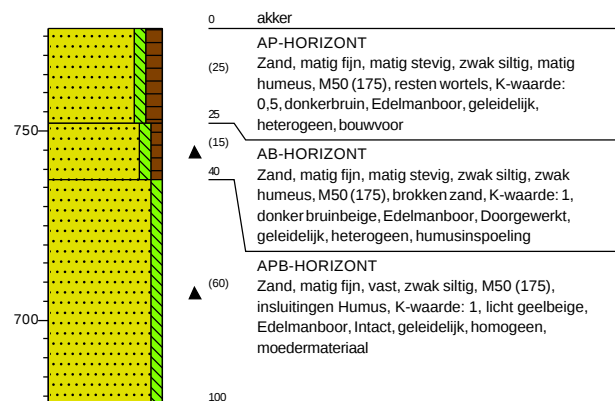
Opmerking: alleen profiel tot 100 cm



Boring: 121

X: 157055,09
Y: 450536,69
Datum: 20-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,772
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

Opmerking: alleen profiel tot 100 cm

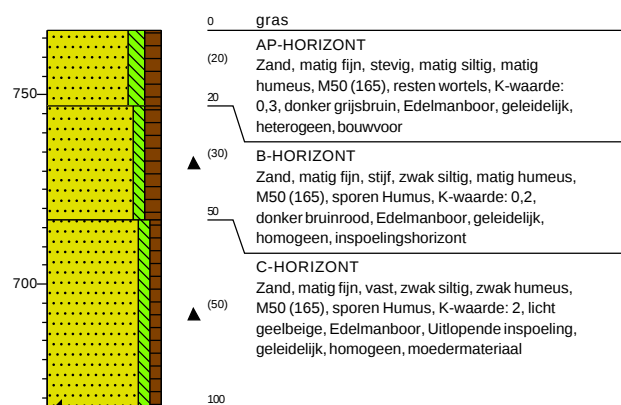


Boring: 122

X: 156929,99
Y: 450615,72
Datum: 21-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,671
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

GHG: 100

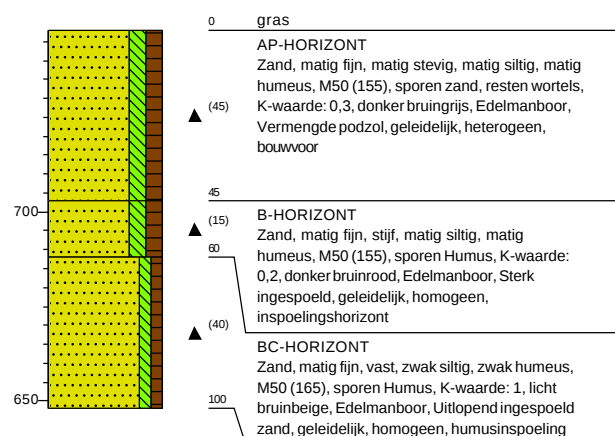
Opmerking: alleen profiel tot 100 cm



Boring: 123

X: 156991,65
Y: 450530,62
Datum: 21-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,481
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

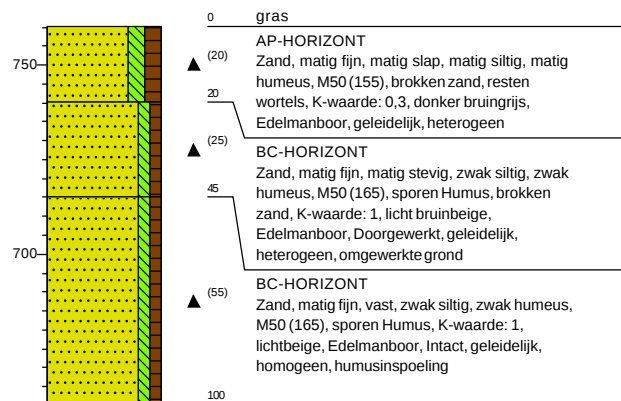
Opmerking: alleen profiel tot 100 cm



Boring: 124

X: 156926,74
Y: 450551,02
Datum: 21-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,602
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

Opmerking: alleen profiel tot 100 cm

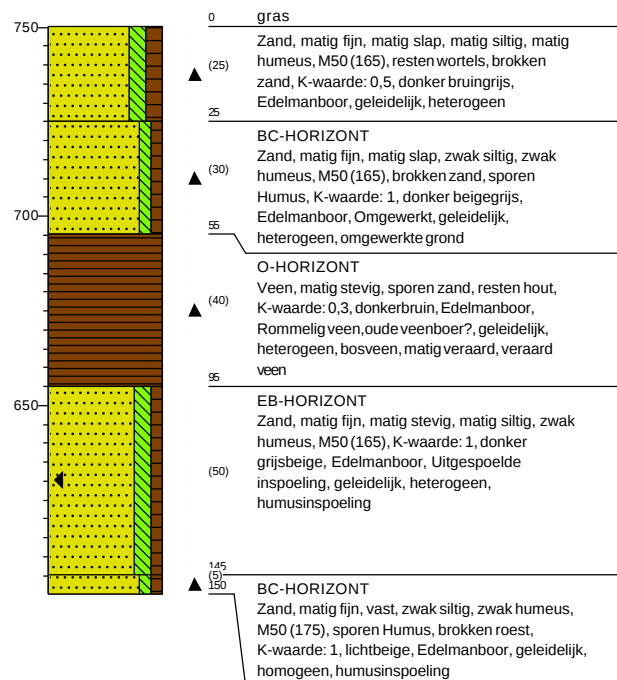


Boring: 125

X: 156889,65
Y: 450523,92
Datum: 21-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,503
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

