Hydrologisch onderzoek en inrichtingsplan voor natuurpotentie Savendonk



BADVS
bodem & water

Colofon

Titel:	Hydrologisch onderzoek en inrichtingsplan voor natuurpotentie Savendonk
Opdrachtgever:	ARK Natuurontwikkeling Molenveldlaan 43 6543 RJ Nijmegen
Uitgebracht door:	Badus Bodem & Water Molenkamp 27 6721 CX Bennekom
Datum:	7 december 2020
Status:	definitief
Auteur:	ir. Joris Schaap (Badus Bodem & Water)
Kaartmateriaal:	Badus Bodem & Water, Landelijke Voorziening Beeldmateriaal / PDOK
Foto voorkant:	Gemaaid graslandperceel bij de Leemskuilen met potentie voor de ontwikkeling van leembossen, Savendonk (foto: Joris Schaap)

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave 3
Hoofdstuk 1 Inleiding 5
1.1 Aanleiding 5
1.2 Doel 6
1.3 Beleidskader en ambitieniveau 6
1.4 Achtergrond leembossen 7
Hoofdstuk 2 Werkwijze 9
2.1 Natuurpotentie 9
2.2 Potentiële standplaatscondities 9
2.3 Bodemonderzoek 10
2.4 Grondwateronderzoek 10
2.5 Zuurgraadbepaling 11
2.6 Voedselrijkdom 11
2.7 Overstromingstolerantie 11
Hoofdstuk 3 Ondergrond 12
3.1 Hoogteligging 12
3.2 Geologie 13
3.3 Geomorfologie 14
3.4 Historisch landgebruik 15
Hoofdstuk 4 Bodem 17
4.1 Bodem algemeen 17
4.2 Gedetailleerd bodemonderzoek 18
4.3 Leem 20
Hoofdstuk 5 Hydrologie - oppervlaktewater 22
5.1 Oppervlaktewaterlichamen legger 22
5.2 Oppervlaktewater detail 22
5.2.1 Leemskuilen 23
5.2.2 Savendonk-Wedehagen 24
5.2.3 Savendonk-Buitenkamp 25
5.3 Watervoerendheid 26
5.4 Inundatie 26
5.5 Buisdrainage 26
Hoofdstuk 6 Hydrologie - grondwater 28
6.1 Geohydrologie 28
6.2 Grondwateronttrekkingen 28
6.3 Peilbuizen 29
6.4 Grondwatermodel 30
6.5 Resultaten grondwateronderzoek 31
6.6 Doelgat 32
Hoofdstuk 7 Zuurgraad en voedselrijkdom 35
7.1 Zuurgraadonderzoek 35
7.2 Hydrotypen 36

Hoofdstuk 8 Synthese 37
8.1 Watersysteemanalyse 37
8.2 Knelpunten 38
8.3 Herstelstrategie 39
Hoofdstuk 9 Inrichtingsplan 41
9.1 Maatregelen 41
9.1.1 Verondiepen en dempen 41
9.1.2 Stuw 42
9.1.3 Buisdrainage 42
9.1.4 Slenken 42
9.2 Scenario A (natuur plus) 42
9.3 Scenario B (natuur intern) 44
9.4 Effecten op grondwater 45
9.4.1 Verwijderen of onklaar maken van drainage 46
9.4.2 Verondiepen of dempen watergang / plaatsen van stuw 46
9.5 Uitvoering 48
9.6 Aanbevelingen 49
Referenties 50
Bijlage 1 Boorprofielen 52
Bijlage 2 pH-profielen 56
Bijlage 3 Peilbuisreeksen 59

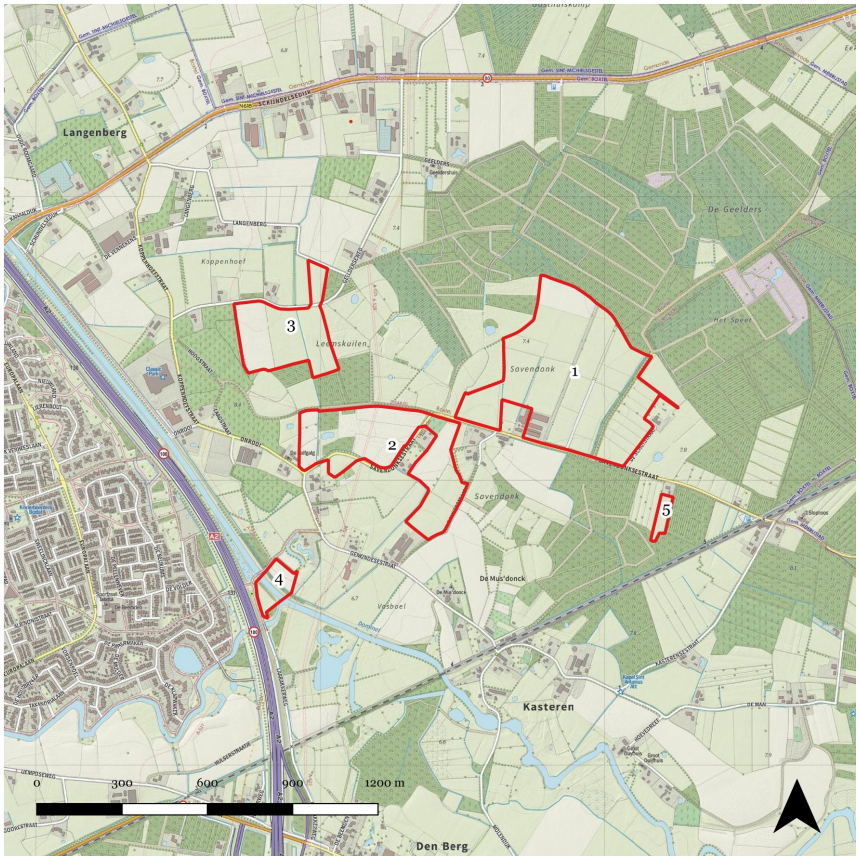
Hoofdstuk 1 Inleiding

1.1 Aanleiding

ARK Natuurontwikkeling is in Het Groene Woud trekker voor realisatie van Natuurnetwerk Brabant, in samenwerking met het Groen Ontwikkelfonds Brabant (GOB). Recentelijk heeft ARK gronden verworven in het Geelders-boscomplex ten oosten van Boxtel: het projectgebied 'Savendonk' (zie figuur 1.1). Dit wil ARK omvormen tot hoogwaardige natuur met leembosontwikkeling. De Geelders is bovendien een Natte Natuurparel, de uitvoering van deze maatregelen neemt ARK in samenwerking met waterschap De Dommel van het waterschap over. ARK heeft Badus Bodem & Water gevraagd de hydrologische onderdelen van het inrichtingsplan voor Savendonk op te stellen.

Het projectgebied Savendonk bestaat uit vijf deelgebieden, waarvan deelgebieden 4 en 5 (2 ha) geen onderdeel uitmaken van dit onderzoek:

1. Savendonk-Buitenkamp (25 ha)
2. Savendonk-Wedehagen (13 ha)
3. Leemskuilen (8 ha)



Figuur 1.1 - Projectgebied Savendonk met deelgebieden 1) Savendonk-Buitenkamp, 2) Savendonk-Wedehagen, 3) Leemskuilen en 4) en 5) Overige percelen.

1.2 Doel

Het doel van ARK is om de leembossen van De Geelders uit te breiden en de huidige boskernen te versterken. Eén van de belangrijkste maatregelen om het leembos te versterken en uit te kunnen breiden is het zoveel mogelijk herstellen van de oorspronkelijk hydrologie van het gebied. In de huidige omstandigheden wordt het projectgebied intensief ontwaterd voor landbouwkundig gebruik. Het tegengaan van verdroging voor natuur is één van de belangrijkste doelen. Het doel van onderhavige studie is een systeemanalyse van de ondergrond en hydrologie in het gebied Savendonk, alsmede het opstellen van een hydrologisch inrichtingsplan.

Het onderzoek geeft antwoord op de volgende vragen:

- Welke bodemtypes komen voor in het gebied?
- Wat is het pH-bodemprofiel van de boringen en daarmee de invloed van kwel?
- Wat zijn hydrologisch gezien kansrijke plekken voor natuurontwikkeling?
- