

Second opinion herinrichtingsplan kleiput Winterswijk



OPDRACHTGEVER: GEMEENTE WINTERSWIJK

OPDRACHTNEMER: AQUATISCH KENNISCENTRUM WAGENINGEN (AKWA)

NIOO-REFERENTIE: 2020-15-05

PROJECTNUMMER:

DATUM: 16-11-2020

COLOFON

AUTEURS: *DR. L.N. DE SENERPONT DOMIS (AKWA, NIOO-KNAW/WUR), DR. S. TEURLINCX, Y. VERSTIJNEN, PROF DR. A.J.P. SMOLDERS*

CONTACT: *L.N. DE SENERPONT DOMIS (L.DESENERPONTDOMIS@NIOO.KNAW.NL)*

AQUATISCH KENNISCENTRUM WAGENINGEN

AFDELING AQUATISCHE ECOLOGIE, NIOO-KNAW

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Managementsamenvatting	4
1: Achtergrond herinrichting kleiput Winterswijk.....	5
2. Aanpak.....	7
2.1 Startgesprek	7
2.2. Veldonderzoek.....	7
2.3 Bronnenonderzoek.....	8
3. Resultaten en discussie	9
3.1 Wat zijn de beoogde (natuur-)doelstellingen voor de kleiput?	9
3.2 Is de huidige bodem- en waterkwaliteit voldoende voor de realisatie van de beoogde natuurwinst?	15
3.3. Wat zijn de mogelijk belangrijke en minder belangrijke stuurfactoren in het bepalen van de huidige bodem- en waterkwaliteit van de kleiput in Winterswijk?	25
3.4. Welke onderdelen zijn op basis van fase 1 belangrijk om nader te onderzoeken in fase 2 om te komen tot een gericht advies voor de herinrichting van de kleiput in Winterswijk, en de eventueel aanvullende maatregelen die benodigd zijn om (alsnog) de beoogde natuurwinst M11 te behalen?	26
4. Conclusie en aanbevelingen	27
5. Literatuurreferenties	28
Bijlage 1: Overzicht door Actiegroep Behoud Kleiput verstrekte gegevens	29
Bijlage 2: analysemethoden bodem- en waterkwaliteit	30
Bewerking van de bodemmonsters.....	30
Watermonsters.....	30
Chemische analyses.....	31

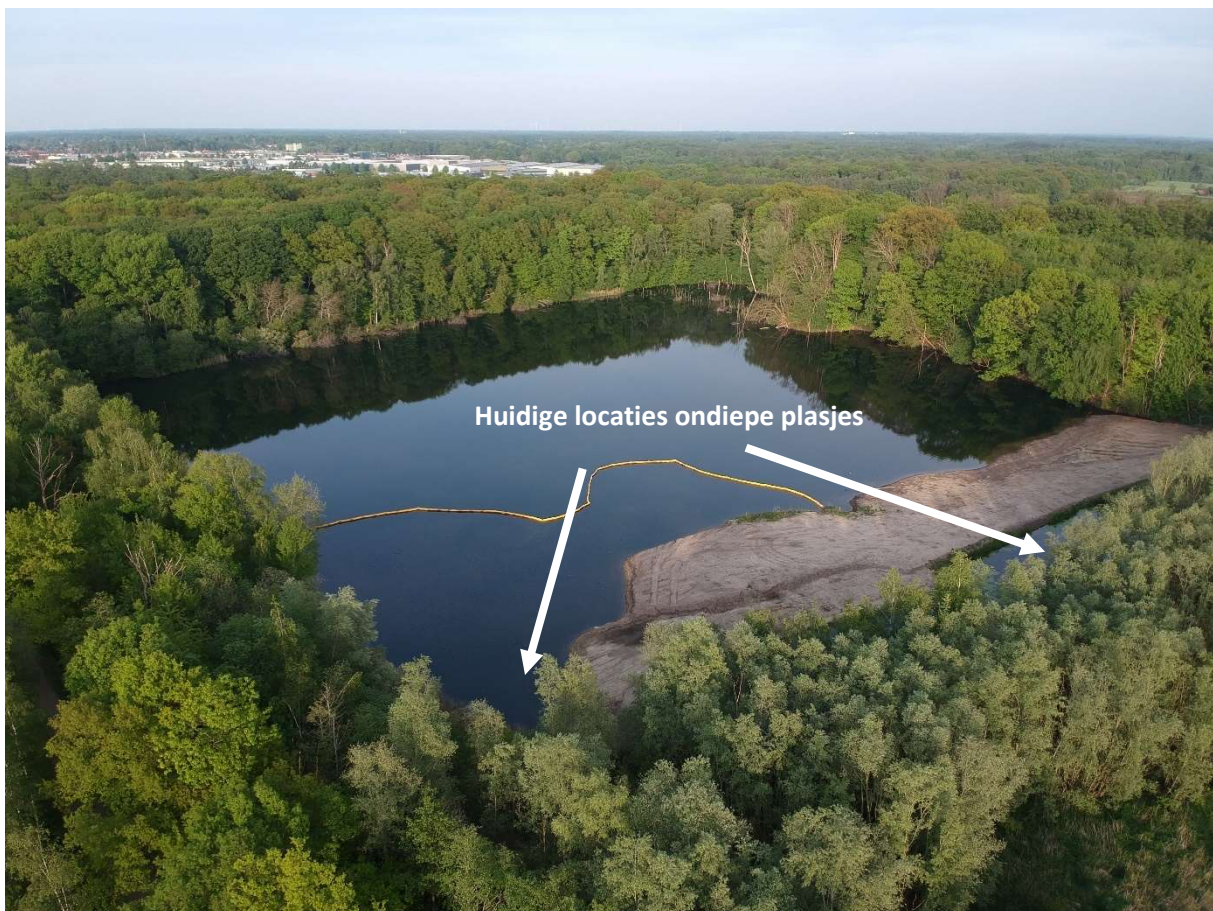
Managementsamenvatting

De kleiput aan de Driemarkweg in Winterswijk is gelegen tussen een bosgebied en de voormalige vuilstortplaats WAL. De plas is in de jaren negentig ontstaan als gevolg van kleiwinning. Volgens het huidige bestemmingsplan, heeft de plas heeft een natuurbestemming en geen officiële zwem- of sportvisfunctie. De plas maakt onderdeel van het Gelders Natuurnetwerk. Op 6 november 2018 is gestart met de verondieping van de kleiput aan de Driemarkweg, als eerste deelproject uit de Gebiedsvisie Molenveld (2018) dat in uitvoering ging. Door de plas ondieper te maken en het aanbrengen van meer variatie in de waterdiepte (glooiende oevers) werd beoogd een aanmerkelijke natuurwinst te behalen, dé doelstelling van het verondiepingsproject, zoals ook in het Inrichtingsplan kleiput Driemarkweg en omgeving van 4 oktober 2018 staat vermeld. Om nader te onderzoeken of de huidige bodem- en waterkwaliteit op dit moment voldoende potentie heeft voor de realisatie van de beoogde natuurwinst hebben het AKWA/NIOO-KNAW en onderzoeksbureau B-ware een bronnen- en veldonderzoek (als momentopname) uitgevoerd in de zomer van 2020. Het streefbeeld zoals dat in de gebiedsvisie is beschreven voor de plas was Kader Richtlijn Watertype M11; i.e. een kleine, ondiepe, gebufferde plas.

Het onderzoek naar de huidige situatie laat zien dat **zonder aanvullende maatregelen** de huidige bodem- en waterkwaliteit van de plas het realiseren van het toekomstig streefbeeld bemoeilijken. Op basis van de beperkte hoeveelheid gegevens die in het verleden en in de zomer van 2020 zijn verzameld, ontstaat het beeld van een plas die in het verleden door pyrietoxidatie in kleiconcreties sulfaatrijk en regelmatig zuur was, wat destijds zeer waarschijnlijk een beperking vormde voor waterfauna en -flora. Door de bufferende werking van de sliblaag die zich over de jaren heen in de plas heeft opgebouwd, lijkt de plas minder zuur te zijn geworden en productiever. Deze productiviteit vindt niet door waterplanten plaats, maar door algen in de waterkolom en op de bodem. Hoewel de reeds ingebrachte grond voedselarm is dan de oorspronkelijke klei en sliblaag, is die op dit moment nog steeds te voedselrijk om te voldoen aan de voorwaarden voor Goed Ecologisch Potentieel van KRW M11 type in de toekomst. Er wordt dan ook een aantal vervolgstappen aanbevolen, i.e. (1) uitvoeren van een systeemanalyse om de belangrijkste nutriëntenposten van de plas beter in kaart te brengen ten einde tot een gericht maatregelen pakket te komen voor het realiseren van het streefbeeld; (2) nader testen van de invloed van het afdekzand door het experimenteel te vernatten, (3) definiëren van maatregelenpakket om het beoogde streefbeeld M11 te realiseren.

1: Achtergrond herinrichting kleiput Winterswijk

De kleiput aan de Driemarkweg in Winterswijk (Fig. 1) is een plas die volgens de gemeente Winterswijk gemiddeld 8 m diep en 3,8 ha groot is, en is gelegen tussen een bosgebied en de voormalige vuilstortplaats WAL. De plas is in de jaren negentig ontstaan als gevolg van kleiwinning. Het is een hydrologisch geïsoleerde plas die primair gevoed lijkt te worden door regenwater, en beperkt door grondwater in het bovenste watervoerend pakket (2m diep). Het water doorvoerend vermogen van de dieper gelegen klei (>2m dik) lijkt nihil te zijn. De plas is omzoomd door bomen, kenmerkt zich door de aanwezigheid van steile oeverwanden, een vrij lage pH (met name in het verleden) en hoge sulfaatconcentraties. Volgens het huidige bestemmingsplan, heeft de plas heeft een natuurbestemming en geen officiële zwem- of sportvisfunctie. De plas maakt onderdeel van het Gelders Natuurnetwerk.



Figuur 1: Kleiput aan de Driemarkweg in Winterswijk (Bron: Gemeente Winterswijk). Vanuit de landtong wordt de toe te passen grond het water ingeschoven. De witte pijlen geven de locatie van de ondiepe plasjes die ontstaan zijn tijdens de grondtoepassing.

Op 6 november 2018 is gestart met de verondieping van de kleiput aan de Driemarkweg, als eerste deelproject uit de Gebiedsvisie Molenveld (2018) dat in uitvoering ging. De toe te passen grond is gekwalificeerd met kwaliteitsklasse B “Industrie”, wat betekent dat de grond licht verontreinigd kan zijn. Door de gemeente was in het Inrichtingsplan kleiput uit 2018 beoogd om ca. 220.000 m³ grond toe te passen, waarvan in de afgelopen vulperiodes reeds 39.496 m³ is toegepast. De toe te passen grond wordt vanuit een landtong de plas ingeschoven (Fig. 1). In afwachting van nader onderzoek zijn de grondtoepassingswerkzaamheden in oktober 2019 voorlopig gestaakt. Op dit moment bevinden zich naast de landtong twee ondiepe plasjes (Fig. 1).

Door de plas ondieper te maken en het aanbrengen van meer variatie in de waterdiepte (glooiende oevers) werd beoogd een aanmerkelijke natuurwinst te behalen, dé doelstelling van het project, zoals ook in het Inrichtingsplan 'kleiput Driemarkweg en omgeving' van 4 oktober 2018 staat vermeld.

De kwaliteit van de toegepaste grond moet aan de normen van het Besluit Bodemkwaliteit (BBK, 2008) voldoen, zodat wateren niet of beperkt vervuild worden met gebiedsvreemde stoffen zoals zware metalen, maar ook zoals recentelijk vastgelegd PFAS (<https://www.rivm.nl/pfas>). Belangrijk is hierbij op te merken dat het BBK geen concentratienormering hanteert voor nutriënten. Bij het verspreiden van baggerspecie moet de wettelijke zorgplicht in acht wordt genomen. Deze zorgplicht betekent dat iedereen die weet of redelijkerwijs kan vermoeden dat nadelige gevolgen kunnen optreden als gevolg van een toepassing, maatregelen moet nemen om verontreiniging te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken.