GHG: 120

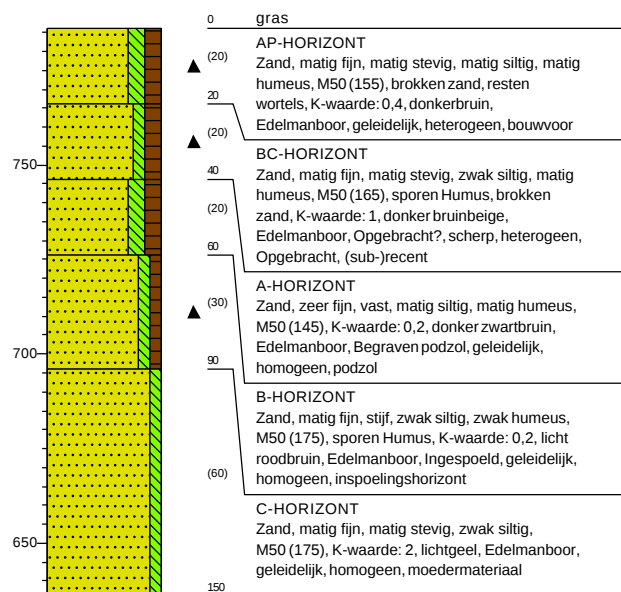
Opmerking: alleen profiel tot 100 cm



Boring: 126

X: 156819,89
Y: 450463,65
Datum: 21-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,861
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

Opmerking: alleen profiel tot 100 cm



Boring: REF

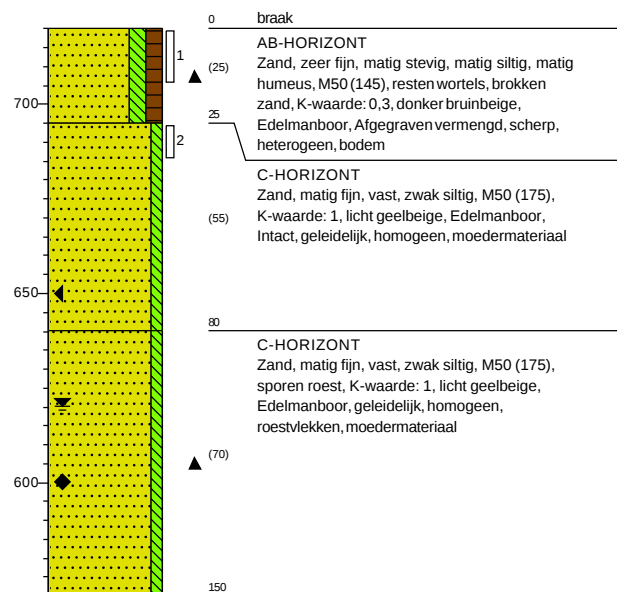
X: 157357,93
Y: 450392,05
Datum: 20-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,201
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

GWS: 100

GHG: 70

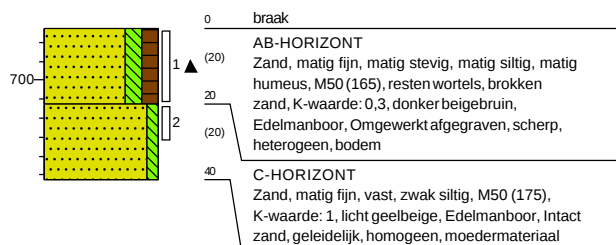
GLG: 120

Opmerking: alleen toplaag 0-15 cm (geplagde zone)



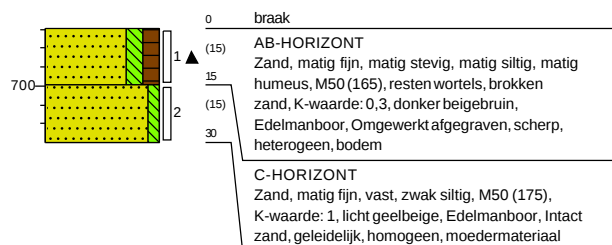
Boring: Ref A

X: 157357,91
Y: 450394,12
Datum: 20-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,137
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



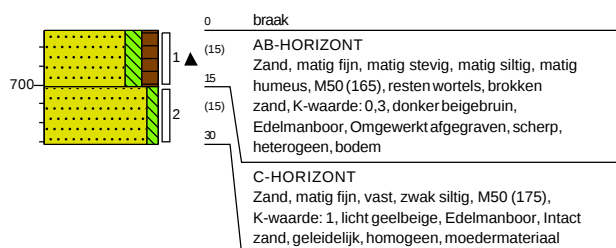
Boring: Ref B

X: 157355,79
Y: 450392,54
Datum: 20-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,153
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



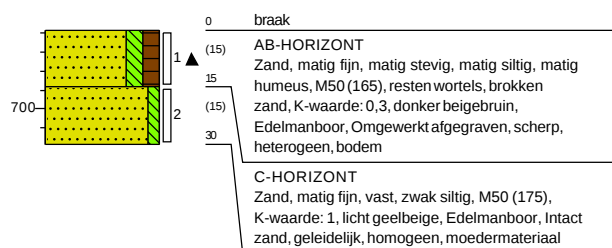
Boring: Ref C

X: 157357,67
Y: 450390,71
Datum: 20-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,145
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



Boring: Ref D

X: 157359,40
Y: 450392,00
Datum: 20-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P.: 7,208
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers



Boring:

Poel

X: 156439,16
Y: 451296,44
Datum: 21-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P. : 6,283
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

Boring:

Ow-01

X: 157247,22
Y: 451007,23
Datum: 22-9-2021
Boormeester: Jan Vermeer
N.A.P. : 6,192
Nauwkeurigheid GPS: RTK, fixed integers

0 waterspiegel

0 waterspiegel

B
ware

www.b-ware.eu