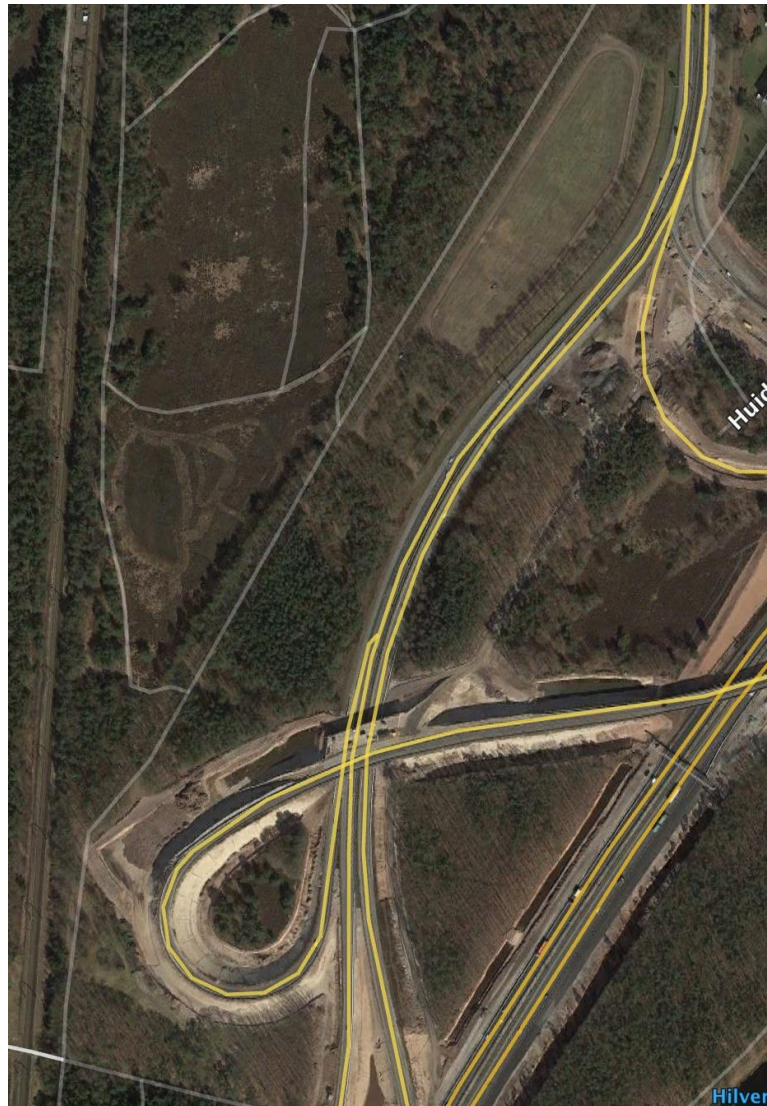


Bodemonderzoek in potentieel relevante gebieden bij aansluiting op A27



**Onderzoek in opdracht van Rijkswaterstaat (Opdrachtnummer
4300014637)**

**J. Sevink
R. Bronkhorst**

**20 september 2018
Sevink Consultancy, Baarn**

De bodem van het plangebied Huydecopersweg, aansluiting op A27

J. Sevink
R. Bronkhorst

6 september 2018

1. Inleiding

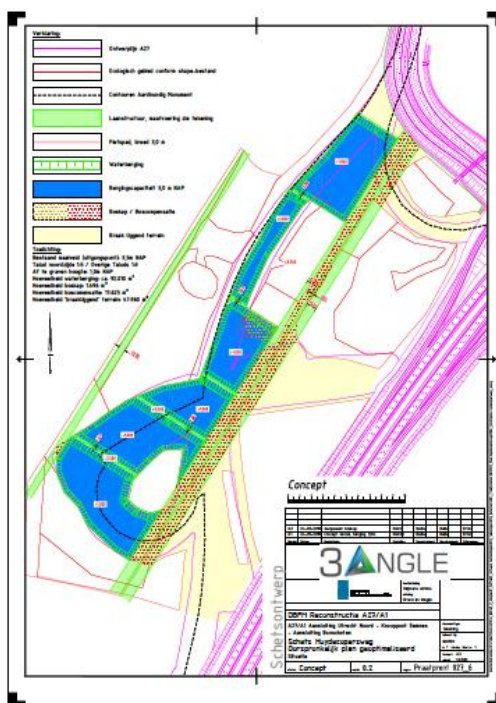
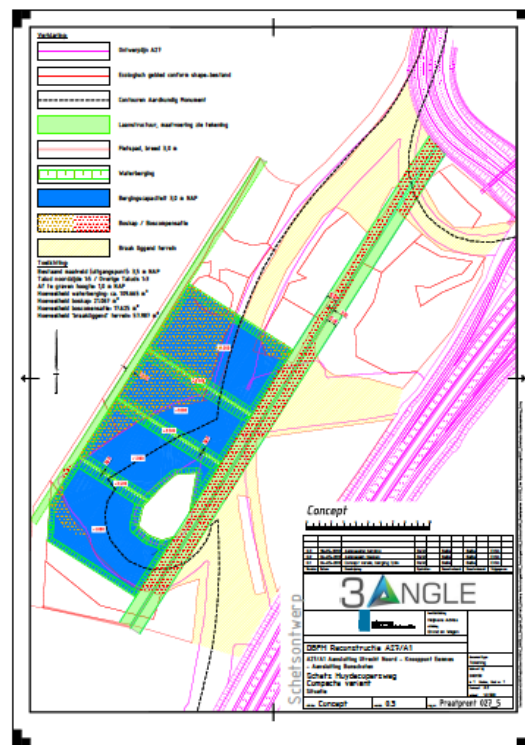
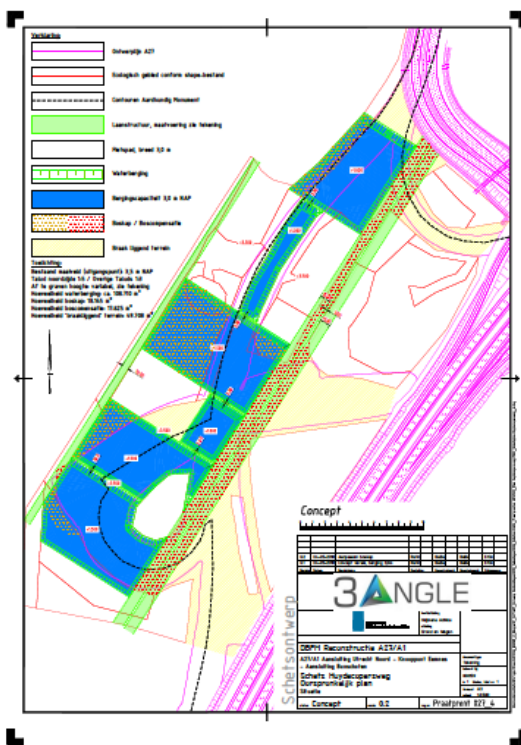
Dit rapport betreft de resultaten van een bodemonderzoek van het plangebied Huydecopersweg, aansluiting op A27, uitgevoerd in augustus 2018 in opdracht van Rijkswaterstaat. Centrale vragen bij dit onderzoek waren wat de *oorspronkelijke bodem* van dit gebied was, *tot welke diepte deze bodem verstoord was* en, bij verstoring, *de kenmerken van deze verstoring*. De begrenzing van het onderzochte gebied werd afgestemd op de verschillende scenario's voor de in het plangebied aan te leggen calamiteitsberging, als weergegeven in figuur 1. Een groot deel van het onderzochte gebied valt binnen het provinciale aardkundig monument 'Stuwwalgebieden van het Gooi' (AW69).

Het plangebied ligt binnen het tracé van 'Het Tienhovens kanaal', een in de 19e eeuw gestarte poging tot aanleg van een kanaal van Utrecht naar de Zuiderzee, via een aansluiting op de Eem. In het Hilversumse stuwwalgebied is deze poging jammerlijk mislukt, waarna de zandgronden binnen het tracé ten zuiden van Hilversum grotendeels zijn ontgonnen ten behoeve van de landbouw. De geschiedenis is te volgen aan de hand van de topografische kaarten, gepresenteerd in figuur 2. Uit de kaarten komt het beeld naar voren van een complexe percelering en landbouwkundig gebruik, hetgeen bevestigd wordt door documenten over deze geschiedenis, gepubliceerd door Meyer (1980).

Enige aanvullende boringen zijn uitgevoerd in aangrenzend gebied met als doel om vast te stellen of ook buiten het plangebied sprake was van ontginning, vergraving en verstoring van de bodem. Ook in binnen het tracé gelegen percelen, die in het zuiden en het noorden grenzen aan het plangebied, zijn enige aanvullende boringen verricht. De bodem is primair onderzocht middels met de hand uitgevoerde boringen. Daarnaast zijn waarnemingen verricht in wanden, ontstaan bij de werkzaamheden voor het verwijderen van de bestaande aansluitingswegen op de A27. Deze wanden gaven een goed beeld van de bodemopbouw en voorkomende verstoringen. Eerder waren door Heijmans grondboringen uitgevoerd, die echter niet meer dan informatie over humusgehalte, textuur en diepte tot grondwater gaven. Bovendien lijkt geen informatie beschikbaar te zijn over de hoogteligging van het maaiveld ter plekke van deze boringen.

In dit rapport wordt eerst onder 2) achtergrondinformatie gegeven over de bestaande kennis van de geologie en bodem in het plangebied. Er zijn oude kaarten en enige publicaties met informatie over het plangebied. Deze worden besproken onder 3). De onderzoeksopzet en gehanteerde methoden worden besproken onder 4), gevolgd door de presentatie van de resultaten (5). Het rapport wordt afgesloten met conclusies ten aanzien van de centrale onderzoeksvragen (6).

In een bijlage worden enige opmerkingen gemaakt over hydrologische aspecten van het gebied, die zijn gebaseerd op een interpretatie van de bodemfysische / hydrologische kenmerken van de onderzochte bodems, alsook van de gegevens over de grondwaterstanden in het gebied op basis van peilbuisgegevens en waarnemingen van Heijmans. Deze opmerkingen vallen buiten de onderzoeksopdracht.



Figuur 1: Varianten van de geplande calamiteitenberging (a, b en c) en satellietbeeld van het plangebied (d).

2. Bestaande kennis van geologie en bodem van het plangebied

Bronnen van informatie over de ondergrond, waarin relevante gegevens over het plangebied te vinden zijn, zijn het PDOK (<https://pdokviewer.pdok.nl>) en Dinoloket (<https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen-betaversie>). Veel globalere informatie is te vinden in diverse vakpublicaties (zie bijv. de 1:50.000 bodemkaart, blad 32W), maar deze zijn vanwege hun algemene karakter voor het onderzoek van het plangebied niet relevant.

Geologische informatie is te vinden in het Dinoloket, waarin boorgegevens zijn opgeslagen. Uit de schaarse boringen in het plangebied blijkt dat de bovenzijde van het sedimentpakket bestaat uit eolische zanden (dekzand) en het gestuwde preglaciaal pas op grotere diepte (meerdere meters) voorkomt. De ondiepe zanden worden in het zuidwesten gekarakteriseerd als fijn zandig, meer naar het noorden als matig grof. Deze textuur is kenmerkend voor dekzanden, waarbij de oude dekzanden veelal enigszins fijner en lemiger zijn. Geomorfologisch behoort het gebied tot de gordeldekzandwellingen, geheel in lijn met de aard van de ondergrond (dekzand).

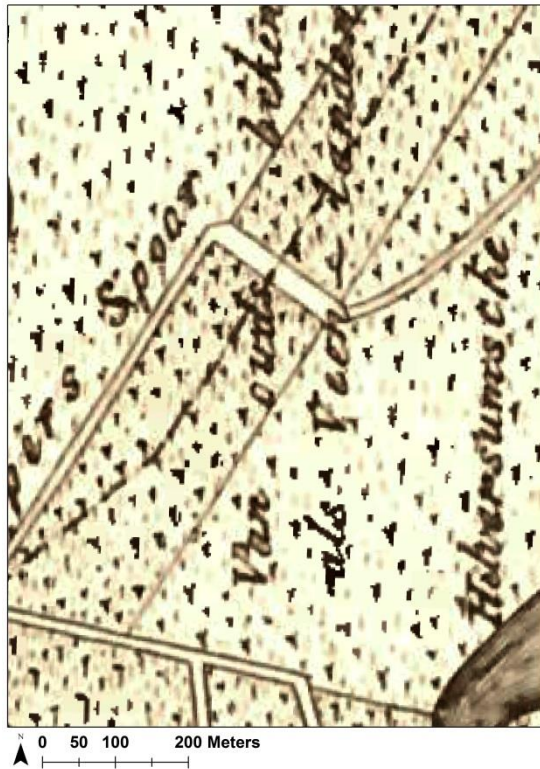
Door Heijmans verrichte boringen (voor hun locatie, zie figuur 4 en voor de beschrijvingen appendix 2) sluiten qua aard van de ondergrond zeer goed aan op de gegevens uit Dinoloket en PDOK. Die ondergrond wordt beschreven als zeer fijn, matig siltig zand met af en toe een enigszins grindhoudende laag. Dergelijke lagen zijn kenmerkend voor dekzandpakketten (Allerød, Bølling en laag van Beuningen).

De dominante bodem wordt beschreven (PDOK) als een eenheid 'Hn21 vergraven, grondwatertrap VII', d.w.z. dat het gehele gebied als vergraven wordt aangegeven. (bodemkaart 1:50.000). De eenheid Hn21 betreft zogenaamde veldpodzolen. Deze subgroep van bodems behoort tot de groep van hydropodzolgronden, die ontstaan onder relatief slecht gedraineerde omstandigheden en zijn ontijzerd als gevolg van de slechte drainage, die tot afvoer van ijzer tijdens het podzoleringsproces leidde. De podzol-B horizont wordt gekenmerkt door accumulatie van disperse organische stof, tezamen met enig aluminium (een Bh horizont). IJzer is dus uitgespoeld en een Bs horizont ontbreekt (zie de Bakker en Schelling, 1989).

Het grondwater ligt vrij diep (grondwatertrap VII), hetgeen ook blijkt uit het booronderzoek van Heijmans (grondwater op ca. 2 m beneden maaiveld of dieper). Ook de gegevens van de enige peilbuis in het gebied (Dinoloket, B32A0567) wijzen op een dergelijke vrij diepe ligging van het grondwater. Het is daarom de vraag of de kartering van de bodems in het gebied als veldpodzol juist is. Immers, het is onwaarschijnlijk dat in het verleden hoge grondwaterstanden voorkwamen.

3. Kaarten en landgebruik

Binnen het tracé van het Tienhovens kanaal bestaat de vegetatie buiten de voormalige wegen en bijbehorende taluds vrijwel overal uit bos (zie figuur 1d). Alleen in het noorden en in het zuiden van het plangebied komt open terrein voor met een grazige vegetatie. Aan de westzijde wordt het begrensd door een vrij uitgestrekt heidegebied. Aan de oostzijde komen een aantal rommelige bosrestanten voor, ingeklemd tussen de diverse wegen en taluds.



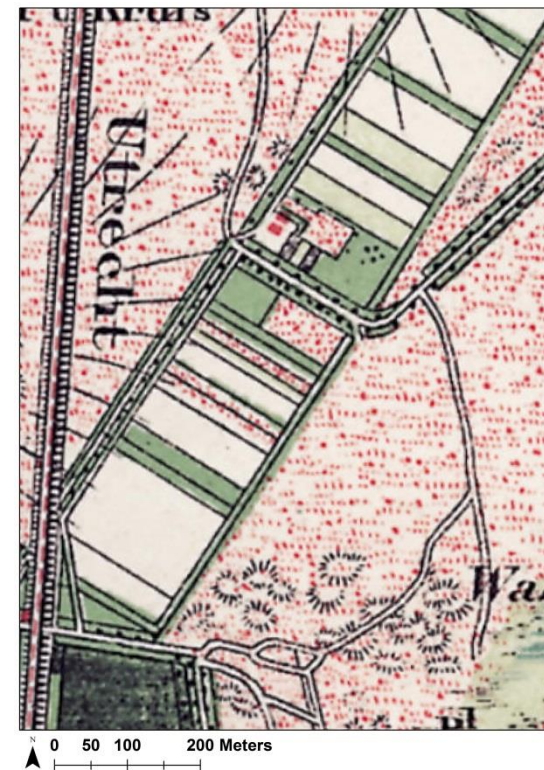
a) Kaart 1843



b) Kaart 1850



c) Kaart 1874



d) Kaart 1901

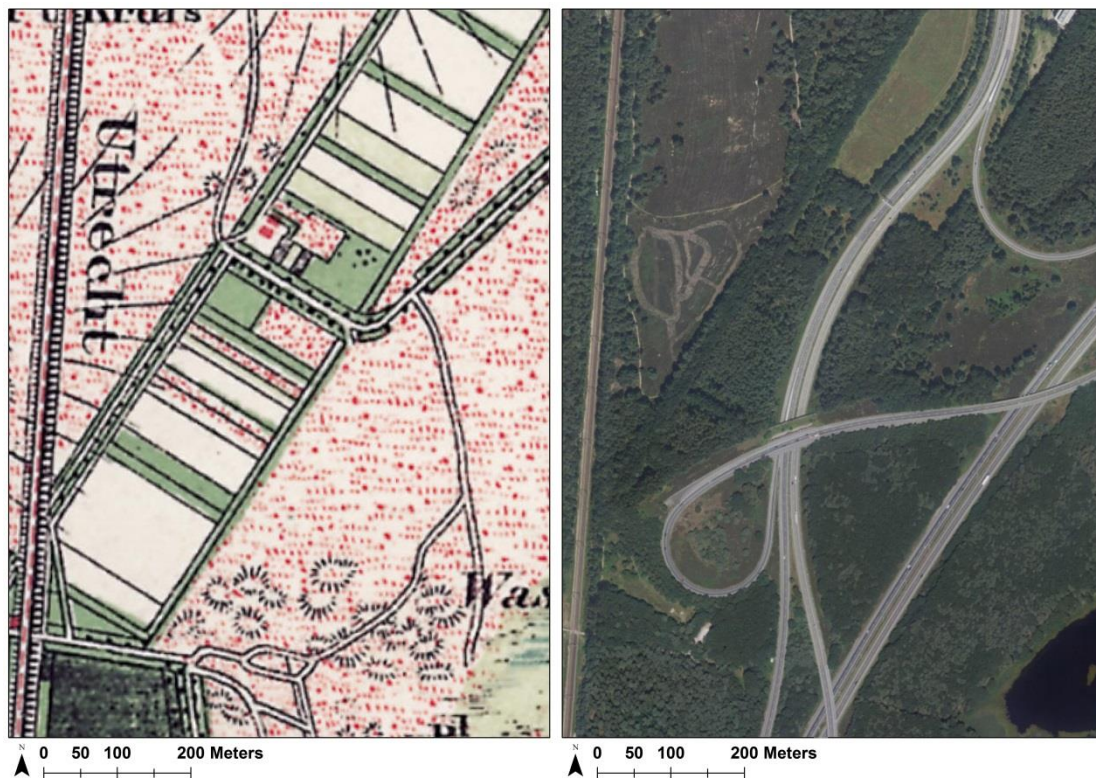
Figuur 2: Oude topografische kaarten van het plangebied, alle op dezelfde schaal.

Vanuit oude kaarten is de ontwikkeling van het gebied en haar landgebruik goed te reconstrueren. Deze kaarten zijn alle op dezelfde schaal en met dezelfde oriëntatie

weergegeven in fig. 2. De oudste kaart met het tracé van het Tienhovens kanaal dateert uit 1843 en op deze kaart is nog geen percelering zichtbaar (zie fig. 2a). De gronden zijn kennelijk na 1843 tijdens de 2^e heideverdeling van 1843 verkocht (Meyer, 1980). Op de kaart van 1850 (fig. 2b) is al een percelering te zien. De kaart van 1874 (fig. 2c) toont een boerderij en een uitgesproken percelering, wijzend op intensieve ontginning voor de landbouw. Hetzelfde beeld is zichtbaar op de kaart van 1901 (fig. 2d). De kaart van 1901 is geplot naast het huidige satellietbeeld (fig. 3). Van dit oorspronkelijke landbouwkundige gebruik van het gebied is thans niets meer terug te vinden, met uitzondering van het noordelijkste deel van het plangebied, waar een paardenrenbaan aanwezig is.

Citaat uit Meyer, 1980

“Het terrein was bij de veiling van de Domein-goederen door Perk namens de Maatschappij gekocht. Op dit bedrijf van 20 bunder werd na verloop van tijd graan verbouwd, varkens, schapen en koeien gefokt en aan bosbouw gedaan (dennen). Dat plaggenbemesting ook voor dit bedrijf nog van belang was blijkt uit het feit dat er 2 bunder voor plaggensteken werd gebruikt. De boerderij stond bekend onder de naam “Onderkamp” en is later uitgegroeid tot een redelijk renderend bedrijf.”



Figuur 3: Topografische kaart van 1901 en satellietbeeld (2018) op dezelfde schaal.

4. Methoden

4.1. Bodem

De bodem is onderzocht middels handboringen (Edelmanboor), waarnemingen aan wanden en zeer beperkt labonderzoek (gloeien ter vaststelling van al dan niet opgetreden ontijzering). De handboringen zijn in principe uitgevoerd volgens een raster met een

maaswijdte van 40 m, in het veld uitgemeten met meterlint. De boorpunten zijn gemarkeerd en later ingemeten met een DGPS. In figuur 4 worden de locaties van de boorpunten en waarnemingen aan wanden weergegeven, alsook de boorpunten van het bodemonderzoek door Heijmans. Tevens worden de subeenheden aangegeven, als gehanteerd bij de bespreking van de resultaten.

Bij de boringen en waarnemingen aan wanden is vastgesteld of sprake was van verstoord dan wel van in situ bodemmateriaal. Bij 'in situ bodem' is sprake van de natuurlijke opeenvolging van bodemhorizonten, die kenmerkend is voor een podzolprofiel (Ah/E/B2/B3/C), waarbij een meer of minder groot deel van de bovenzijde van het bodemprofiel verdwenen kan zijn (voor een ongestoord profiel, zie fig. 5). Vanwege het ontbreken van significante variatie in korrelgrootteverdeling van het materiaal is afgezien van de registratie van deze korrelgrootteverdeling.

Verstoord bodemmateriaal kenmerkt zich door het voorkomen, als mengsel van brokken van uiteenlopende grootte, van materiaal afkomstig uit verschillende bodemhorizonten (bijv. E en B materiaal). De herkomst van de verschillende componenten is te herkennen aan de kleur en structuur van het materiaal. Ook kan de natuurlijke opeenvolging zijn omgekeerd, bijv. in plaats van een E horizont op een Bh, Bh materiaal op E materiaal. Tot slot wordt verstoord materiaal vaak gekenmerkt door een mindere ontwikkeling van de structuur ('los materiaal'). Voorbeelden van ongestoorde bodem en van verstoord materiaal worden gegeven in de figuren 6 en 7

De boorresultaten zijn vastgelegd in een Excelfile waarbij de in het kader beschreven systematiek is gebruikt voor registratie van de profielkenmerken (Appendix 2).

Symbolen en begrippen gebruikt in de bodemprofielbeschrijvingen

I = In situ. Horizonten zijn:

Ah: donkere humeuze bovengrond

E: uitspoelingshorizont met grijs zand

B2: inspoelingshorizont (podzol B)

B3: podzol B onderzijde met enige verkleuring, overgang tussen B2 en C

C: geel – wit zand: moedermateriaal

V = Verstoord. Onderscheid op basis van dominante samenstelling/herkomst materiaal. Dominante horizont wordt als 1e genoemd, indien relevant

De samenstelling van de verstoorde lagen wordt als volgt weergegeven:

E/B2/C = mengsel van verschillende horizonten in vergelijkbare delen

E+(B2/C) = mengsel van E-horizont materiaal en ondergeschikte hoeveelheden B2 en C materiaal

Het onderscheid tussen hydropodzolgronden en xeropodzolgronden wordt in de Nederlandse bodemclassificatie o.a. gebaseerd op het *voorkomen van ijzerhuidjes* rond de korrels in en onder de podzol B (De Bakker en Schelling, 1989). De identificatie hiervan wordt vaak bemoeilijkt door de aanwezigheid van bruine disperse organische stof, die de typische kleur van ijzerhuiden kan maskeren. Een



Figuur 4: Locaties van boringen en waarnemingen in wanden, als ook van de boorpunten van Heijmans en subeenheden binnen het plangebied (1, 2, 3 en 4).

gangbare, simpele methode om vast te stellen of inderdaad sprake is van ijzerhuidjes rond de korrels is gloeien aan de lucht tot een temperatuur, die zodanig hoog is dat de organische

stof verdwijnt (oxidatie) en ijzer als ijzeroxide voorkomt. Een specifieke temperatuur wordt niet genoemd, maar verhitting tot een temperatuur van boven de 500°C is voldoende en in die gegloeide monsters toont ijzer zich door roodkleuring.

4.2. Coördinaten van waarnemingen en kaarten

Alle boringen en bestudeerde profielen in wanden zijn ingemeten met een *Robotic Total Station* (RTS), gebruikmakend van *Hybrid Positioning* technologie. Via deze wijze worden accurate DGPS metingen en optische positioneringen gecombineerd om op effectieve en nauwkeurige wijze alle punten in te meten. In enkele gevallen ontbrak een betrouwbare hoogtemeting door de aanwezigheid van dichte bebossing en de relaterende slechte ontvangst van satelliet signalen. De ontbrekende hoogtegegevens zijn verkregen middels het plotten van de locatie (X- en Y-coördinaten) in het AHN-3. De maximale fout (betrouwbaarheid) van de verkregen coördinaten is in de orde van enkele centimeters. De coördinaten van de boringen die door Heijmans zijn uitgevoerd, zijn verkregen door de kaart met boringen accuraat te georefereren (d.w.z. het koppelen van de kaart aan bekende coördinaten) en de Z-waardes te ontleen aan het AHN.

Coördinaten en bodemwaarnemingen zijn vastgelegd in een uitgebreide Excelfile, die gebruikt is voor het produceren van kaarten, waaronder een viertal volgende kaarten:

- dikte van de verstoorde laag (fig. 8)
- hoogteligging van het maaiveld bij verwijdering van de verstoorde laag, inclusief de aard van de bovenste horizont van de ongestoorde bodem (fig. 9)
- geïnterpoleerd hoogtemodel met de dikte van de verstoring (fig. 10)
- geïnterpoleerd hoogtemodel met het niveau na verwijdering verstoring (fig. 11)

De figuren 10 en 11 zijn geproduceerd middels interpolatie, gebruikmakend van de ArcGIS-tool *Point to Raster*. Bij het maken van deze hoogtemodellen is de randwal gebruikt als buffer tussen het verstoorde deel en het gebied met een vrijwel intacte bodem.

5. Resultaten

5.1 In situ bodems en verstoorde bodems

In de wanden aan de zuidzijde van deelgebied 2 en van het ‘eiland’ tussen deelgebieden 2 en 3 waren de verschillende typen in situ en verstoorde bodems goed zichtbaar. Deze worden kort beschreven mede aan de hand van foto’s van deze bodems.

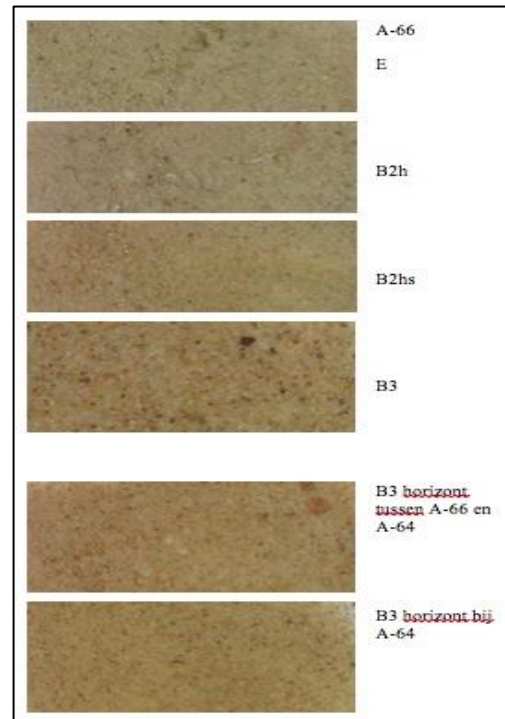
Volledige ‘in situ’ bodem (fig. 5).

Bij waarnemingspunt A66 komt onder een laag opgebracht materiaal van ca. 60 cm en bestaand uit een mengsel van vooral E horizont materiaal en enig Ah materiaal, een volledig profiel voor. Het gaat bij het opgebrachte materiaal om een langgerekte wal, parallel aan het pad en de greppel, die het tracé aan de westkant begrenzen. De ondergrond is daarbij niet verstoord.

Het profiel (A66) bestaat uit een zwak ontwikkelde dunne Ah over een dikke E horizont. Daaronder een donkere B2h horizont en donkerbruine B2hs horizont, overgaand in een door inspoelingsfibers gekenmerkte B3 horizont. Het is een typische haarpodzolgrond (xeropodzolen) in dekzand met een relatief geringe dikte van het bodemprofiel (ondiep voorkomen van de C horizont). De resultaten van de gloeitest zijn hiernaast zichtbaar (figuur 5) en laten zien dat beneden de B2h horizont ijzer aanwezig is. Het bewijs dat geen sprake is van een veldpodzolgrond (hydropodzol). Ter illustratie is ook van andere B3 horizonten het gloeiresultaat toegevoegd.

De getoonde bodem is karakteristiek voor de elders in boringen aangetroffen volledige in situ bodems, zoals o.a. in de heide in het westelijk deel van subgebied 2.

Figuur 5: Kleur na gloeien van monsters.



Bodemprofiel

In situ



Overzicht

Figuur 6: Volledige in situ bodem met laag opgebracht bodemmateriaal bij punt A66. De grens tussen opgebracht en in situ materiaal wordt met — aangegeven.

Verstoorde bodems en opgebrachte materialen (fig. 7 en 8)

In de figuren 7 en 8 worden voorbeelden gegeven van diverse verstoorde profielen en opgebrachte materialen. In fig 7a (punt A60) is op de B3 een menglaag aanwezig, bestaand uit grote brokken B2 en E. Daarop ligt een dikke laag uit voormalige E-horizont bestaand humeus zand, met een beginnende podzol (herkenbare E en lichte Bh). Bij A54 (fig. 7b) is van de oorspronkelijke bodem slechts de B3/C bewaard. Er op ligt een dominant uit B3 materiaal bestaande laag met enig E materiaal, met als grens een dunne laag met donkere, zeer humeuze brokken. Op die B3-achtige laag weer een uit B2 en enig E materiaal bestaande laag. Het geheel wordt afgedekt met dezelfde bovengrond als in A60.

In fig. 7c (punt A64) ligt een sterk verrommelde laag bestaande uit B2, E en enig B3 materiaal op een in situ B3. Bijzonder is dat op deze rommellaag een laag uit C materiaal bestaand zand ligt, met op het grensvlak een zwaar ijzerpantser (zogenaamde placic horizon). Deze moet ontstaan zijn na de ‘verrommeling’, maar voor de vorming van de dikke Ap horizont die deze laag weer bedekt. In fig. 7d (bij A70) is een vergelijkbare Ap horizont en daaronder een dun ijzerpantser te zien. Die liggen hier op een dikke Ah/Ap horizont, op een door brokken B2 gekenmerkte menglaag en die weer op C-materiaal. Van de oorspronkelijke podzol is hier zeer weinig bewaard.

In de profielen 7a-7d zijn nog redelijke delen van de oorspronkelijke podzol bewaard, hetzij als rest van het in situ profiel, dan wel als brokken in de menglaag. Bij de bodems in fig. 8 is de verstoring extremer, in dit geval neerkomend op een volledige ‘onthoofding’. Van de podzol is weinig tot niets meer over en in de bovenliggende rommellaag komen nog maar weinig brokken van podzolhorizonten voor. Wel is de Ah/Ap horizont hier goed ontwikkeld en deze bevat veel resten van baksteen en ander met mest meekomend afval.

Een overzicht van een wand bij A70 wordt gegeven in fig. 8a; een profiel met vrijwel alleen C materiaal en een paar brokken Bh in profiel 8b. Dit profiel illustreert dat de verstoring zich niet beperkt tot ‘verrommeling’ van het podzolprofiel, maar ook gepaard ging met complete verwijdering van bodemmateriaal, gevolgd door opbrengen van ander materiaal. Dit laatste blijkt ook uit het in een aantal gevallen voorkomen van een meer dan 1 meter dikke verstoorde laag, die voor een belangrijk deel uit E materiaal bestaat. In dergelijke situaties moet het materiaal van elders zijn aangevoerd (de oorspronkelijke bodem bestond maar zeer ten dele uit E materiaal).

Tot slot, in alle profielen onder bos is ‘recente’ bodemvorming opgetreden, die blijkt uit het voorkomen van een dikke strooisellaag, een goed herkenbare E horizont en aan de basis daarvan een zwakke Bh horizont in het verstoorde bodemmateriaal. De mate van ontwikkeling wijst op een vrij aanzienlijke periode van bodemvorming na aanplant van het bos, in dit geval in het midden van de 19^e eeuw.

Samenvattend:

- De oorspronkelijk bodem bestaat uit een duidelijke haarpodzol met goed ontwikkelde Bs.
- Deze bodem kan zijn verstoord, waarbij de verstoorde laag uit een mengsel van brokken van de oorspronkelijke bodem bestaat, die qua samenstelling redelijk overeen komen met de samenstelling van die oorspronkelijke bovengrond.
- Echter, vaak is de grond duidelijk afgegraven en daarna opgehoogd met van elders afkomstig bodemmateriaal (bijv. bij 8a).



Figuur 7: a) A60 (linksboven); b) A54 (rechtsboven; c) A64 (linksonder; d) A70 (rechtsonder).



Figuur 8: Wand bij A70 en profiel



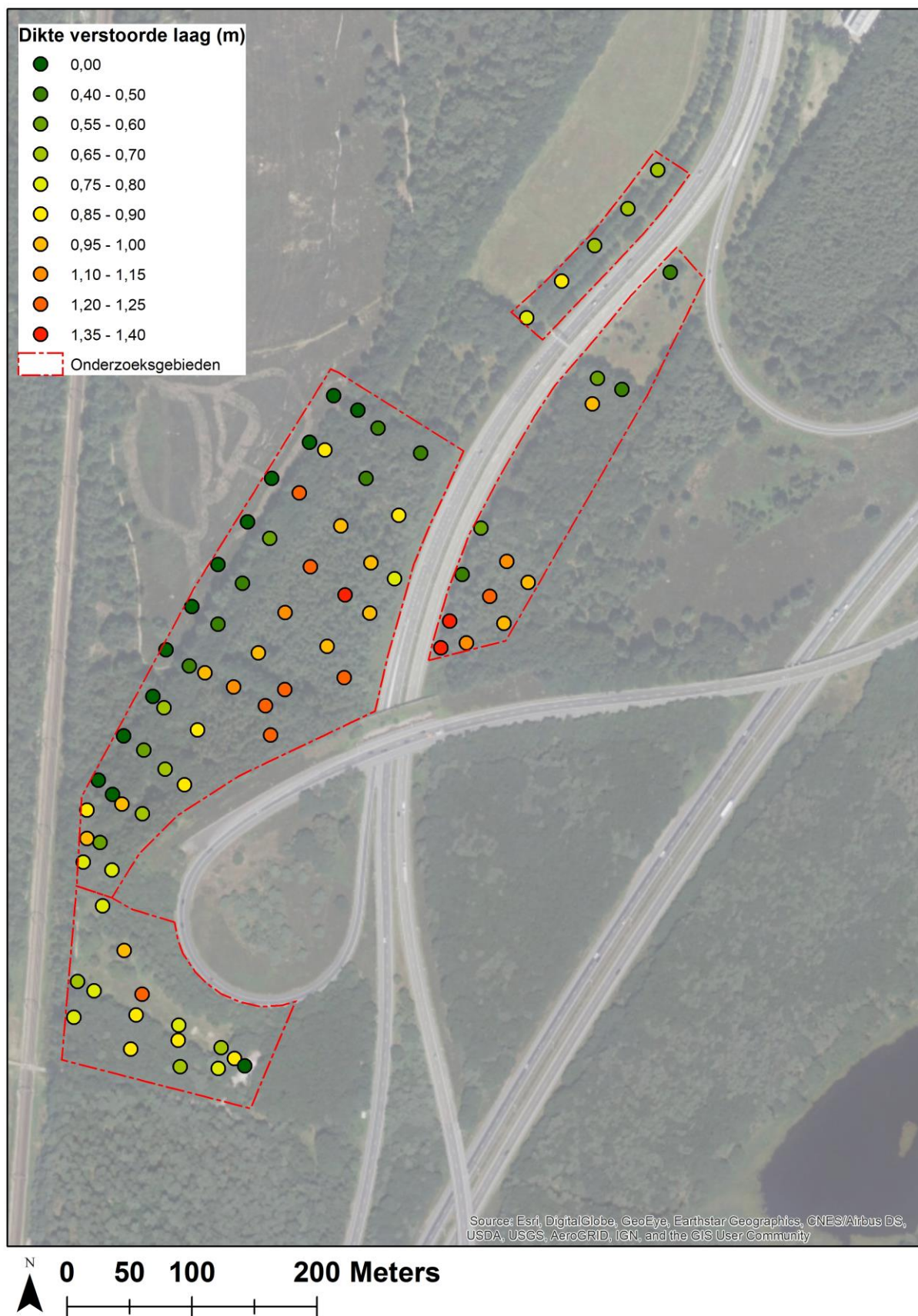
5.2 Resultaten boringen

De resultaten van de boringen worden besproken per deelgebied en aan de hand van een viertal kaarten. De eerste kaart (fig. 9) betreft de dikte van de verstoorde laag, terwijl in de 2e kaart (fig. 10) de hoogteligging van de bovenzijde van de in situ bodem wordt gegeven en de aard van deze bovenzijde. Via interpolatie verkregen kaarten worden gepresenteerd in de figuren 11 en 12.

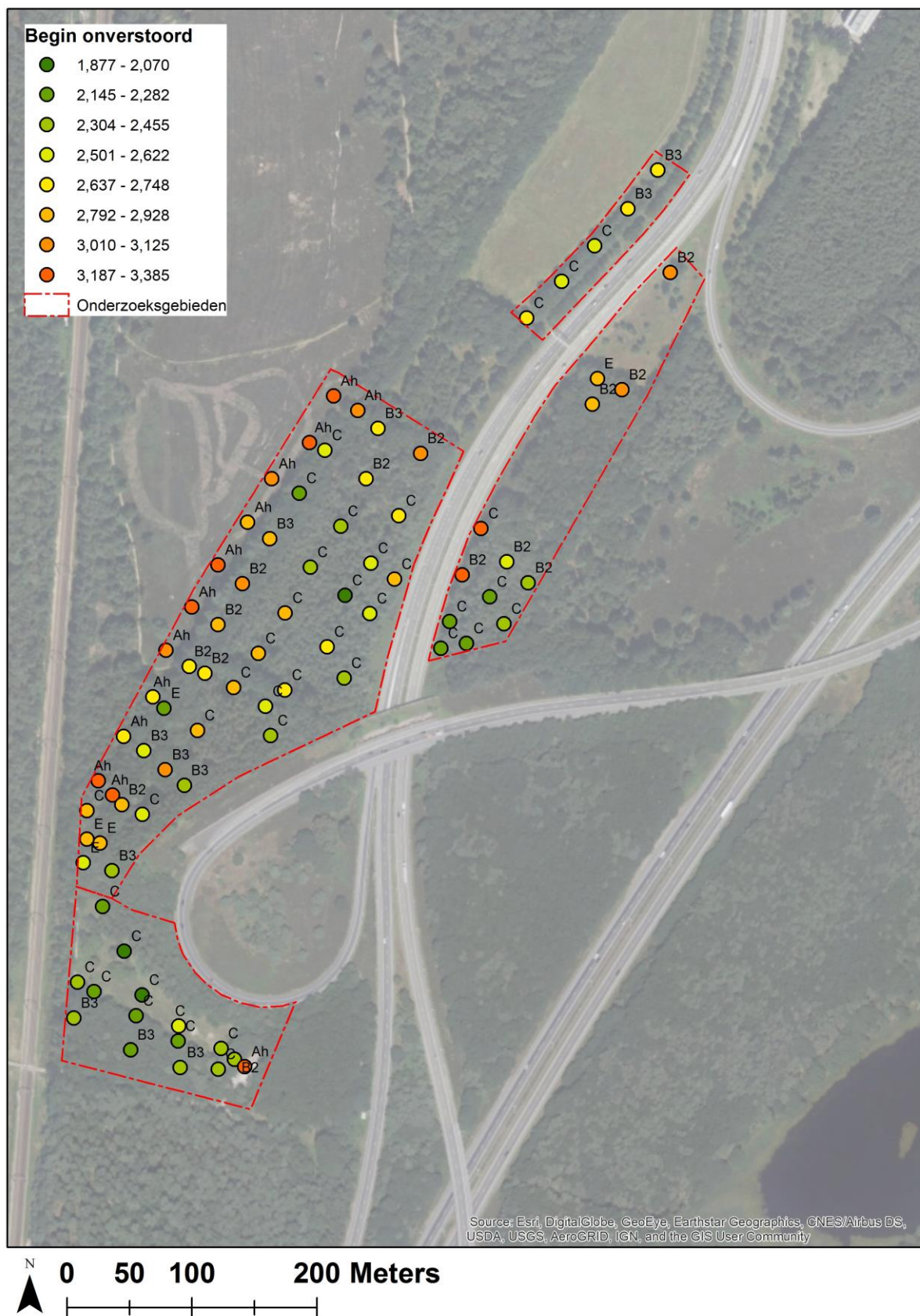
In *deelgebied 1* is vrijwel overal een dikke verstoorde laag aanwezig, die ligt op de C van de oorspronkelijke podzol. De hoogte van de bovenzijde is meestal rond 2.5 m + NAP of daar beneden. Het betekent dat het plangebied-deel gekenmerkt wordt door diep verstoorde bodems met een dikke laag verstoord materiaal (gem. 70-90 cm) op C-materiaal. Dat geldt ook voor het buiten het plangebied gelegen bosperceel aan de zuidzijde, zij het dat hier de B3 veelal nog bewaard is. Het enige afwijkende profiel ligt in de langgerekte wal tegen de oostelijke begrenzing van het tracé, een situatie identiek aan die in deelgebied 2 (zie daar).

In *deelgebied 2* kan onderscheid gemaakt worden tussen de westelijke randzone en aangrenzende heide (en bos) met ongestoorde profielen en het centrale deel van het tracé, waar een plaatselijk zelfs zeer dikke laag (tot 140 cm dik) verstoord materiaal aanwezig is, die vrijwel overal op C-materiaal ligt. In die centrale zone is dus sprake van een zeer omvangrijke en diepe verstoring en ophoging. De randzone heeft een interessante structuur, met ten westen van de randweg in de heide complete profielen, die ook aangetroffen worden in die randweg en onder de door een greppel van die randweg gescheiden wal (zie overzicht, fig. 13). De wal is over aanzienlijke lengte begroeid met eikenhakhout (sterk doorgegroeiende stoven) en bestaat uit opgebracht materiaal over een ongestoord profiel (zie ook A66).

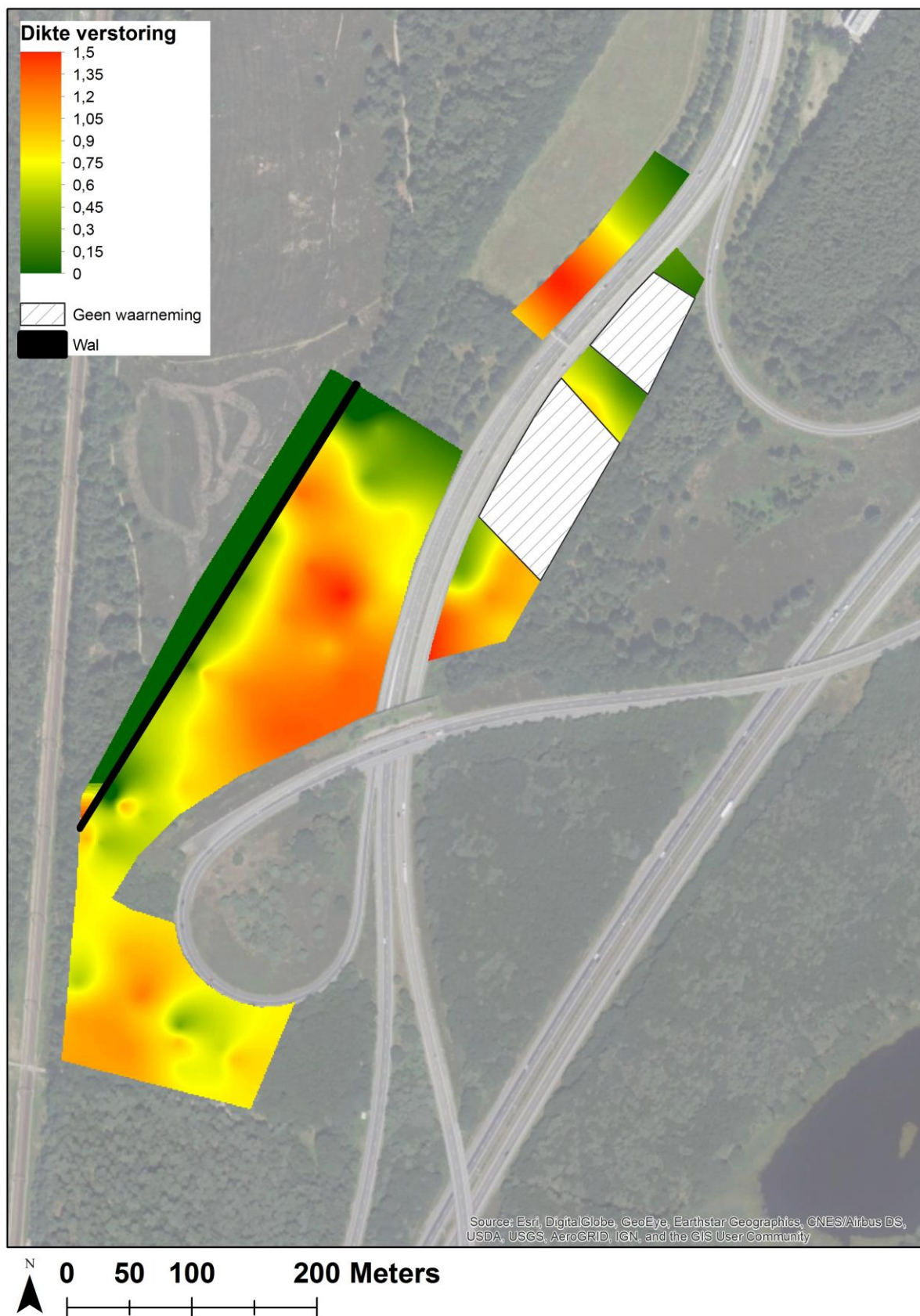
Ook ten noorden van het plangebieddeel van deelgebied 2 (boringen A19, A20, A21, A22, A23, A24, A25 en A28) komen relatief intacte bodemprofielen voor onder een dun dek verstoord materiaal, met Ah, E of B2 als bovenste horizont van de in situ bodem.



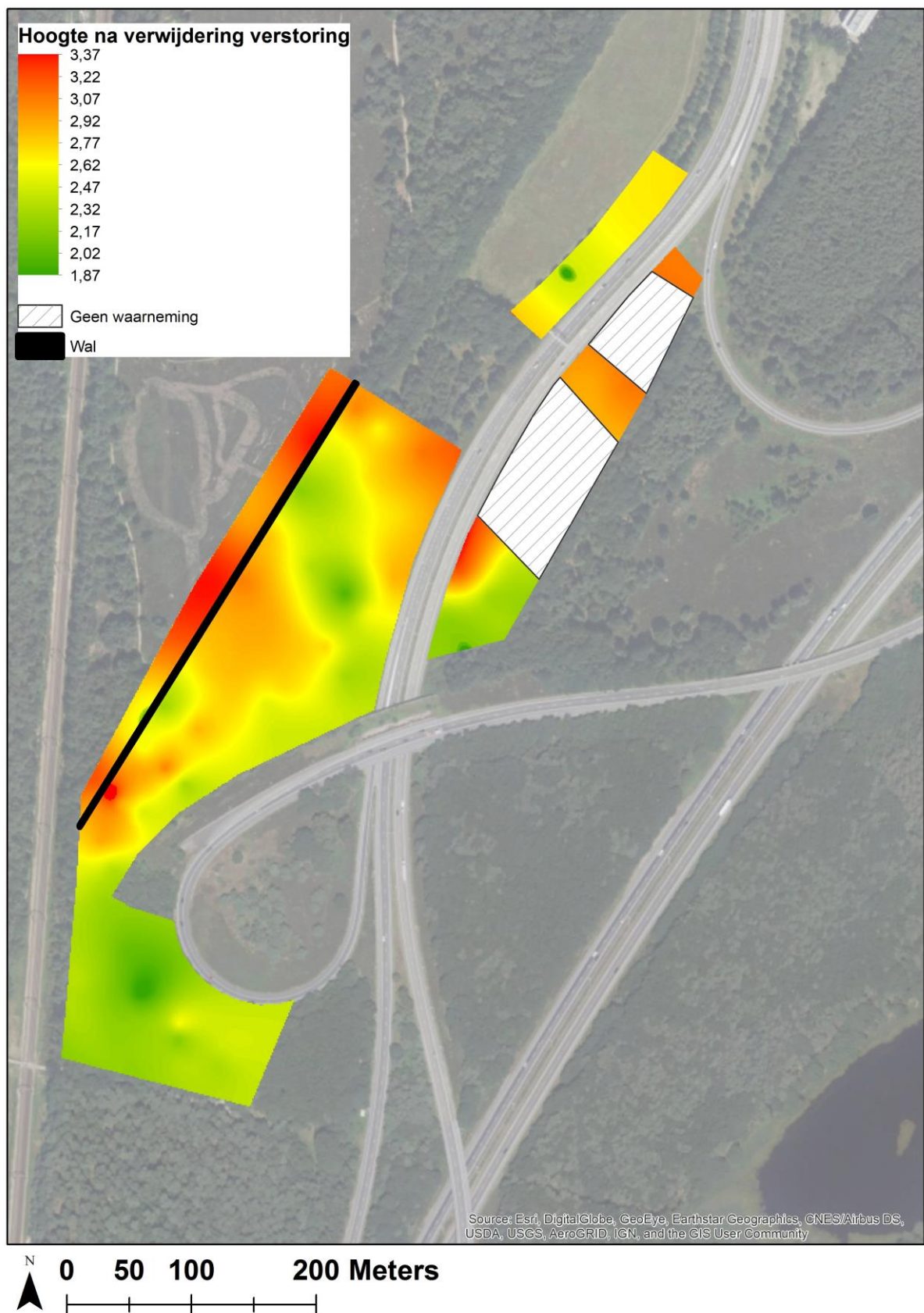
Figuur 9: Waargenomen dikte van de verstoorde laag in meters in boringen en waarnemingen in wanden.



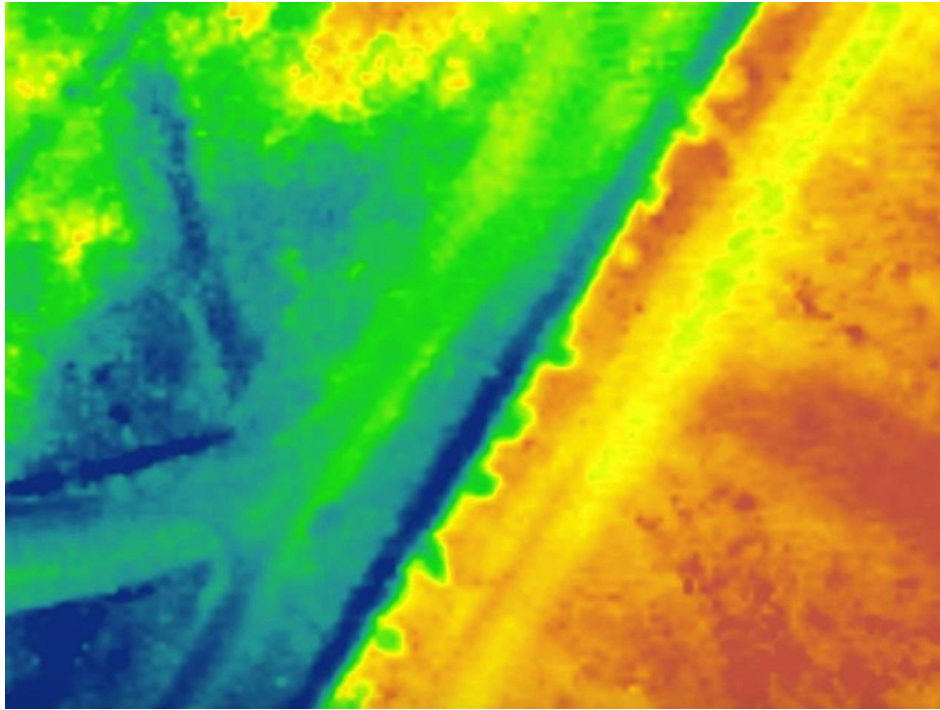
Figuur 10: Hoogte van maaiveld bij verwijdering van verrommelde laag en bovenste horizont van in situ bodem.



Figuur 11: Dikte van de verstoorde laag op basis van interpolatie van de boorgegevens voor het gebied ten oosten van de greppel/wal in deelgebied 2.



Figuur 12: Hoogte van het oppervlak van de in situ bodem na verwijdering van de verstoorde laag, op basis van interpolatie tussen de boorpunten.



Figuur 13: Opeenvolging van randweg (groen), greppel (blauw) en randwal (bruin) van links naar rechts, aan de noordwestzijde van het tracé. AHN-2 beeld.

Opvallend is de aanzienlijke variatie in hoogteligging van de top van de onverstoorde bodem – in de orde van meer dan 1 meter, die niet alleen te verklaren is uit de wisselende dikte van het verstoorde/opgebrachte pakket (variërend van 0 tot ca. 140 cm). Kennelijk waren hier van nature al vrij aanzienlijke verschillen in hoogte. Dat geldt bijv. voor A23, 25 en 28, waarvan het oorspronkelijke oppervlak relatief laag moet hebben gelegen, maar ook voor A45 en A52.

Deelgebied 3 bestaat uit enkele kleine bospercelen/-restanden met in het zuiden veelal diep verstoorde profielen waarvan alleen de C horizont bewaard is, en een zeer lage ligging van het oppervlak van de in situ bodem. Aan de noordzijde en tegen de weg ten westen van dit deelgebied zitten echter redelijk complete profielen in vrij hoge ligging. Het gaat bij dit deelgebied om enkele kleine resten van het oorspronkelijke bosgebied, die kennelijk zeer wisselend door vergraving zijn verstoord. Het grootste deel is diep verstoord.

Deelgebied 4 bestaat uit een smalle strook grasland met losstaande bomen. De bodem is systematisch en diep verstoord (70-95 cm) waarbij het grootste deel van de podzol is verdwenen tot aan de B3 of C horizont.

De *algemene trends* blijken vooral uit de figuren 11 en 12. De dikte van de verstoorde laag is vooral groot het centrale deel van het tracé, maar vertoont daarnaast variatie, vermoedelijk in samenhang met de oorspronkelijke percelering en verschillen in landgebruik (zie ook het kader over relatie tussen verstoring en historisch landgebruik). Aan de NW zijde is de bodem niet verstoord en kan de randwal als grens van et verstoord gebied worden genomen. Overigens is de wal wel ontstaan door ophoging (en dus bestaat die wal ten dele uit verstoord bodemmateriaal), maar de onderliggende bodem is niet verstoord.

Na verwijdering van de verstoorde laag zou een gebied ontstaan met een aanzienlijk reliëf, blijkend uit figuur 12. De hoogteverschillen zouden kunnen oplopen tot meer dan 1m, met laagste delen op 2.0 m + NAP of zelfs nog wat lager. Dat ligt dicht bij de door Heijmans verondersteld ligging van het freatisch vlak en zou inhouden dat plaatselijk drasse plekken zouden ontstaan. Dat de inschatting van de grondwaterstand door Heijmans als niet betrouwbaar moet worden gekenschetst, wordt hieronder beschreven en toegelicht.

Relatie landgebruik-bodemverstoring

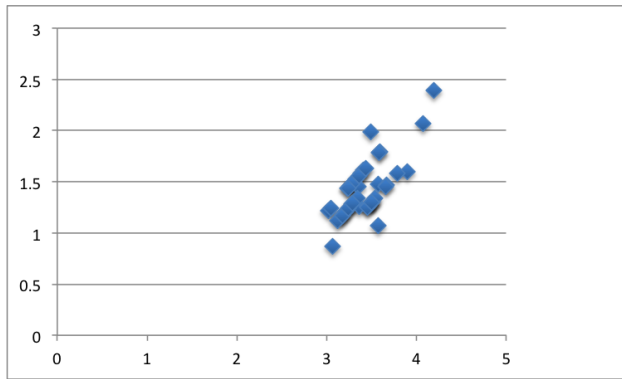
Er komen historisch gezien een paar interessante patronen naar voren op basis van de diepte van verstoring, de absolute hoogte van de intacte bodem en de eerste onverstoorde horizont.

- 1) Pre 1843 zal er geen enkele verstoring hebben plaatsgevonden. De vroegste kaart – niet gedetailleerd – toont geen enkel spoor van bebouwing of verkaveling in het onderzoeksgebied.
- 2) De Gooiland kaart uit 1843 toont de eerste verkaveling en laat zien dat de meest noordelijke boringen precies in het verlengde van het geplande tracé liggen. Boringen A19, A22, A26, A29, A33, A38, A43, A50, A55 en A59 liggen – zoals verwacht – buiten die verkaveling en laten daarom een onverstoord beeld zien.
- 3) De 1850 kaart vertoont een gedetailleerder en interessanter beeld. Enkele van de vrij onverstoorde plekken liggen namelijk in de "beboste" kavels en lijken daarom gespaard te zijn van verstoringen.
- 4) In de kaart van 1901 verschijnt de boerderij. Boringen A07 en A08 (in een bosje achter een asfaltstort ontstaan gedurende recente werkzaamheden) toonden een volledig profiel; boring A09, net iets zuidelijker gelegen, was wel verstoord. A09 blijkt net in een ander kavel te liggen, nabij de vroegere boerderij, en is daarom wel verstoord.

In de gevallen waar een boring met een intacte C nabij een boring met een intacte B2 ligt, hebben we vrijwel altijd te maken met verschillende kavels. Zie bijv. de verstoorde delen in het uiterste zuiden (A72 t/m A75, terwijl A76, A80 en A83 een intacte podzol tonen). Al met al lijkt er een vrij duidelijke relatie te bestaan tussen specifieke kavels als aangegeven op de oudere kaarten en de mate van verstoring.

5.3. Ligging grondwater

In de boringen van Heijmans wordt de diepteligging van het grondwater tamelijk standaard aangegeven als rond 2 m beneden maaiveld. Wordt de hoogte van het maaiveld ter plekke van deze boringen (als door ons bepaald uit het AHN-3) nader bekeken, dan blijkt dat de variatie in NAP hoogte van het grondwater aanzienlijk is en in de orde van 1 m of zelfs meer ligt. Zelfs op relatief korte afstanden van 60 meter kan de hoogte van het grondwater tot wel 70 centimeter verschillen. De ondergrond bestaat uit dekzand en daaronder vermoedelijk vrij grove fluvio-periglaciaire afzettingen op stuwwalmateriaal. Dat binnen het door Heijmans onderzochte gebied grote verschillen in de ligging van het freatische vlak zouden optreden is gegeven deze geologie en het reliëf van het gebied onwaarschijnlijk.



Figuur 14: Relatie tussen hoogte freatisch vlak (Y-as in m + NAP) en hoogte maaiveld (X-as in m + NAP) op basis van de boorgegevens van Heijmans.

Uit fig. 14, gebaseerd op de door Heijmans vermelde diepte tot grondwater en vanuit het AHN afgeleide hoogte t.o.v. NAP, blijkt dat een zeer grote variatie zou optreden en bovendien sprake is van een nogal chaotisch patroon. Gegeven deze feiten moet geconcludeerd worden, dat het onwaarschijnlijk is dat de door Heijmans opgegeven grondwaterstanden betrouwbaar zijn. Aangeraden wordt om de gegevens van de peilbuis B32A0567 te hanteren als basis voor de verwachte grondwaterstand en haar fluctuaties in het plangebied.

6. Conclusies

De resultaten kunnen als volgt worden samengevat:

1. Met uitzondering van de westelijke wal en de aangrenzende randzone aan de westzijde van het tracé van het Tienhovens kanaal en een paar ‘uitschieters’ (vooral in het NO) is de bodem diep en grondig verstoord en wel tot de B3 of de C horizont van de oorspronkelijke podzol. De er op liggende “rommellaag” bestaat uit een qua samenstelling wisselend mengsel van fragmenten van de oorspronkelijke podzolbodem. Echter, vaak is de verrommeling gepaard gegaan met opbrengen van bodemmateriaal dat van elders afkomstig is (vermoedelijk nabijgelegen percelen). Dat leidt tot soms zeer dikke (>1 m) verrommelde lagen.
2. Bij verwijdering van de ‘verstoorde laag’ ontstaat een landschap met uitgesproken reliëf (ca. 1,5 m minimaal), dat niet alleen te danken is aan de variatie in dikte van de verstoorde/verrommelde laag, maar ook aan het van oorsprong aanwezige reliëf. De dikte van de verrommelde laag en de hoogteligging van de onverstoorde bovenkant van de bodem zijn in kaarten weergegeven.
3. Een groot deel van het plangebied valt binnen het provinciale aardkundig monument ‘Stuwwalgebieden van het Gooi’ (AW69). De huidige ongestoorde ‘restbodem’ in dit deel bestaat uit een restant van het oorspronkelijk aanwezige pakket Jonger dekzand 2 en de daarin tijdens het Holocene gevormde xeropodzolgrond. De podzolhorizonten (Ah, E, B2 en B3) zijn slechts zelden bewaard. Uitzondering hierop vormt de westelijke randzone van deelgebied 2, waar een zone met intacte bodems aanwezig is (onder wegen en in aangrenzende wal).
4. De verstoring heeft plaatsgevonden vanaf het midden van de 19e eeuw, ten tijde van de ontginning van het gebied. Het verstoringsbeeld past in het voormalige landgebruikspatroon, waarbij relatief weinig verstoorde gebieden samen lijken te vallen met voormalige vroege bospercelen. Vooral de akkers en percelen behorend tot een voormalige boerderij zijn over het algemeen diep verstoord. In naastgelegen percelen kan de mate van verstoring daarom sterk verschillen. Vandaar ook de relatief geringe verstoring in de noordelijke randzone van deelgebied 2.
5. De bodems zijn zeer goed gedraineerd en grondwater is pas op grotere diepte aanwezig (vermoedelijk > 2 m beneden maaiveld). Het bodemonderzoek door Heijmans geeft een onbetrouwbaar beeld van de ligging van het freatisch vlak. De gegevens van peilbuis B32A0567 (Dinoloket) kunnen hier uitsluitsel geven. Er is geen enkele aanwijzing dat in het verleden de drainage slechter was en hydropodzolgronden (veldpodzolen) gevormd zijn. Voor wat betreft het laatste: de kartering van de bodems als vergraven Hn21 bodems op de bodemkaart 1:50.000 is onjuist. Het zijn (veelal vergraven) haarpodzolen (xeropodzolgronden).

Literatuur:

de Bakker, H., Schelling, J. (1989): Systeem van de bodemclassificatie voor Nederland.

Meyer, H.H.M. (1980): Albertus Perk en de Gooise landbouw, Tijdschrift tussen Vecht en Eem, nr 10, pag.198-214.

Lijst van figuren:

Figuur 1: Varianten van de geplande calamiteitenberging (a, b en c) en satellietbeeld van het plangebied (d).

Figuur 2: Oude topografische kaarten van het plangebied, alle op dezelfde schaal.

Figuur 3: Topografische kaart van 1901 en satellietbeeld (2018) op dezelfde schaal.

Figuur 4: Locaties van boringen en waarnemingen in wanden, als ook van de boorpunten van Heijmans en subeenheden binnen het plangebied (1, 2, 3 en 4).

Figuur 5: Kleur na gloeien van monsters.

Figuur 6: Volledige in situ bodem met laag opgebracht bodemmateriaal bij punt A66.

Figuur 7: Verstoorde bodems met een ‘rommellaag’, grotendeels bestaande uit fragmenten van de podzolbodem.

Figuur 8: Verstoorde bodems met een ‘rommellaag’, grotendeels bestaand uit opgebracht materiaal, direct op de C-horizont van de in situ bodem.

Figuur 9: De dikte van de verstoorde laag (in meters), per individueel onderzoekspunt.

Figuur 10: De hoogte van de onverstoorde (in situ) bodem, inclusief de aard van de bovenzijde (weergegeven als label bij elk punt).

Figuur 11: Hoogtemodel met de dikte van de verstoring, waarbij de randwal functioneert als buffer tussen het verstoorde en onverstoorde deel.

Figuur 12: Hoogtemodel na verwijdering van de verstoorde lagen.

Figuur 13: Opeenvolging van randweg (groen), greppel (blauw) en randwal (bruin) van links naar rechts, aan westzijde van het tracé. AHN-2 beeld.

Figuur 14 : Relatie tussen hoogte freatisch vlak (Y-as in m + NAP) en hoogte maaiveld (X-as in m + NAP) op basis van de boorgegevens van Heijmans.

Lijst van digitale files (Appendices):

1. Boringen en veldobservaties: lijst van kaartnr en veldnr. + veldwaarnemingen.
2. Waarnemingen en coördinaten: uitgebreide file met alle data.
3. Boringen Heijmans: coördinaten en diepte tot grondwater etc. van door Heijmans uitgevoerde boring
4. Kaart met locaties van de door Heijmans uitgevoerde boringen
5. Beschrijvingen boringen Heijmans
6. Locaties waarnemingen, fig. 4
7. Figuur 9.
8. Figuur 10.
9. Figuur 11.
10. Figuur 12.

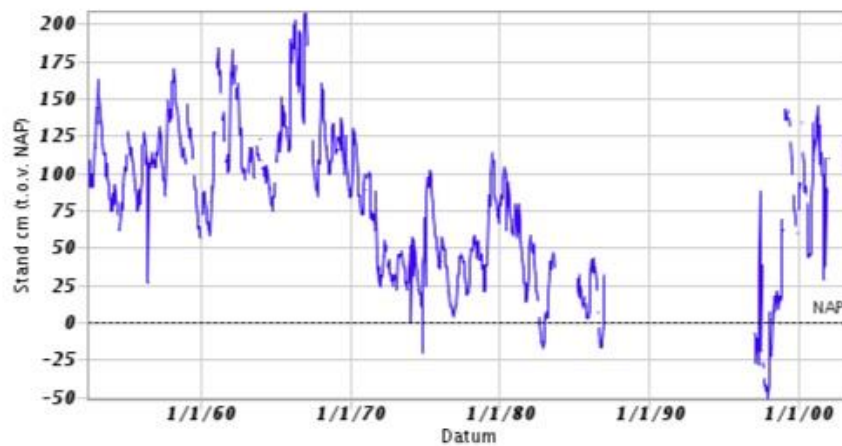
Bijlage: Hydrologische aspecten

1. Grondwaterstanden in het gebied.

In het gebied zijn een tweetal grondwaterpeilbuizen , waarvan metingen bekend zijn. Deze worden hieronder weer gegeven.

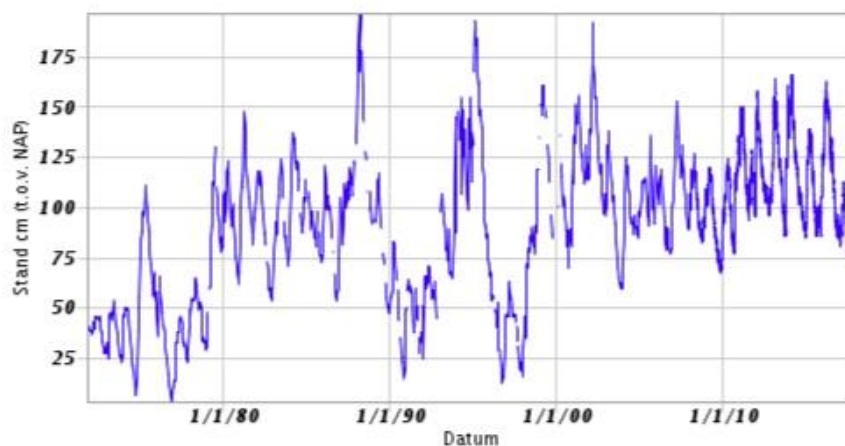
DINO/BRO-put met onderzoeksgegevens

Identificatie: B32A0567
Coördinaten: 141260, 468260



DINO/BRO-put met onderzoeksgegevens

Identificatie: B32A0584
Coördinaten: 141878, 469020



De 1^e buis levert duidelijk geen bruikbare data op, de 2^e echter laat zien dat de gemiddelde grondwaterstand (GG) ligt rond de 100 cm + NAP met enige fluctuaties. De gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) bedraagt ca. 150 cm + NAP. Dit betekent dat bij de jaarlijkse kortdurende hoogste grondwaterstand (GHG) het peil gemiddeld op 150 cm + NAP ligt. Het gemiddelde peil ligt echter duidelijk lager en de fluctuaties bedragen ca. 75 cm.

Een paar conclusies kunnen worden getrokken:

1. De ondergrond van het gebied bestaat uit goed doorlatende zanden en er is dus geen enkele aanleiding om te veronderstellen dat het grondwaterpeil binnen het gebied ruimtelijk sterk varieert. Integendeel, hoogteverschillen zullen zeer beperkt zijn. Dat blijkt ook uit de andere (zeer incomplete) dataset: ook hier vergelijkbare fluctuaties (in de laatste waarnemingsjaren).
2. De door het rapport met boorgegevens van Heijmans vermelde gegevens over de diepte van de grondwaterstand kloppen niet.
3. De diepte van ontgroning waarbij regelmatig open water zal voorkomen ligt op ca. 100 cm. Bij verhoging van de grondwaterstand door a) verminderde onttrekking en b) verhoogde seizoensneerslag is bij a) een verhoging van de GG met een overeenkomstige hoogte, maar bij b) vermoedelijk nauwelijks een verhoging. Immers in het laatste geval zal de piekhoogte toenemen, maar deze treedt slechts tijdelijk op en de gemiddelde waarde (GG) wordt veel meer door andere factoren bepaald.

2. Invloed van calamiteitenberging

Wordt de GG bepaald door de gemiddelde grondwaterstand, die overeen zal komen met de hoogte van het peil in een diep, open bekken (de calamiteitenberging), bij de relatie tussen seizoensgebonden hoog grondwaterpeil en peilhoogte in het bekken, treedt een heel ander verschijnsel op.

Grondwaterpeilfluctuaties hangen in sterke mate samen met de berging van infiltrerend water in de bodem. Een peilfluctuatie van 75 cm (deze treedt globaal op) komt in termen van hoeveelheid water overeen met (globaal) $= 75 * 0,3$ (volumepercentage met water gevulde poriën) = een laag water van 22,5 cm. Moet dit in een open plas geborgen worden dan stijgt het peil dus 22,5 cm en niet 75 cm. Dit komt er op neer dat een open plas zoals een calamiteitenberging een sterke demping veroorzaakt van de GHG piek in de omgeving. Bekend verschijnsel waarmee gerekend moet worden in de analyse van de effecten van zo'n berging. Is die berging groot, dan is het effect natuurlijk ook groot.

Wat betekent dit:

- a). Moet de calamiteitenberging functioneren bij incidentele hoge neerslag in de zomer, dan is sprake van een combinatie van relatief laag grondwaterpeil – bij een bodem op 1 m zal dit in die orde zijn – en tijdelijk hoog peil door de calamiteit. De bergingscapaciteit in de 'open bak' is groot – van ca. 1 m + NAP tot het maximale toegestane peil.
- b). Is er sprake van langdurige regen en een piek in grondwaterpeil dan zal de stand van het waterpeil in de 'open bak' hoger zijn, maar niet extreem – dempend karakter – waarbij de berging voor een calamiteit minder zal zijn. Kans op een waterstand die belangrijk hoger is dan 1 m lijkt niet groot.
- c). Bij een serieuze calamiteit en volledige vulling van het bekken zal enige tijd water vanuit het bekken in de ondergrond infiltreren en zal dit tot verhoging van

grondwaterstanden in de omgeving leiden. Op basis van gegevens over doorlatendheid van de ondergrond (is goed in te schatten op basis van bestaande gegevens) en van bestaande hydrologische modellen voor dit gebied (regionaal model, o.a. gebruikt voor LWM-gebied) moet goed zijn te berekenen wat het verloop van het grondwaterpeil in ruimte en tijd zal zijn. Nu lijkt al duidelijk dat bij een ‘zomerse’ calamiteit ten opzichte van de huidige situatie niet of nauwelijks sprake zal zijn van verhoging van de grondwaterstand buiten het direct aanpalende gebied, vanwege dat dempende effect op de GHG van een open bekken. Hoe dit ligt voor een calamiteit bij een hoge grondwaterstand is de vraag en behoeft nader onderzoek (kans en potentiële effecten).

3. Doorlatendheid van de bodem

Voor het dekzand en de onderliggende formaties kunnen bekende waarden voor dergelijke zanden worden gebruikt. Voor de bodem (de podzol) geldt dit echter niet. Podzol-B horizonten kunnen slecht doorlatend zijn, o.a. blijkend uit de daardoor veroorzaakte beperkte beworteling. Dit geldt ook voor de humuspodzol-B die in dit gebied aanwezig is.

Het betekent, dat waar de podzol aanwezig is (zie daarvoor de kaarten), de vegetatie grotendeels wortelt in de boven de podzol-B horizont aanwezige bodem. Dat zal veelal de Ah en E horizont zijn, maar bij podzolen met opgebracht materiaal ook in dit opgebracht materiaal. Zie bijv. de wal aan de westzijde van het gebied.

De doorlatendheid van de podzol-B horizont is slecht en dat kan niet alleen waterstagnatie op de podzol-B horizont veroorzaken bij infiltratie vanaf het oppervlak, maar bij een verhoging van de grondwaterspiegel door zijdelingse infiltratie (vanuit een bekken met hoge waterstand) ook tot remming van de stijging van het grondwaterpeil. Het effect zal optreden bij een kortdurende stijging van het peil – die stijging wordt eveneens gedempt en de mate waarin hangt af van de doorlatendheid.

Gegevens over doorlatendheden van dit soort horizonten zijn bekend van onderzoek in het LWM gebied. Het rapport over dit onderzoek is toegevoegd. De gegevens kunnen gebruikt worden bij modelmatige analyse van de effecten van een tijdelijk hogere waterstand in het bekken op de grondwaterstand in bodems in het aangrenzende gebied.

Doorlaatbaarheidbepalingen podzol B Laarder Wasmeeren

L.H. Cammeraat, J. Sevink, M. Vlaming,

6 april 2008

1. Inleiding

Onderdeel van de sanering van de Laarder Wasmeren is het herstel van venbodems, die in het verleden vergraven zijn waarbij van de karakteristieke podzol de ondoorlatende podzol-B horizont geheel of gedeeltelijk is verdwenen. Dat herstel komt neer op het aanbrengen van een ondoorlatende laag en wel zodanig dat deze aansluit op de nog resterende, stagnerende podzol-B horizont. In het bestek van de sanering wordt uitgegaan van aanbrengen van een laag trisoplast, maar er zijn ook alternatieven zoals keileem of qua doorlatendheid vergelijkbare lemige tot kleiige materialen.

Uitgangspunt is dat de doorlatendheid van de voor het herstel aan te brengen stagnerende laag vergelijkbaar dient te zijn met de in situ podzol-B. Een probleem hierbij is echter, dat geen verzadigde doorlatendheden van dit soort stagnerende podzol-B horizonten bepaald zijn, noch betrouwbare waarden uit de literatuur af te leiden waren. Vandaar dat recentelijk besloten is om een aantal in situ bepalingen van verzadigde doorlatendheid uit te voeren. De resultaten kunnen dienen als basis voor de selectie van toe te passen materiaal bij de dichting van de ‘gaten’.

Dat de verzadigde doorlatendheid bepaald is, hangt direct samen met het feit, dat uitgegaan wordt van herstel van natte of zeer vochtige situaties, d.w.z. met water verzadigde bodems. In die situatie is alleen de verzadigde doorlatendheid relevant.

2. Bepaling verzadigde doorlatendheid.

Een zeer gangbare veldmethode is de zogenaamde dubbele ringinfiltrometer bepaling. Deze ringinfiltrometer bestaat uit een tweetal open metalen cilinders die op de bodem worden geplaatst. De metalen ringen worden met de onderkant voorzichtig in het bodemoppervlak van het te meten substraat gedrukt (bijvoorbeeld een podzol-B), terwijl de bovenkant van de ring open blijft. In de binnenste ring wordt water aangevoerd tot een constante hoogte via een Mariott systeem; meestal is dit enkele centimeters water. Het water infiltreert in de bodem en tegelijkertijd waarborgt het Mariott water aanvoersysteem dat de waterhoogte in de binnenste ring constant blijft. Tegelijkertijd wordt de volumestroom water die infiltreert gemeten uit de hoeveelheid water die infiltreert over de tijd van de proef nadat de infiltratiesnelheid constant geworden is. De infiltratiesnelheid kan worden geregistreerd als een volume infiltrerend water/tijd. De meetopstelling is weergegeven in figuur 1.

Via enig rekenwerk kan dit omgezet worden naar een verzadigde doorlatendheid, uitgedrukt in cm/dag. Deze parameter wordt ook wel de Ksat genoemd. Voor de berekening is gebruik gemaakt van de methode zoals beschreven in Wu et al., (1999) en wordt verwezen naar de bijlage en de spreadsheet “doorlaatbaarheidberekening_ec.xls” en de file “infiltrometertest.pdf”



Figuur 1: Proef opzet met dubbele ringinfiltrometer opstelling (links) met de Mariottbuis (rechts)

De buitenste ring wordt eveneens ten dele gevuld met water, dat ook infiltreert. Dit water beperkt het zijdelings wegstromen van water in de binnenste ring tot een verwaarloosbare hoeveelheid, waardoor de infiltratie in de binnenste ring (bijna) verticaal verloopt en inderdaad een goede benadering voor de K_{sat} vormt. Fouten in deze bepaling nemen toe wanneer bijv. een goed doorlatende laag op een slecht doorlatende ligt en de ringen niet tot in de slecht doorlatende laag zijn gedrukt. In dat geval treedt wel degelijk enige zijdelingse wegvloeiing (lekkage) op, waardoor te hoge K_{sat} waarden worden gemeten. Gemeten parameters zijn: waterhoogte in de binnenste ring, tijdsduur, infiltratiehoeveelheid en snelheid. Hieruit is de verzadigde doorlatendheid berekend.

3. Onderzochte bodems

Om een zo representatief mogelijk beeld van de verzadigde doorlatendheid te krijgen zijn een 8-tal bepalingen uitgevoerd. De bodems variëren van vrijwel intacte podzolen in de lage delen van de oorspronkelijke vennen tot sterk getrunkeerde profielen (zonder E en bovenzijde Bh). Dit is onmiddellijk zichtbaar in de gevonden waarden, nl. relatief snelle infiltratie bij onvolledige profielen en traag bij complete profielen. De bepalingen zijn telkens in duplo uitgevoerd. De gemaakte foto's illustreren de verschillen in bodem, die in het gebied voorkomen (zie foto's).

4. Resultaten

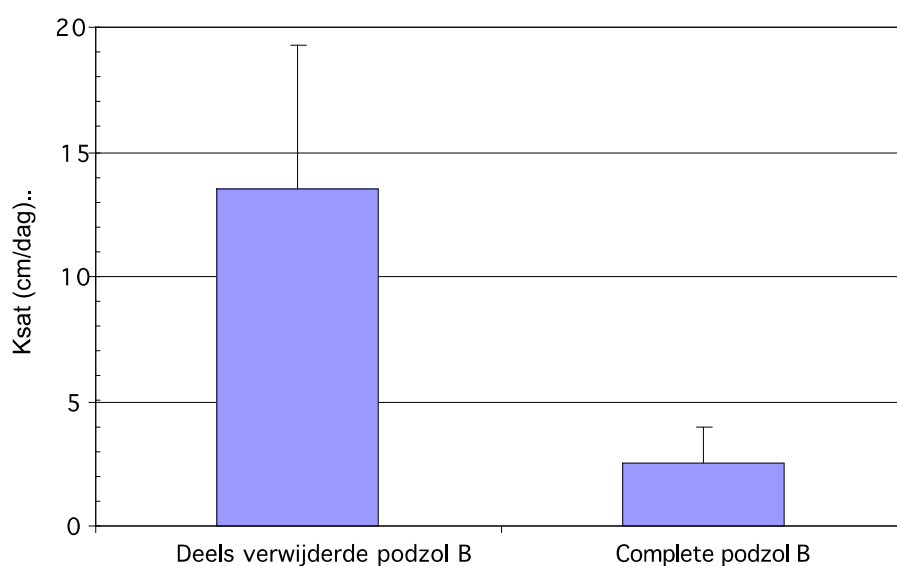
De gemeten waarden zijn weergegeven in tabel 1. De laagste waarden werden gemeten in de intacte podzolen en liggen globaal tussen de 1 en 4 cm/dag (2.5 ± 1.4 cm/dag; figuur 2), hetgeen overeenkomt met in de literatuur vermelde waarden voor stagnerende podzolen. Deze waarden betreffen de complete podzol uit de Vuilwaterplas (5) en een droge sterk ontwikkelde podzol met intacte E (8). De andere droge volledige podzol (7) heeft een

duidelijk hogere waarde, die toe te schrijven is aan een dikkere E en laterale wegzijging door die E.

De verzadigde doorlatendheden van de podzolresten liggen duidelijk hoger, toe te schrijven aan de afwezigheid van het bovenste, slecht doorlatende deel van de Bh horizont. Hier liggen de waarden globaal tussen 10-20 cm/dag (13.5 ± 5.8 cm/dag, figuur 2). Ook deze waarden komen redelijk overeen met de in de literatuur genoemde waarden. Zie hiervoor ook van den Akker, 2001 (DC1-121-7.pdf)

Tabel 1: Verzadigde doorlatendheden Laarder Wasmeren.

Proef #	Locatie	Ksat cm/dag	Opmerking
1	deels verwijderde podzol B (kom vuilwaterplas)	20.0	goed
2	deels verwijderde podzol B (kom tussen Vuilwaterplas en Langewater)	8.9	goed
3	deels verwijderde podzol B (kom tussen Vuilwaterplas en Langewater)	11.5	goed
4	complete podzol B aan oppervlak (Grootwasmeer)	4.0	goed
5	complete podzol B aan oppervlak (Vuilwaterplas)	1.2	goed
6	complete podzol B aan oppervlak (Vuilwaterplas)	20.0	lekkage
7	E aan oppervlak met sterk ontwikkelde podzol B (droog gedeelte)	16.2	goed
8	E aan oppervlak met sterk ontwikkelde podzol B (droog gedeelte)	2.3	goed



Figuur 2: Gemiddelde en standaard deviatie van de doorlatendheden van de bodems met een deels verwijderde podzol-B en een complete podzol-B.

In figuur 2 zijn de gemiddelde doorlatendheden weergegeven van de bodems met complete podzol-B (proef 4, 5 en 8) en met deels verwijderde podzol-B (proef 1,2,3) alsmede de standaard deviatie. Proef 6 en 7 zijn buiten deze berekening gehouden vanwege lekkage. Uit figuur 2 kan tevens worden afgeleid dat de verzadigde doorlatendheden voor beide bodemtypen significant verschillend zijn.

5. Conclusies

In het saneringsgebied Laarder Wasmeren is de verzadigde doorlatendheid van de bodem op een aantal plaatsen gemeten. De bodem bestaat hier uit podzolen met complete podzol-

B horizont en podzolen met deels verwijderde B-horizont . Voor beide bodemtypen, al dan niet met een bovenliggende E horizont, zijn doorlatendheden vastgesteld met de dubbele ring infiltrometer. De gemeten waarden komen goed overeen met waarden vermeld in bestaande literatuur voor vergelijkbare bodemtypen. De podzol met complete B heeft een verzadigde doorlatendheid van 2.5 ± 1.4 cm/dag en die met een deels verwijderde B heeft een doorlatendheid van 13.5 ± 5.8 cm/dag.

6. Literatuur

- Akker, van den (2001) Een inventarisatie van bodemfysische materiaalmodellen zoals toegepast in het landbouwkundig onderzoek. Rapport Delft Cluster Alterra, Wageningen. (DC1-121-7.pdf)
- Wu, L. Pan, L., Mitchell, J. and Sanden B. (1999), Measuring Saturated Hydraulic Conductivity using a Generalized Solution for Single-Ring Infiltrometers Soil Sci. Soc. Am. J., 63:788-792 (Infiltrometertest.pdf)