Waterbeheerders kunnen bij het toepassen van de Besluit Bodemkwaliteit of Wet Bodembescherming kiezen tussen gebiedsspecifiek beleid en generiek beleid.

De visie van Waterschap Rijn en IJssel ten aanzien van het verondiepen van de kleiput in Winterswijk is als volgt: "Het opvullen van diepe plassen met de in het beheergebied van Waterschap Rijn en IJssel vrijkomende baggerslib-, en grondstromen heeft tot doel een algemene waterkwaliteits-verbetering in het beheergebied. Gevolg is dat plaatselijk de waterkwaliteit van een diepe plas kan verslechteren. Hiermee wordt invulling gegeven aan het standstill-principe op gebiedsniveau. Onder waterkwaliteit wordt zowel de ecologie als de chemie verstaan. Verbetering van waterkwaliteit betekent niet alleen verbetering van de chemische kwaliteit, maar kan ook een verbetering zijn van de waterflora en -fauna. Het nuttig toepassen van grond en baggerspecie, ter vervanging van primaire grondstoffen, voor natuurontwikkeling is ook mogelijk indien de chemische waterkwaliteit al goed is, indien door de toepassing de ecologie verbetert." (Bron: wrij-beleidsregels-verondiepen-van-diepe-plassen-020713-bijlage-1).

Doel van het onderzoek:

AKWA en Onderzoekcentrum B-WARE zijn gevraagd een momentopname te maken en om de huidige staat van de kleiput én het verdere verloop van de herinrichting van de plas te toetsen op het behalen van de natuurdoelstellingen van de plas. In een eerste fase is middels gesprekken met de belanghebbenden, bronnenonderzoek en beperkt veldonderzoek antwoord gegeven op de volgende vragen:

1. Wat zijn de beoogde (natuur-)doelstellingen voor de kleiput?
2. Is de huidige bodem- en waterkwaliteit voldoende voor de realisatie van de beoogde natuurwinst?
3. Wat zijn de mogelijk belangrijke en minder belangrijke stuurfactoren in het bepalen van de bodem- en waterkwaliteit van de kleiput in Winterswijk?
4. Welke onderdelen zijn op basis van fase 1 belangrijk om nader te onderzoeken in fase 2 om te komen tot een gericht advies voor de herinrichting van de kleiput in Winterswijk, en de eventueel aanvullende maatregelen die benodigd zijn om de beoogde natuurwinst te behalen?

2. Aanpak

2.1 Startgesprek

In een startgesprek met de bij dit project betrokken gemeenteambtenaren werd duidelijk wat de beoogde (natuurwinst)doelstellingen zijn voor de kleiput in Winterswijk.

2.2. Veldonderzoek

Op 2-7-2020 en op 10-7-2020 is de huidige bodem- en waterkwaliteit (Tabel 1) van zowel locaties die recentelijk verondiept zijn als mede niet verondiepte locaties bemonsterd (totaal 14 locaties, zie Fig.2). Daarnaast is met behulp van een echosounder een bathymetrische kaart gemaakt van de plas om het huidige volume en oppervlakte van de plas te berekenen. Deze exercitie is ook benodigd om inzicht te krijgen in de huidige relatieve dikte van de sliblaag (bodemhardheidskaart). Tevens zijn het aantal op de plas aanwezige vogelsoorten geteld.



Figuur 2: Overzichtskartaal monsterpunten. Locatie 7 en 14 liggen respectievelijk in 2 afgesloten ondiepe plasjes, door een landtong afgescheiden van het overige deel van de plas (d.d. juli 2020, zie ook Fig.1)

Tabel 1: Overzicht gemeten bestaande water- en bodemkwaliteit parameters gemeten in de kleiput in juli 2020

Compartiment	Parameter	Type monster	Aantal locaties	Gebruikt apparaat/methode
Water	pH	Profiel	14	Hydrolab multimeter
	Temperatuur	Profiel	14	Hydrolab multimeter
	pH	Profiel	14	Hydrolab multimeter
	Opgelost zuurstof	Profiel	14	Hydrolab multimeter
	Licht (PAR)	Profiel	14	Hydrolab multimeter
	Conductiviteit	Profiel	14	Hydrolab multimeter
	Helderheid	n.v.t.	14	Secchi-schijf
	Chl-a per functionele fytoplankton groep	Epilimnion en hypolimnion (indien aanwezig)	14	Phytopam fluorimeter
	Nutriënten en elementen	Oppervlakte en halve meter diep	1	Zie bijlage 2
Bodem	Drooggewicht en organische stof	Vaste bodem	14	Zie bijlage 2
	Nutrienten en elementen	Vaste bodem	14	Zie bijlage 2
	pH, TIC, nutrienten en elementen	Vaste bodem	14	Zie bijlage 2
Water/bodem	Vegetatie	n.v.t.	14	Werphark
Meer	Vogeltellingen	Totaal oppervlak	n.v.t	Visuele inspectie
	Diepteverdeling	Totaal oppervlak	n.v.t	Hummingbird HELIX 5
	Bodemhardheid	Totaal oppervlak	n.v.t	Hummingbird HELIX 5

Nabij locatie 6 en 7 werden tevens monsters genomen met behulp van poreuze ceramische cups om de huidige methaanconcentratie te bepalen in de bestaande waterbodem. In bijlage 2 staat een uitgebreidere methodeomschrijving voor de bodem- en waterkwaliteit die is uitgevoerd door B-ware.

2.3 Bronnenonderzoek

Aan de hand van de gegevens van het veldbezoek, alsmede de gegevens die aangeleverd zijn door de gemeente, Waterschap Rijn en IJssel, alsmede de Actiegroep Behoud Kleiput (zie voor overzicht bijlage 1) hebben we geprobeerd inzicht te krijgen in de belangrijke en minder belangrijke stuurfactoren die van invloed zijn op de huidige ecologische toestand van de kleiput in Winterswijk. Aan de hand van dit bronnenonderzoek hebben we bepaald welke aanvullende onderzoekstappen benodigd zijn om te komen tot een gericht advies voor de herinrichting van de kleiput in Winterswijk, en de eventueel aanvullende maatregelen die benodigd zijn om de beoogde natuurwinst te behalen (fase 2).

3. Resultaten en discussie

3.1 Wat zijn de beoogde (natuur-)doelstellingen voor de kleiput?

In het gesprek met de gemeente, alsmede op grond van de door de Actiegroep Behoud Kleiput aangeleverde stukken zijn de oorspronkelijke uitgangspunten voor de herinrichting van de plas en omgeving als volgt geformuleerd:

1. Herinrichting van de kleiput ten behoeve van natuurontwikkeling;
2. Het ontwikkelen van een gebiedsvisie voor de kleiput en de directe omgeving;
3. Het realiseren van uitvoeringsprojecten voortvloeiend uit de opgestelde gebiedsvisie voor zover daarvoor financiële ruimte verkregen is (door toepassing van grondoverschotten);
4. Versterken van natuurwaarden en cultuurhistorische waarden in de omgeving van de kleiput;
5. Het versterken van de mogelijkheden voor extensieve recreatie in het gebied;
6. Gebruik van grondoverschotten opdat uit besparingen financiële middelen gegenereerd worden voor het herinrichtingsproject kleiput en de ontwikkeling van de omgeving van de kleiput;
7. Het realiseren van een relatief goedkope afzetmogelijkheid voor hergebruiksgrond dat in de omgeving van Winterswijk vrijkomt.

Als streefbeeld voor de kleiput wordt het KRW (Kader Richtlijn Water) type M11 gehanteerd (Altenburg et al. 2013), een kleine ondiepe gebufferde plas. Voorafgaand aan verondieping lijkt de kleiput eerder tot het M16 type te behoren, nl. een kleine, gebufferde diepe plas (nulsituatie 2018).

De onderliggende aanname van de door de gemeente beoogde natuurwinst is dat door het creëren van een moeraszone en ondiepe oever, er een groter areaal voor waterplanten, macrofauna en vissen wordt gecreëerd, en dat het op dit moment ontbreken hiervan de primaire reden is voor de veronderstelde lage natuurwaarde van de plas voor de verondiepingswerkzaamheden. Natuurwinst is niet een wetenschappelijk onderbouwde objectieve term, en het is dan ook niet duidelijk wanneer een gebied een lage danwel hoge natuurwaarde heeft, d.w.z. is dat op basis van een aantal doelsoorten, op basis van het creëren van habitats, is de natuurwinst beoogd voor de onderwaternatuur van de kleiput of vooral voor de terrestrische natuur rondom de kleiput? De vaak veronderstelde aanname dat diepe plassen ecologisch dood zijn, is overigens ontkracht door het promotiewerk van Laura Seelen. Dit werk laat zien dat dit sterk afhankelijk is van de trofiegraad van het systeem (Seelen et al. 2019).

Het streefbeeld (Fig. 3) zoals dat beschreven is in de nulmeting van Econsultancy (Econsultancy, 2018) weerspiegelt deze aannames. De nulmeting van Econsultancy was primair gericht op het in kaart brengen van de terrestrische natuurwaarden voorafgaand aan de verondieping, en niet van de aquatische natuurwaarden. Tijdens deze nulmeting is geen macrofauna bemonsterd. Tijdens de nulmeting zijn er in de gehele plas geen ondergedoken waterplanten gevonden, en kon de visstandbemonstering niet of beperkt plaatsvinden met de voor dergelijke plassen gebruikelijke combinatie van zegens en elektrovisserij, waardoor de visstand naar alle waarschijnlijkheid onderschat werd. Op basis van deze nulmeting kan dus natuurwinst voor de onderwaternatuur alleen gekwantificeerd worden voor waterplanten en niet voor macrofauna en vis.

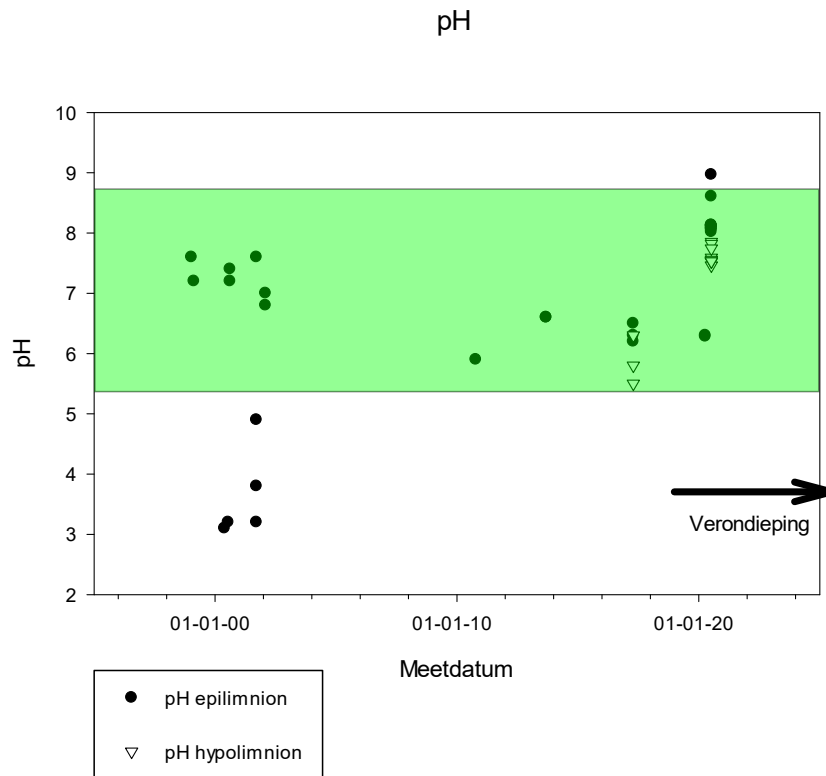


Figuur 3: Streefbeeld voor de herinrichting van de kleiput zoals geformuleerd door Econsultancy (Econsultancy, 2018).

3.1.1 Waterkwaliteit in de periode 1998-2020

Zuurgraad

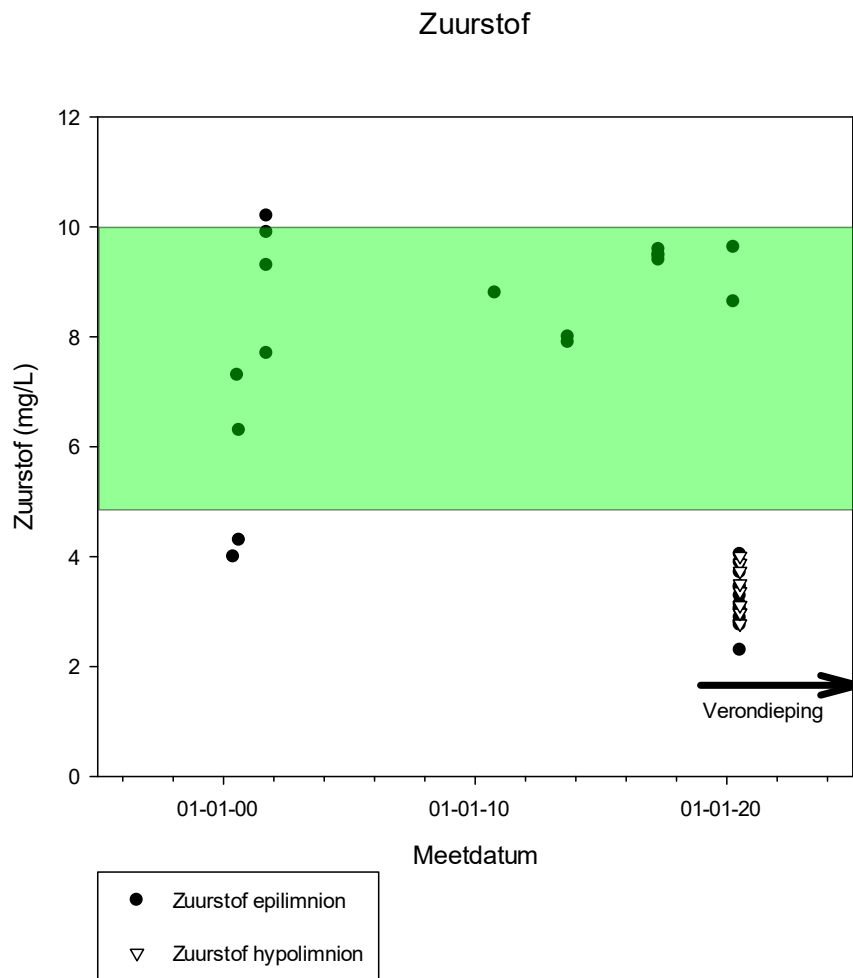
In de geraadpleegde brondocumenten over de plas komt regelmatig naar voren dat de plas zuur is en dat dit wellicht een beperking is voor de onderwaterflora en -fauna. De waterkwaliteitsgegevens uit de periode 1998-2020 laten zien, dat de zuurgraad in de plas fluctueert van laag ($\text{pH}=3$, 29-5-2000) tot hoog ($\text{pH}=9$, 10-7-2020), zie fig. 4. Uit deze tijdreeks blijkt ook dat in de periode rond 2000, in tegenstelling tot wat in de beleidsdocumenten staat, de plas regelmatig een pH heeft die neutraal is en aan de pH voorwaarden voor “goed ecologisch potentieel” voldoen (M11 type). Periodiek is de plas echter wel veel zuurder en dit lijkt met name voor te komen in de herfst wanneer de herfstomkering plaatsvindt en de temperatuurstratificatie wordt doorbroken. Het is dus aannemelijk dat de bodem in het verleden (periodiek) zuur naleverde, wat – als het zure hypolimnion en het meer gebufferde epilimnion tijdens de herfstomkering mengen – leidt tot een verlaging van de zuurgraad van het epilimnion (toplaag van het water). Een dergelijke verlaging van de zuurgraad kan wel tot een toxische druk voor vissen leiden, bijvoorbeeld door de afzetting van aluminium(hydr)oxides op de kieuwen. Tijdens het groeiseizoen lijkt vervolgens door de verhoogde primaire productiviteit de pH toe te nemen, wat vervolgens resulteert in een neutralere pH. De invloed van de zure nalevering lijkt echter in de laatste 15-20 jaar - mogelijk gestimuleerd door de verondiepingswerkzaamheden - af te nemen, waarbij een hoge pH gemeten werd tijdens het veldbezoek op 10-7-2020. Vaak gaat een dergelijke hoge pH gepaard met een hoge primaire productiviteit van het systeem.



Figuur 4: pH in het epilimnion en hypolimnion van de kleiput in de periode 1998-2020. Het groene vlak geven de maatlatwaarden voor M11 type Goed Ecologische Potentieel weer.

Zuurstofgehalte

Zuurstof is een voorwaarde voor het goed gedijen van onderwaterfauna. De zuurstofconcentraties in de plas voldoen over het algemeen aan de voorwaarden voor zuurstof voor Goed Ecologisch Potentieel (M11). Zowel in april en augustus 2000 als tijdens het recentelijk afgelegde veldbezoek (10-7-2020) waren de zuurstofconcentraties echter zeer laag (Fig. 5), wat tot stress en zelfs dood bij macrofauna en vissen kan leiden. Waar oxidatie van pyriet afkomstig uit de pyriethoudende concreties in de klei waarschijnlijk de hoge zuurstofconsumptie in de jaren '00 veroorzaakte, is het aannemelijk dat in de recente periode de hoge zuurstofconsumptie door afbraakprocessen in de bodem wordt veroorzaakt (zie ook hieronder). Deze hoge zuurstofconsumptie kan leiden tot de lage zuurstofgehalten die we geconstateerd hebben in de zomer van 2020.



Figuur 5: Opgeloste zuurstof in het epilimnion en hypolimnion van de kleiput in de periode 1998-2020. Het groene vlak geven de maatlatwaarden voor M11 type Goed Ecologische Potentieel weer.

Stikstof en fosfor

Zowel totaal-stikstof (TN) als totaal-fosfor (TP) concentraties kunnen een indruk geven van de productiviteit van de plas. In periode 1998-2001 voldeden de totaal-fosforconcentraties regelmatig niet aan de voorwaarden voor Goed Ecologisch Potentieel (M11), in de laatste 20 jaar lijkt de productiviteit van de plas op grond van de TP-waardes echter te zijn afgenomen (Fig. 6).

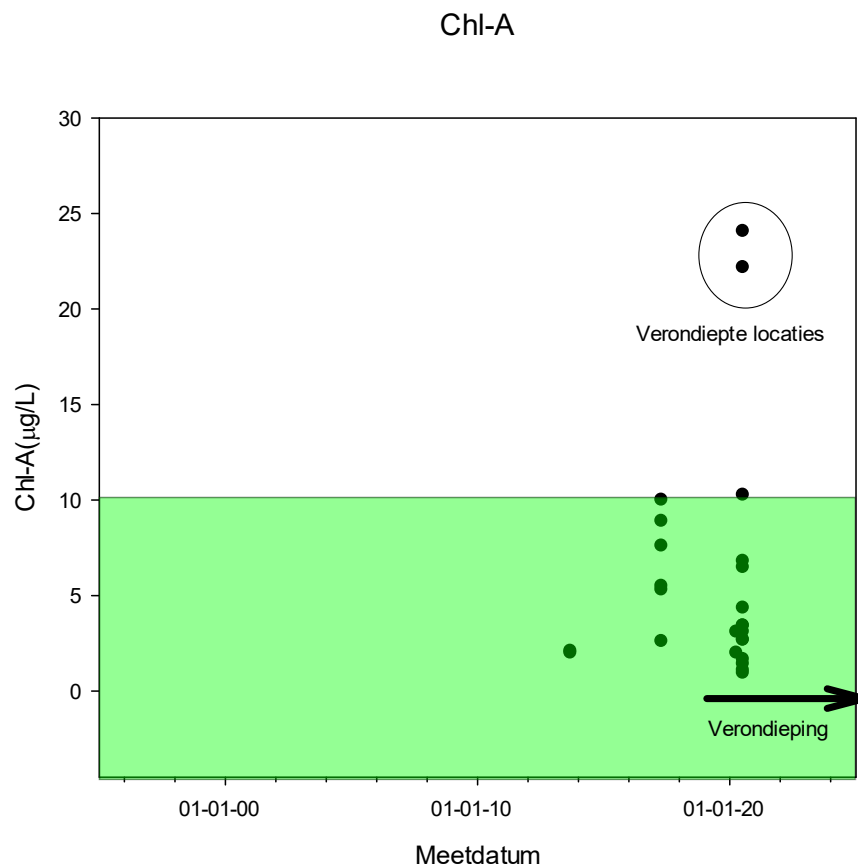
Ook de stikstofconcentraties voldoen in het begin van de meetperiode (1998-2005) niet aan de voorwaarden voor Goed Ecologisch Potentieel (M11), met regelmatig forse overschrijdingen (Fig. 7). In de laatste 15 jaar lijkt de productiviteit van de plas op grond van de TN-waardes echter te zijn afgenomen.



Chlorofyl

Chlorofyl is een indicator voor de algenbiomassa en kan een indruk geven van de primaire productiviteit in een systeem.

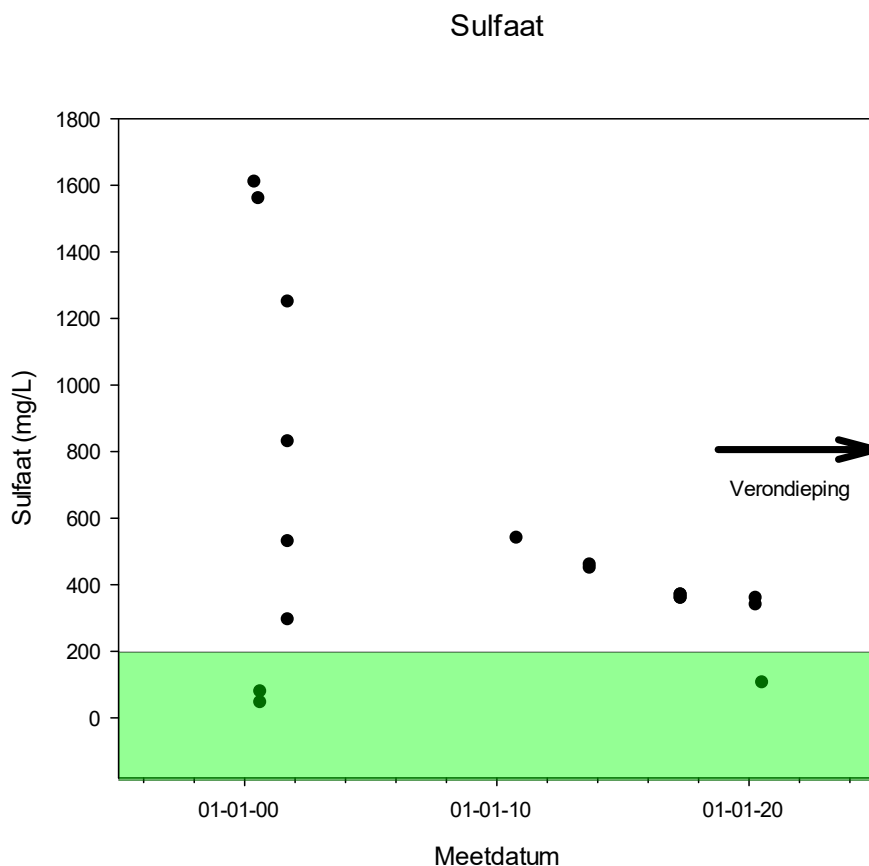
De chlorofyl tijdreeks is helaas te kort (2013-2020) om dit beeld van initiële hoge productiviteit gevolgd door een afname in productiviteit in de laatste 15-20 jaar te bevestigen dan wel te ontkrachten (Fig. 8). Op de verondiepte plasjes die na de verondieping zijn ontstaan na voldoen de Chl-A-concentraties in de kleiput aan de voorwaarden voor Goed Ecologisch Potentieel (M11).



Figuur 8: Chlorofyl-A-concentraties in het epilimnion van de kleiput in de periode 1998-2020. Het groene vlak geven de maatlatwaarden voor M11 type Goed Ecologische Potentieel weer. De verondiepte locaties zijn weergegeven in de cirkel.

Sulfaat

De sulfaatconcentraties waren zeer hoog rond het jaar 2000 waarna ze in de periode tot 2020 sterk zijn afgenomen, en voldoen tijdens het recentelijke veldbezoek (2-7-2020) in principe aan de voorwaarden voor Goed Ecologisch Potentieel (M11). De bron van dergelijke hoge sulfaatconcentraties in het verleden lijken de pyriethoudende concreties in de klei te zijn (zie ook boven). Wanneer het pyriet wordt blootgesteld aan zuurstof kan het oxideren. De gereduceerde zwavel van het pyriet reageert dan met zuurstof waarbij het wordt geoxideerd tot sulfaat. Hierbij komt ook zuur vrij. Deze pyrietoxidatie lijkt in de afgelopen jaren te zijn afgenomen, wat ook gereflecteerd wordt door het ontbreken van een lage zuurgraad in de laatste 10 jaar.

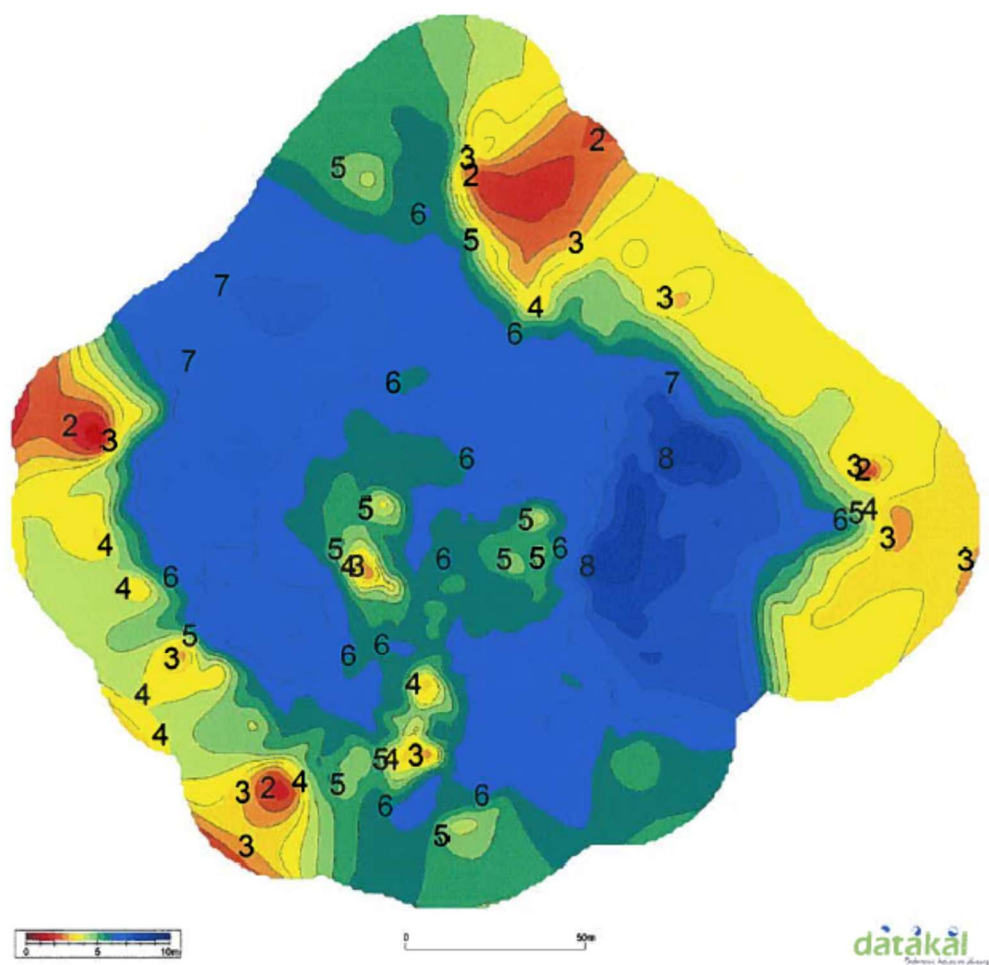


Figuur 9: Sulfaat-concentraties in het epilimnion van de kleiput in de periode 1998-2020. Het groene vlak geven de maatlatwaarden voor M11 type Goed Ecologische Potentieel weer.

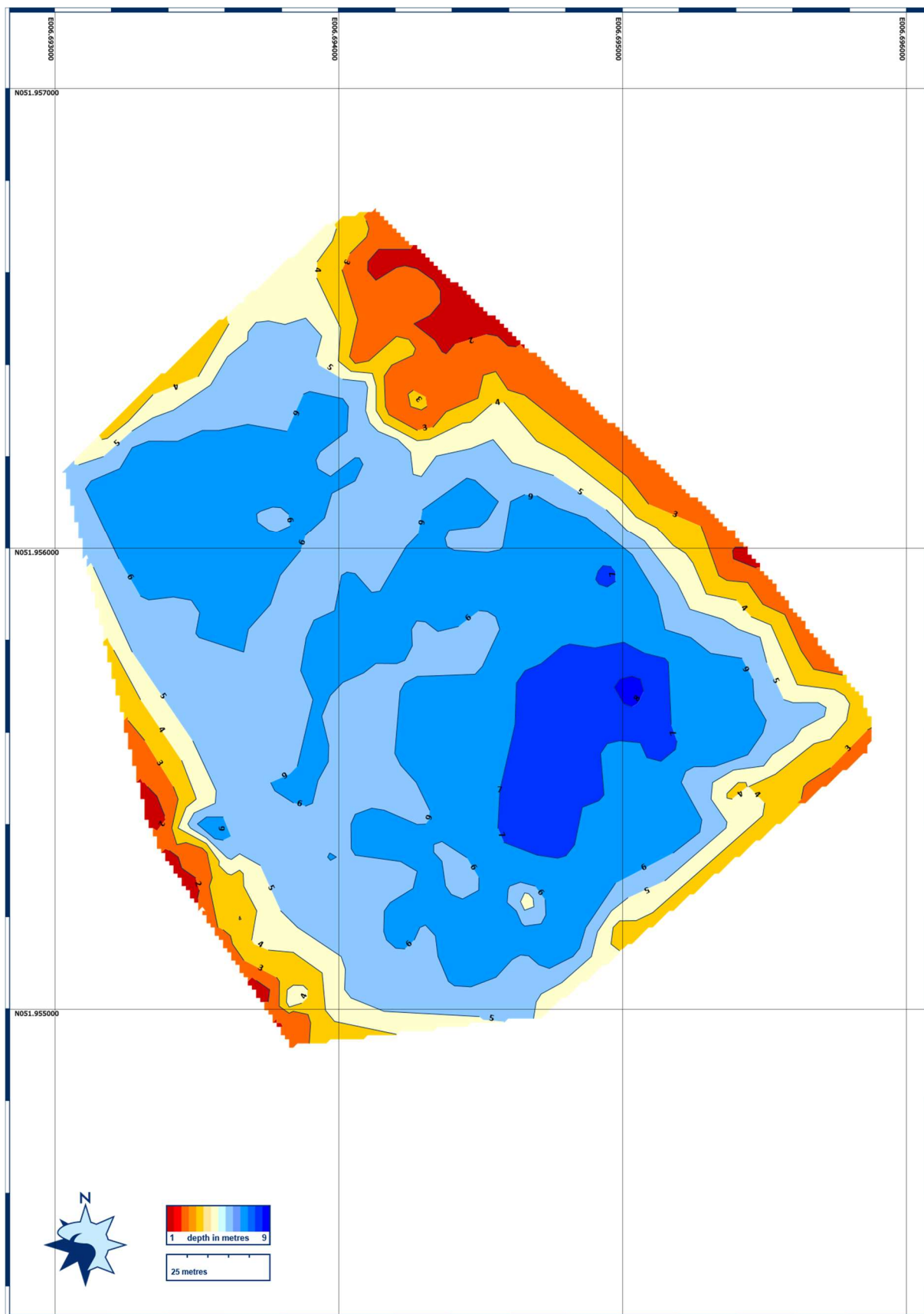
3.2 Is de huidige bodem- en waterkwaliteit voldoende voor de realisatie van de beoogde natuurwinst?

3.2.1 Diepteverdeling van de plas op dit moment

De vergelijking van de dieptekaart uit 2010 (Fig. 10), en uit 2020 (Fig. 11) laat zien dat -mede door de verondieping- de plas is afgenomen in oppervlak van 2,25 ha tot 1,8 ha. Ook in 2010 was de plas niet de veronderstelde 3,8 ha groot, noch was de plas gemiddeld 8 m diep. Dit beeld wordt bevestigd door de 10 puntmetingen uit juli 2019, die een gemiddelde diepte van 5.7m laten zien (bron gemeente Winterswijk). Zoals ingemeten op 10-7-2020, is de plas op dit moment gemiddeld slechts 4,7 m diep, met slechts een diepe put van 7-8m diep. In het inrichtingsplan Kleiput wordt aangegeven dat de peilfluctuaties gering zijn, zodat niet aannemelijk is dat peilfluctuaties een grote rol spelen in het volume van de plas. Op de diepere locaties van de plas (1-6, 9, 10, 11, OW; zie ook Fig. 2) vindt er wel temperatuurstratificatie plaats, waarbij de spronglaag gemiddeld op 3,2 m ligt. Het feit dat de plas in de huidige situatie niet alleen ondieper is, maar ook geringer in oppervlak heeft consequenties voor de hoeveelheid te storten grond in de toekomst. Als namelijk de door de gemeente oorspronkelijk beoogde resterende 180.000 m³ in de toekomst nog in plas verwerkt gaat worden, zal de plas die op dit moment een watervolume van 185.000 m³ heeft, bijna tot aan het maaiveld zijn opgevuld. **Los van de huidige bodem- en waterkwaliteit zal bij een dergelijke gronddepositie de beoogde natuurwinst (M11) niet gerealiseerd worden. De hoeveelheid nog toe te passen m³ grond zal dus naar beneden moeten worden bijgesteld.**



Figuur 10: Dieptekaart op basis van sonarmetingen van Bureau Daslook, uitgevoerd in Oktober 2010.

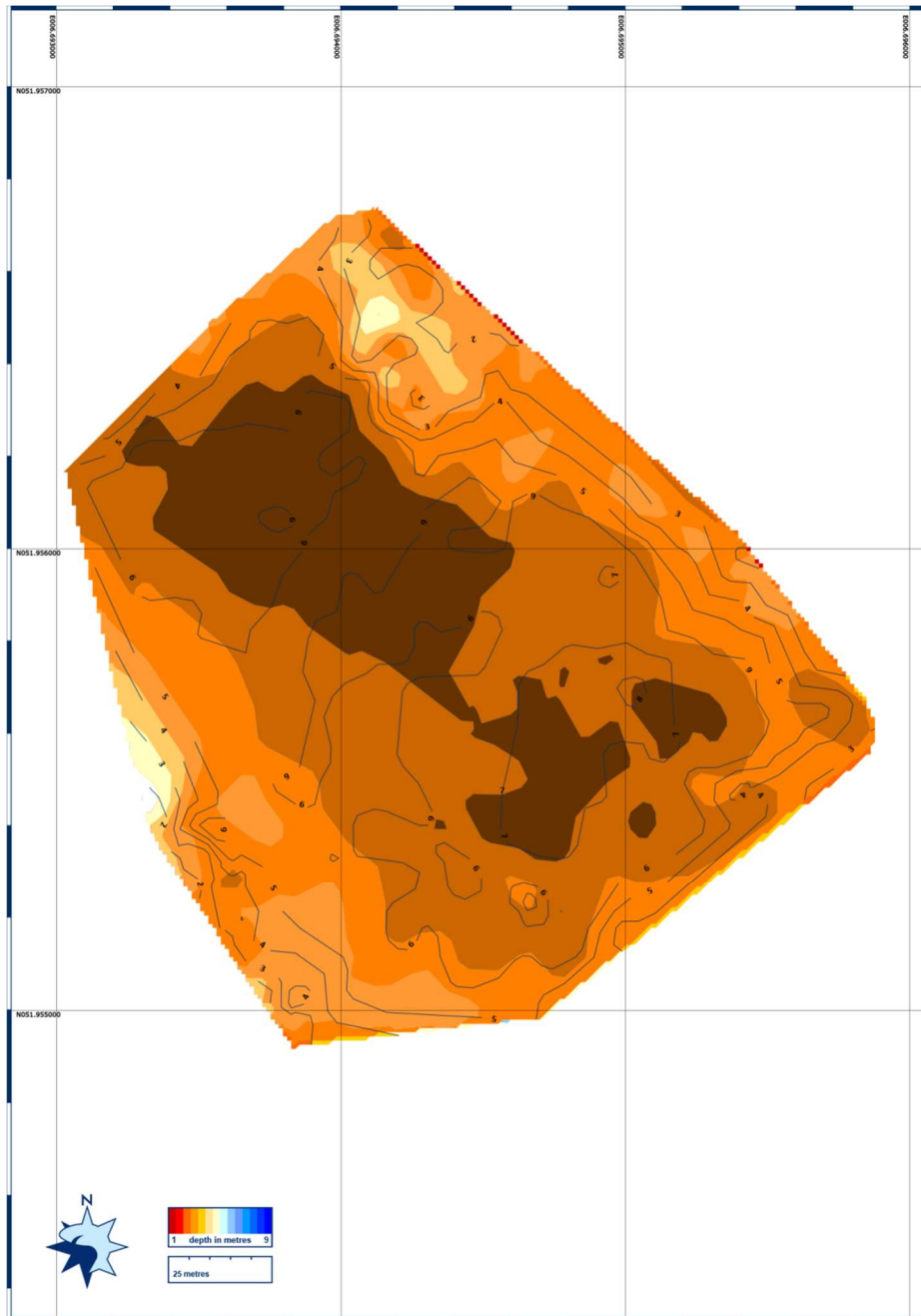


Figuur 11: Dieptekaart op basis van sonarmetingen uitgevoerd 10-7-2020.

3.2.2 Bodem- en waterkwaliteit op dit moment

Bodemhardheid

De op basis van de sonardata gemaakte relatieve bodemhardheid kaart (Fig. 12) laat zien dat een aanzienlijk deel van de bodem van de plas relatief zacht is (aangegeven door de donkere kleur bruin). Dit wordt gestaafd door de bodemmetingen die op 2-7-2020 zijn uitgevoerd, waar op locatie 8 na (toplaag klei), de toplaag uit alle niet verondiepte locaties (zie ook Fig. 2) uit slib bestond.



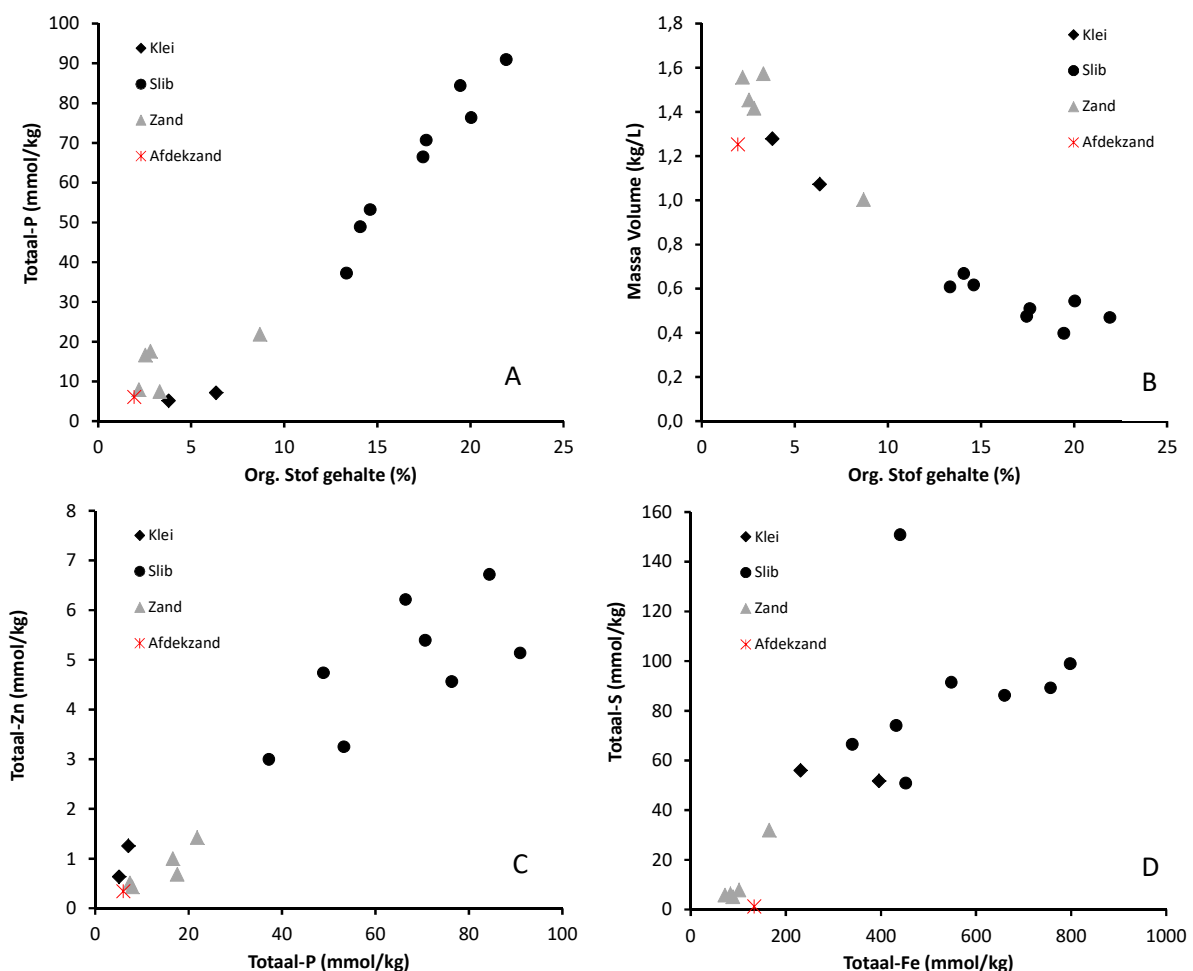
Figuur 12: Relatieve bodemhardheidskaart. Hoe donkerder de kleur bruin, hoe zachter de bodem.

Deze sliblaag is zeer waarschijnlijk ontstaan door verweking van de toplaag van de kleibodem (de sliblaag is duidelijk kleiig) en de accumulatie van organisch materiaal. Dit organische materiaal kan in de plas zijn geproduceerd door de groei van algen en waterplanten maar is zeer waarschijnlijk ook in belangrijke mate van buiten in de plas terecht gekomen. Tijdens het veldbezoek in juli 2020 werden

op de geïsoleerde, ondiepe plasjes na, geen waterplanten in de plas aangetroffen. Het is op dit moment onduidelijk wat de precieze oorzaak is voor het ontbreken van de waterplanten. Het ontbreken van waterplanten leidt er wel toe dat voor het biologische kwaliteitselement waterplantenbedekking niet wordt voldaan aan het Goed Ecologisch Potentieel van M11. Bladval en erosie van organische bosbodem rondom de plas zijn aannemelijke potentiële bronnen van organisch materiaal.

Slibbodem

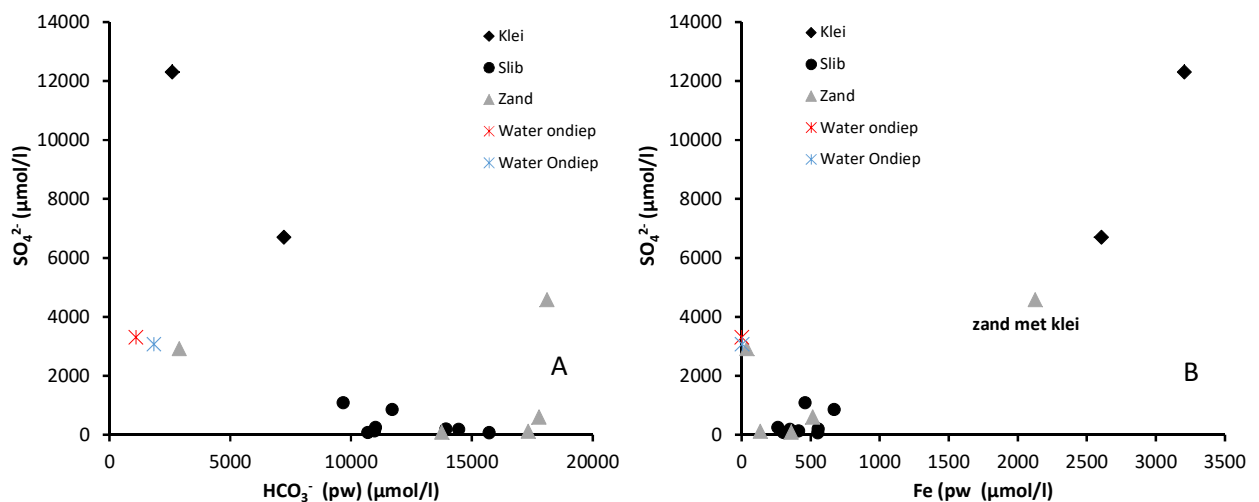
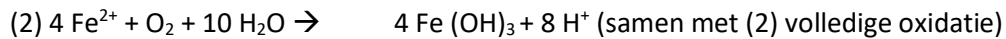
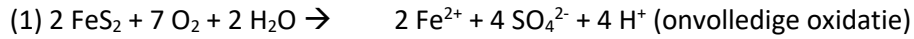
In het poriewater van de sliblaag worden ook veel hogere concentraties aan fosfor en ammonium gemeten dan in de hieronder liggende kleilaag (Fig. 15). Bij de afbraak van organisch materiaal komt behalve anorganisch koolstof ook ammonium vrij. Omdat koolstof en stikstof in een vaste verhouding voorkomen in het organisch materiaal zijn de anorganische koolstof- (kooldioxide plus bicarbonaat, TIC) en de ammoniumconcentraties in het poriewater sterk met elkaar gecorreleerd. Anorganisch koolstof en ammonium komen immers ook in een vaste verhouding vrij bij de afbraak van reactief organisch materiaal.



Figuur 13: Totaal-P-gehalte vs. Organisch stofgehalte (A), Massavolume vs. organische stofgehalte (B), Totaal-Zn vs. Totaal-P-gehalte (C) en Totaal-S vs. Totaal-Fe gehalte (D).

Kleibodem

In het poriewater van de geanalyseerde kleibodems zien we dat de oxidatie van pyriet leidt tot hogere sulfaatconcentraties en ook hoge ijzerconcentraties (Fig. 14). Oxidatie van pyriet kan volledig of onvolledig verlopen. Wanneer de oxidatie onvolledig verloopt, komt er behalve sulfaat ook mobiel gereduceerd ijzer vrij (reactie 1); bij een volledige oxidatie wordt ook het gereduceerde ijzer geoxideerd tot immobiele ijzer (III)hydroxides (reactie 1 en 2 samen).



Figuur 14: SO_4^{2-} vs HCO_3^- (A) en SO_4^{2-} vs Fe (B)

Dit laat zien dat de oxidatie van het pyriet niet volledig verloopt. Overigens is het totaal-zwavel gehalte van de kleibodems niet erg hoog. Ook valt op dat het totaal-ijzergehalte van de kleibodems veel hoger is dan het totaal-zwavelgehalte. In pyrietrijke kleibodems (zogenaamde potentiële kattekleibodems) wordt ijzer en zwavel vaak in een verhouding van 1 staat tot 2 aangetroffen. Het veel lagere totaal-zwavelgehalte komt overeen met het gegeven dat het pyriet in de kleibodem voorkomt in concreties en laat zien dat de kleibodem verder ook veel ijzer bevat dat in een andere vorm in de bodem aanwezig is.

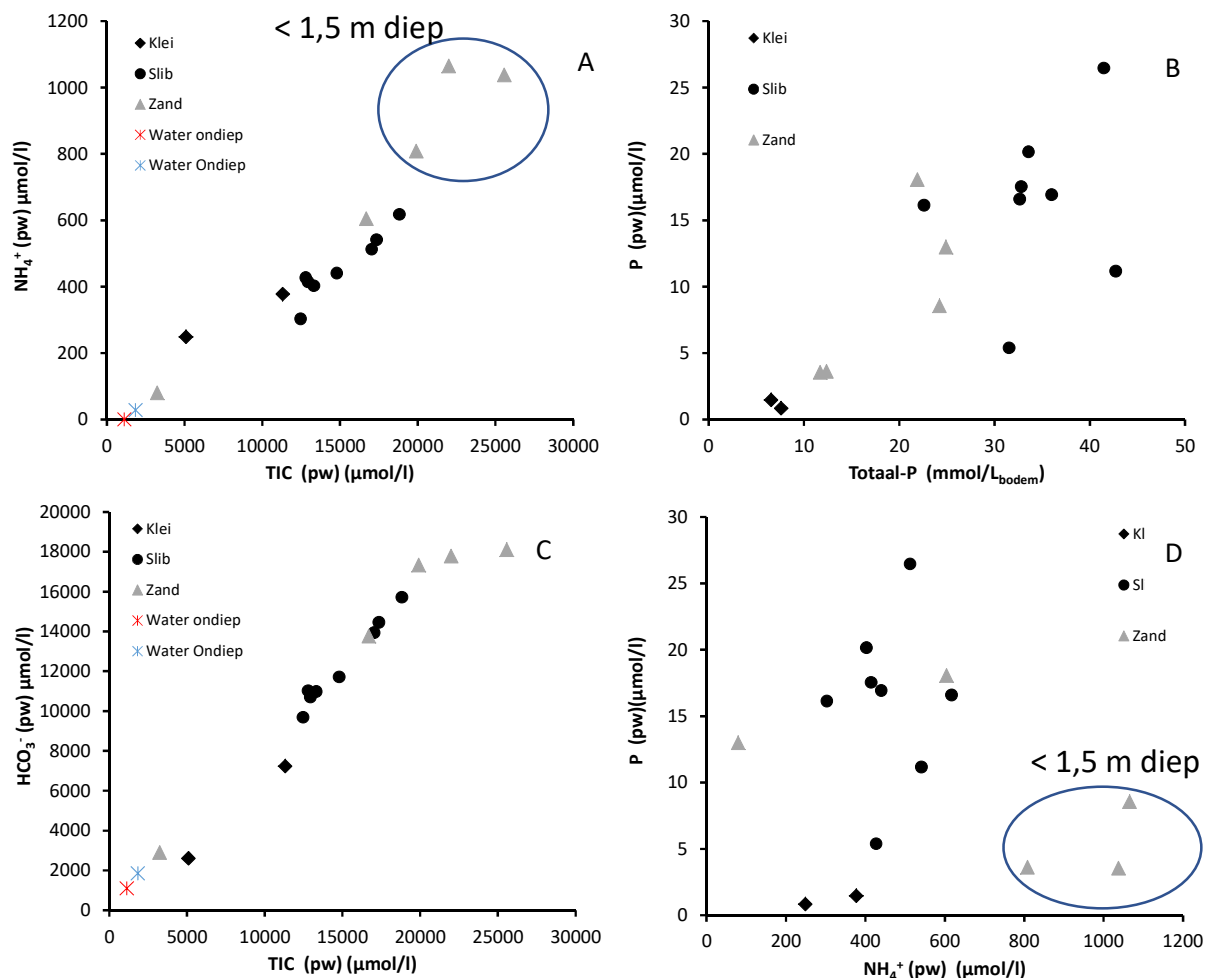
De pH tijdreeks in Figuur 4 laat zien dat de plas in het verleden regelmatig zuur was. Al voor dat er begonnen werd met het verondiepen was de pH echter al gestegen tot een pH-waarde van 6,5. Dit betekent dat de verzuring als gevolg van de oxidatie van het pyriet in de klei werd opgeheven in de loop van de tijd, wat ook gereflecteerd wordt door de afname van de sulfaatconcentraties (Fig. 9). Deze 'alkalinisatie' (het tegenovergestelde van verzuring) wordt veroorzaakt door reductieprocessen waarbij buffercapaciteit wordt gegenereerd en protonen worden geconsumeerd. We zien dat op de kleilaag een sliblaag aanwezig is die wordt gekenmerkt door veel hogere organische stof- en fosforgehaltegehaltes dan de kleilaag (Fig. 13). Het organisch materiaal uit de sliblaag wordt bij gebrek aan zuurstof anaeroob geoxideerd waarbij met name driewaardig (geoxideerd) ijzer maar ook sulfaat als elektronenacceptoren worden gebruikt. Omdat hierbij protonen worden geconsumeerd neemt de pH toe en wordt er ook bicarbonaat gevormd. De sliblaag dekt ook de kleilaag af waardoor er in de kleilaag veel minder pyriet wordt geoxideerd en er dus minder zuur en sulfaat wordt

gevormd. Naarmate de sliblaag dikker wordt zal de onderwaterbodem, en hiermee uiteindelijk ook de plas, van zuur overgaan naar gebufferd.

Zandbodems (ontstaan door grondtoepassing vanaf 2018) op dit moment

De zandbodems die zijn ontstaan door het toepassen van de grond worden gekenmerkt door lagere organische stof- en fosforgehalten dan de slibbodems (Fig. 13-14). Ook zijn ze minder rijk aan ijzer en zwavel. Wel is het poriewater, met name voor de bodems die ondieper zijn, rijker aan ammonium en anorganisch koolstof. Het lijkt erop dat er meer afbraak van organisch stof plaatsvindt in de ondiepere zandbodems. Mogelijk omdat deze opwarmen of omdat er meer algen groeien op de bodem. Ook zien we regelmatig dat er methaanbubbels ontwijken uit de ingebrachte zandbodems. Nabij locatie 7 hebben we de methaanconcentratie in het poriewater gemeten en deze bedroeg ongeveer 600 $\mu\text{mol/l}$. Overigens is vanwege de hoge bodemdichtheid (massavolume, kilogram droge bodem per liter bodemvolume, in Figuur 13) de hoeveelheid organische stof per liter bodem, voor de zandbodem nog behoorlijk hoog. Dit ondanks het lagere organische stofgehalte per kilogram droge bodem. De methaanbubbels die uit de bodems komen zorgen er ook voor dat er nutriënten uit de bodem in de ondiepe waterlaag terecht komen waar algen van kunnen profiteren. In deze ondiepere zandbodems werd de vegetatie gedomineerd door 80-100% bedekking van filamenteuze algen.

De P-concentratie in het poriewater wordt bepaald door de mobilisatie van P van gereduceerde ijzer(hydr)oxides en de afbraak van organisch materiaal enerzijds en anderzijds de reabsorptie van gemobiliseerd P aan o.a. nog niet gereduceerde ijzer(hydr)oxides. De P-concentratie in het poriewater is overwegend lager in de ingebrachte zandbodems dan voor de slibbodem die aanwezig is (Fig. 14). Gelet op de relatie tussen de P en de Fe/P-ratio van het poriewater verwacht je alleen nalevering van P onder anaerobe omstandigheden en dan vooral voor de slibbodem. Omdat de slibbodems veel zuurstof consumeren (door afbraak van organisch materiaal) is het aannemelijk dat de zuurstofconcentraties van het water in de zomer zal dalen boven de bodem in de diepe delen van de plas. De zuurstofmetingen in de waterlaag in juli 2020 bevestigen dit. Nader onderzoek moet uitwijzen wat de consequenties zijn voor het behalen van Goed Ecologisch Potentieel voor het M11 type, aangezien dit type geen diepe delen heeft.



Figuur 15: NH_4^+ vs. TIC (A), opgelost P vs. Totaal P (B), HCO_3^- vs. TIC (C), en P vs. NH_4^+ (D)

Beoogde afdekkand voor de toekomst

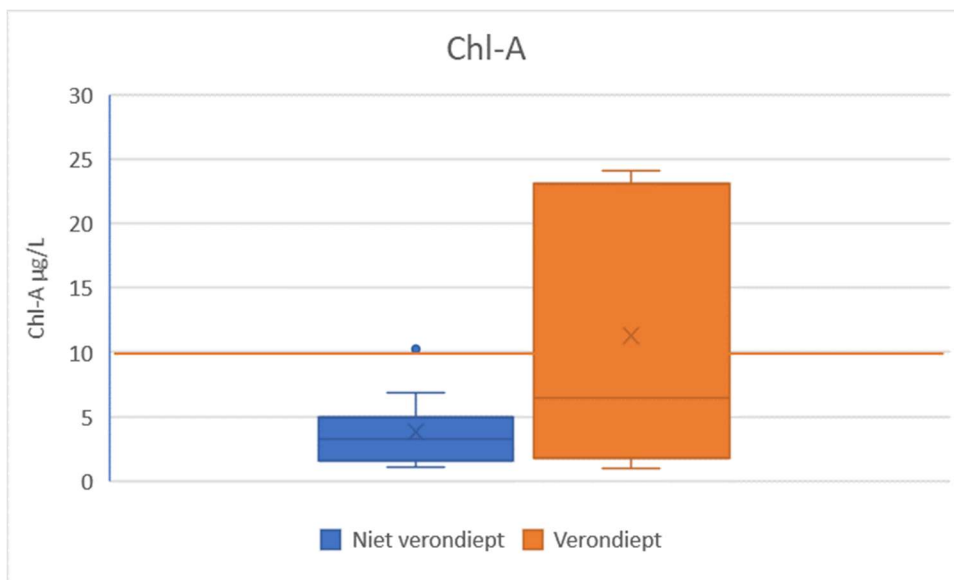
Het afdekkand dat door de gemeente beoogd is als afdekkand van de reeds toegepaste grond is relatief arm aan organisch stof en fosfor en in principe geschikt om als afdekkand te gebruiken (Fig. 13). Wij adviseren wel om een inundatieproef uit te voeren met dit zand om vast te stellen hoeveel ammonium en fosfor er wordt gemobiliseerd als gevolg van anaerobe afbraakprocessen in het zand. De belangrijkste bron van fosfor lijkt op dit moment de sliblaag te zijn die in de plas aanwezig is en op de kleilaag ligt. Gelet op de gemeten concentraties zal de nalevering naar de waterlaag op dit moment niet erg hoog zijn. **Het is aan te bevelen om deze sliblaag (deels) weg te baggeren. Mede ook omdat deze in de zomer tot anaerobe omstandigheden in het hypolimnion leidt. Hierna moet de kleilaag wel afgedekt worden met voedselarm zand zodat deze niet aan zuurstof wordt blootgesteld waardoor het water opnieuw zou verzuren.** Door het wegbaggeren van de sliblaag en het afdekken van de kleilaag zou het kunnen dat een belangrijke nutriëntenpost die het behalen van het M11 Goed Ecologisch Potentieel belemmert, wordt weggenomen, nader onderzoek moet dit echter bevestigen dan wel ontkrachten.

3.2.3 Productiviteit verondiepte delen vs. niet verondiepte delen op dit moment

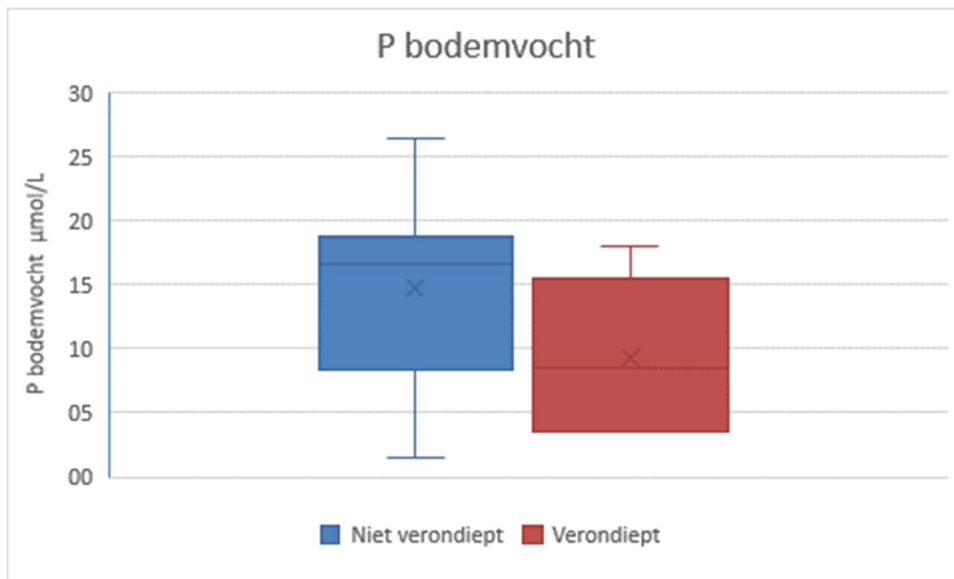
Uit het veldbezoek van juli 2020 blijkt dat de primaire productiviteit op basis van planten en fytoplanktonproductiviteit op basis van biomassa, in de geïsoleerde ondiepe plasjes aanmerkelijk hoger is dan op de niet-verondiepte delen. Waar op de niet-verondiepte delen in de plas geen

ondergedoken waterplanten voorkomen en de Chl-a waarden ruim aan de voorwaarden voor Goed Ecologisch Potentieel M11 voldoen, wordt de waterplantenvegetatie in de verondiepte delen gedomineerd door filamenteuze algen (80-100% bedekking) en voldoen deze delen niet aan de voorwaarden voor Goed Ecologisch Potentieel M11 (Fig. 16). De maatlat voor waterplanten geeft aan dat Goed Ecologisch Potentieel van het M11 type behaald wordt bij een bedekkingspercentage van 0-5% van filamenteuze algen, 25-50% van ondergedoken waterplanten, en 10.8 µg Chl-A. Dit laat zien dat op dit moment de productiviteit in zowel de verondiepte als de niet-verondiepte delen van de plas niet van de beoogde doelsoorten is.

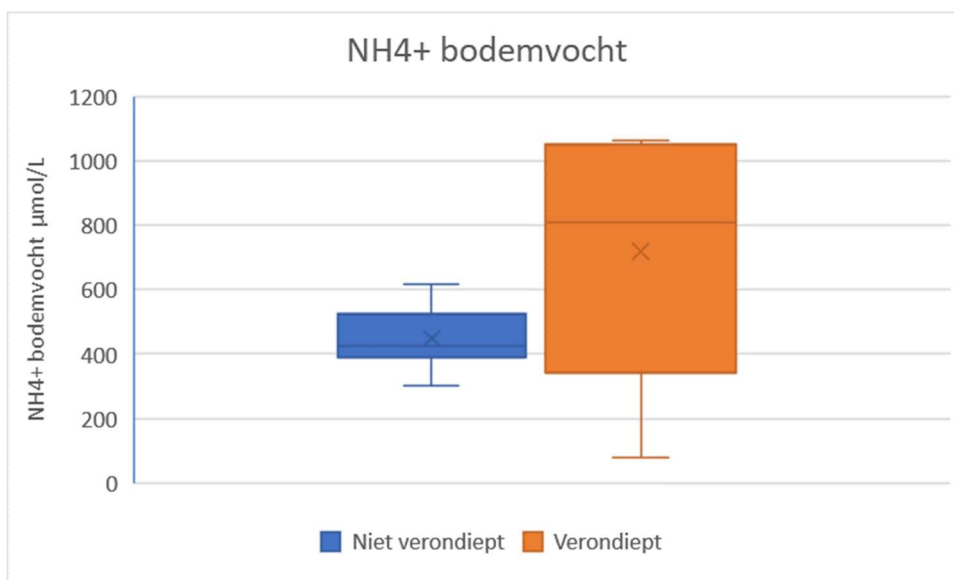
De hoge bedekkingspercentages van filamenteuze algen laten zien dat ondanks de lagere P-concentraties in het poriewater van de verondiepte delen, deze locaties erg productief (i.e. productiviteit van de primaire producenten) zijn (Fig. 17). Dit wordt ook bevestigd door de hoge ammonium concentraties in het poriewater, indicatief voor afbraakprocessen (Fig. 18). De algenbloei in de geïsoleerde ondiepe plasjes wordt waarschijnlijk aangejaagd door een verhoogde nalevering van ammonium uit de ondiepe zandbodem (zie hierboven). Dit laat zien dat verondiepen risico's met zich meebrengt omdat (draad)algen in het ondiepe water beter kunnen profiteren van een verhoogde beschikbaarheid van nutriënten in de bodem. Tevens laat dit zien dat in ondiepe delen de P-beschikbaarheid in het systeem niet limiterend is voor de productie van algen. Opvallend is dat de ingebrachte grond veel spreiding heeft in zowel bodem- als waterkwaliteit, mogelijk als gevolg van verschillende partijen grond. Zoals boven aangegeven verdient het **aanbeveling om te kijken wat de daadwerkelijke P (en N) mobilisatie vanuit het sediment is in de verondiepte delen, zodat er een beter begrip ontstaat voor de oorzaken van de hoge productiviteit**. Nader onderzoek moet uitwijzen of en hoe de productiviteit omlaag moet worden gebracht om het M11 type te behalen.



Figuur 16: Chl-A-concentraties in de verondiepte en niet verondiepte delen van de plas. De rode lijn geeft de voorwaarde voor Goed Ecologisch Potentieel weer.

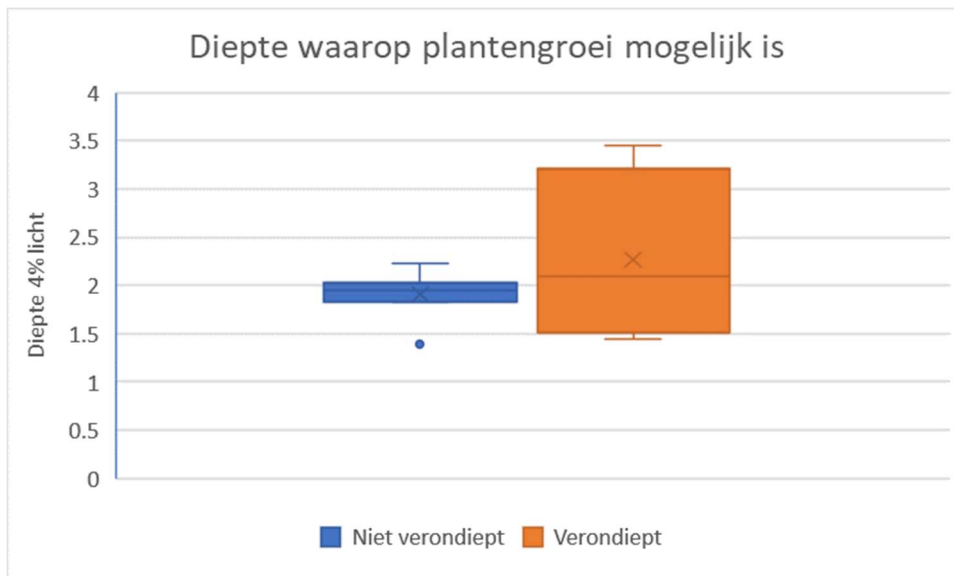


Figuur 17: P-concentraties in het bodemvocht in de verondiepte en niet verondiepte delen van de plas.



Figuur 18: NH4+-concentraties in het bodemvocht in de verondiepte en niet verondiepte delen van de plas.

Zowel in de niet-verondiepte als in de verondiepte delen van de plas was de lichtextinctie in de plas fors, wat de vestiging van waterplanten kan bemoeilijken. Als we uitgaan van de aanname dat ondergedoken waterplanten minimaal 4% licht op de bodem nodig hebben voor succesvolle groei en reproductie (Penning et al. 2013), dan zou dit betekenen dat plantengroei slechts tot 2m diep in de plas kan plaatsvinden (Fig. 19). Naast de filamenteuze algen werden op de niet-verondiepte delen in beperkte mate (<1% bedekking) ondergedoken waterplantensoorten zoals grof hoornblad aangetroffen. Daarnaast werden ook drijvende planten aangetroffen zoals drijvend fonteinkruid, sterrekroos en puntkroos. Zowel de bedekking door ondergedoken waterplanten als drijvende planten voldoen zowel op de verondiepte als de niet verondiepte delen niet aan de voorwaarden voor Goed Ecologisch Potentieel (M11).



Figuur 19: Diepte waarop plantengroei mogelijk is in de verondiepte en niet verondiepte delen van de plas.

3.3. Wat zijn de mogelijk belangrijke en minder belangrijke stuurfactoren in het bepalen van de huidige bodem- en waterkwaliteit van de kleiput in Winterswijk?

Op basis van bovenstaande gegevens lijkt de realisatie van een M11 KRW-water type met Goed Ecologisch Potentieel op dit moment moeilijk, eens te meer als het bij aanvang van het herinrichtingsproject beoogde hoeveelheid toe gepassen grond daadwerkelijk toegepast gaat worden in de plas.

De onderzoeksgegevens duiden op een plas die in het verleden door pyrietoxidatie in kleiconcreties sulfaatrijk en regelmatig zuur was, wat destijds zeer waarschijnlijk een beperking vormde voor waterfauna en -flora. Ook de moeilijke doorwortelbaarheid van de kleibodem kan een rol hebben gespeeld bij het ontbreken van onderwatervegetatie (Schutten et al. 2005). In de laatste 10-15 jaar lijkt door slibopbouw dergelijke pyrietoxidatie minder plaats te vinden. Deze slibopbouw vindt plaats door onvolledige afbraak van planten- en algenmateriaal, waarbij bladinvall van de bomen die de kleiput omzomen waarschijnlijk een grote rol heeft gespeeld. Afbraakprocessen in deze sliblaag kunnen leiden tot lage zuurstofconcentraties, wat succesvolle groei en reproductie van waterfauna negatief kan beïnvloeden. Het M11 type wordt gekarakteriseerd door een soortenrijke macrofaunagemeenschap die bestaat uit veel algemene soorten die afhankelijk zijn van een goede vegetatiestructuur. Alhoewel de in te brengen bodem armer is in fosfor zijn de delen die verondiept zijn aanzienlijk productiever dan de delen die nog niet verondiept zijn. De hoge ammoniumgehalten in het poriewater wijzen erop, dat ook in de aangebrachte bodem afbraakprocessen een grote rol spelen. Hierbij zorgt de groei van algen in het ondiepe water voor de productie van organisch stof dat afbreekt in de bodem waarbij weer nutriënten vrijkomen waardoor algen kunnen groeien etc. Algenconcentraties hoger dan 10.8 µg/L belemmeren het behalen van het Goed Ecologisch Potentieel van M11. De bodem- en waterkwaliteitsmetingen laten spreiding zien in de huidige kwaliteit van de ingebrachte bodem.

Realisatie van het beoogde grondverzet zal leiden tot een moerassituatie waarbij de oorspronkelijke kleiput bijna is opgevuld tot het oorspronkelijke maaiveld. Door de hydrologische isolatie van het systeem en de drogere zomers zal dit moeras naar alle waarschijnlijkheid in de toekomst verlanden.

Ook wanneer er (veel) minder bodem zal worden ingebracht in de kleiput, zal een M11 type met goed ecologisch potentieel zonder aanvullende maatregelen moeilijk gerealiseerd worden. Mogelijke stuurfactoren in het ontstaan van een te voedselrijk M11 type, is de externe belasting door afspoeling en bladinvall, en - afhankelijk van de toegepaste grond en de mate van afdekking van de sliblaag - de P- en N-mobilisatie in de bodem. Bij een voedselrijkdom die gekenmerkt wordt door totaal fosforgehaltes hoger dan 0.09 mg P/L en totaal stikstofgehaltes hoger dan 1.0 mg N/L zal het Goed Ecologisch Potentieel van M11 niet behaald worden.

3.4. Welke onderdelen zijn op basis van fase 1 belangrijk om nader te onderzoeken in fase 2 om te komen tot een gericht advies voor de herinrichting van de kleiput in Winterswijk, en de eventueel aanvullende maatregelen die benodigd zijn om (alsnog) de beoogde natuurwinst M11 te behalen?

De sturende rol van externe belastingen zoals bladinvall en afspoeling, en interne belastingen zijn nu slechts aannames en behoeven verdere onderbouwing. Op de plas werden bij het veldbezoek slechts enkele vogels aangetroffen (1 meerkoet, en 4 futen) zodat belasting door watervogels niet aannemelijk is.

Om de beoogde natuurwinst te behalen (M11 type met Goed Ecologisch Potentieel) zijn aanvullende maatregelen nodig, die conform de STOWA aanpak nader gedefinieerd kunnen worden op basis van een systeemanalyse (Mellor et al. 2017; STOWA 2006). Een dergelijke systeemanalyse bestaat uit het opstellen van een water- en stoffenbalans, waarbij extra aandacht moet gaan naar het kwantificeren van de externe belastingen bladinvall en afspoeling, en interne mobilisatie van P en N door de verschillende grondpartijen. Verder, omdat zowel vis als vegetatie een grote rol spelen in het ecologische functioneren van een plas, maken zowel een vegetatiekartering als een visstand bemonstering onderdeel uit van een systeemanalyse. Een dergelijke systeemanalyse zal onderbouwing geven voor het benodigde maatregelenpakket om de gewenste M11 met Goed Ecologisch Potentieel te realiseren. Te denken valt aan maatregelen als baggeren van de bestaande sliblaag, beperken van bladinvall, en een kritische selectie van de in te brengen grond op basis van de N en P richtlijnen van 1,36 g P/kg droge stof, en een fosfor/ijzer ratio (gewichtsratio) van 0,55 (Vermeulen et al. 2010). Ook zou nader onderzocht kunnen worden of het beoogde afdekzand geschikt is door het experimenteel te vernatten.

4. Conclusie en aanbevelingen

Op basis van de gegevens die in het verleden en in de zomer van 2020 zijn verzameld, ontstaat het beeld van een plas die in het verleden door pyrietoxidatie in kleiconcreties sulfaatrijk en regelmatig zuur was, wat destijds zeer waarschijnlijk een beperking vormde voor waterfauna en -flora. Door de bufferende werking van de sliblaag die zich over de jaren heen in de plas heeft opgebouwd, lijkt de plas minder zuur te zijn geworden en productiever. De plas wordt echter nog steeds gekenmerkt door de afwezigheid van waterplanten in de niet-verondiepte delen, zodat de productiviteit bepaald wordt door algen in de waterkolom en op het sediment. De plas is veel minder diep en geringer in oppervlak dan altijd werd aangenomen, wat invloed heeft op de hoeveelheid toe te passen grond. De plas lijkt door zijn geringe diepte dan ook maar beperkt als diepe plas te functioneren, slechts enkele putten vertonen temperatuurstratificatie. Op dit moment voldoet de plas niet aan de voorwaarden voor Goed Ecologisch Potentieel van het KRW M11 type in de toekomst. Ook wanneer er (veel) minder bodem zal worden ingebracht in de kleiput, zal een M11 type met goed ecologisch potentieel zonder aanvullende maatregelen moeilijk gerealiseerd worden. We bevelen daarom de volgende stappen aan:

1. Uitvoeren van een systeemanalyse om de belangrijkste nutriëntenposten van de plas beter in kaart te brengen ten einde tot een gericht maatregelen pakket te komen voor het realiseren van het streefbeeld. Deze systeemanalyse richt zich op de aannemelijke posten, i.e. belasting vanuit de slibbodem, en belasting door afstroming vanuit de oevers, en bladinvall.
2. Nader testen van de invloed van het afdekzand door het experimenteel te vernatten.
3. Definiëren van maatregelenpakket om het streefbeeld te realiseren.

5. Literatuurreferenties

- Altenburg, W. G., G. Arts, J. G. Baretta-Bekker, M. S. van den Berg, T. Van den Broek, R. Buskens, R. Bijkerk, H. C. Coops, H. Van Dam, G. Van Ee, C. H. M. Evers, R. Franken, B. Higler, T. Ietswaart, N. Jaarsma, D. J. De Jong, A. M. T. Joosten, M. Klinge, R. A. E. Knoben, J. Kranenburg, W. M. G. M. van Loon, R. Noordhuis, R. Pot, F. Twisk, P. F. M. Verdonschot, H. Vlek, K. Wolfstein, C. H., J. J. G. M. Backx, M. Beers, A. D. Buijse, D. Duursema, M. Fagel, I. de Leeuw, J. van der Molen, R. C. Nijboer, T. Vriese & B. van Maanen, 2013. Referenties en maatlatten voor overige wateren (geen KRWI-waterlichamen). In: (STOWA), S. T. O. W. (ed). Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), Amersfoort, 197.
- Mellor, H., S. Verbeek & T. Van de Wijngaart, 2017. Ecological Key factors. A method for setting realistic goals and implementing cost-effective measures for the improvement of ecological water quality. STOWA, Amersfoort, 34.
- Penning, W. E., L. Pozzato, T. Vijverberg, R. Noordhuis, A. Bij de Vaate, E. Van Donk & L. M. D. Pires, 2013. Effects of suspended sediments on food uptake for zebra mussels in lake markermeer, the Netherlands. *Inland Waters* 3(4):437-450 doi:10.5268/IW-3.4.473.
- Schutten, J., J. Dainty & A. J. Davy, 2005. Root anchorage and its significance for submerged plants in shallow lakes. *J Ecol* 93(3):556-571 doi:10.1111/j.1365-2745.2005.00980.x.
- Seelen, L., T. Huisman & L. N. De Senerpont Domis, 2019. Geheimen van diepe plassen ontsluit. *De Levende Natuur* 120(1):22-27.
- STOWA, 2006. Handboek Nederlandse ecologische beoordelingssystemen (EBEO-systemen). Deel A. Filosofie en beschrijving van de systemen. . In: Waterbehe, S. T. O. (ed). Utrecht, 255.
- Vermeulen, W. J. V., M. Maessen & J. Reijderink, 2010. Fosfor en het toepassen van baggerspecie in diepe plassen. *H2O* 23:42-45.

Bijlage 1: Overzicht door Actiegroep Behoud Kleiput verstrekte gegevens

-  berekening haalbaarheid kleiput 09-02-2011
-  Bijlage rapport Financiële haalbaarheid verondiepen kleiput mei 2018
-  Collegebesluit gebiedsvisie Molenveld (juli 2018)
-  de_verdieping
-  Financiële haalbaarheid verondiepen kleiput Royal HaskoningDHV mei 2018
-  Gelderlander080220
-  Inrichtingsplan kleiput juli 2018 concept
-  Inspectierapport ILT (maart 2020)
-  kaart inrichtingsvoorstel kleiput 06-08-2019
-  kaart waterdieptemeting kleiput juli 2019
-  mailwisseling Joop Harmsen
-  MCA verondiepen Kleiput
-  Motie herinrichting kleiput D66 GroenLinks (okt 2018)
-  Natuuronderzoek kleiput en omgeving (Staring Advies okt 2011)
-  nota bodembeheer (mei 2017)
-  nota bodembeheer (nov 2014)
-  Nota college herinrichting kleiput (nov 2018)
-  Nota inspraakreacties gebiedsvisie Molenveld (okt 2018)
-  Nulsituatie onderzoek WAL-stort en natuurontwikkelingsproject kleiput (Econsultancy sept 2018)
-  Onderzoek watervoerende bodemlaag kleiput Royal HaskoningDHV (10-04-2018)
-  Oorspronkelijk idee verondiepen kleiput PNLOA (dec 2018)
-  persbericht_ILT
-  Projectbeschrijving kleiput en omgeving november 2014
-  Raadsvoorstel gebiedsvisie Molenveld (sept 2018)
-  rapport ecologisch werkprotocol kleiput Econsultancy okt 2018
-  rapport haalbaarheid herinrichting kleiput (febr 2011) bijlagen definitief
-  rapport inventarisatie Japanse duizendknoop Econsultancy nov 2018
-  toelichting berekening haalbaarheid kleiput 09-02-2011
-  toelichting
-  visstandbemonstering kleiput (Bureau Daslook nov 2010)
-  wrij-beleidsregels-verondiepen-van-diepe-plassen-020713-bijlage-1
-  wrij-beleidsregels-verondiepen-van-diepe-plassen-020713-bijlage-2

Bijlage 2: analysemethoden bodem- en waterkwaliteit

Bewerking van de bodemmonsters

Drooggewicht en organisch stofgehalte

Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal in duplo af te wegen in aluminiumbakjes. De bakjes werden precies tot aan de rand afgevuld (volume = 40,5 ml), zodat de soortelijke massa van de bodem kan worden bepaald. De bodems werden gedurende minimaal 48 uur gedroogd in een stoof bij 60°C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal opnieuw gewogen en werd het vochtverlies berekend. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door via het gloeiverlies bepaald. Hiertoe werd gedroogd bodemmateriaal gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Na het uitgloeien werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en werd het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Destructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen bodemmateriaal nauwkeurig afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3 , 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2 30%) toegevoegd, waarna de vaatjes in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega of Ethos Easy) werden geplaatst. De monsters werden vervolgens gedestruerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in 100 ml maatscilinders en aangevuld tot 100 ml met demiwater. Het destruaat werd bewaard bij 4°C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Watermonsters

Bemonstering oppervlaktewater en bodemvocht

Oppervlaktewatermonsters werden met behulp van Rüttner watersampler verzameld en luchtdicht afgesloten in HDPE potten. Bodemvocht werd anaeroob verzameld met rhizon bodemvochtbemonsteraars (Eijkelkamp Agrisearch Equipment) waaraan een vacuüm getrokken 60 ml injectiespuit werd verbonden.

Standaardmetingen oppervlaktewater en bodemvocht

De pH werd gemeten met een standaard Ag/AgCl₂ elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De hoeveelheid opgelost anorganisch koolstof (TIC: CO₂ en HCO₃) werd bepaald met behulp van infrarood gasanalyse (ABB Advance Optima IRGA). De alkaliniteit an oppervlaktewater werd bepaald door een deel van het monster te titreren met 0,01 mol l⁻¹ zoutzuur tot pH 4,2. De toegevoegde hoeveelheid equivalenten zuur per liter is hierbij de alkaliniteit. De EGV werd bepaald met een HACH EGV-probe verbonden met een HQD-meter. De turbiditeit van de oppervlaktewatermonsters werd bepaald met een Dentan Turbidimeter (model FN-5). De monsters voor de auto-analyzer werden bewaard bij een temperatuur van -20°C tot aan de analyse. De monsters voor de ICP-OES werden aangezuurd voor analyse en bewaard bij 4°C.

Methaananalyse

Het bodemvocht werd op locatie gefixeerd met een 4% HCl-oplossing. De methaanconcentratie werd gemeten met een specifieke gaschromatograaf. De uiteindelijke methaanconcentratie werd teruggerekend naar het oorspronkelijke volume van het bodemvocht.

Chemische analyses

Elementenanalyse (ICP en auto-analyzers)

De concentraties calcium (Ca), kalium (K), magnesium (Mg), chloride (Cl), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), natrium (Na), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur.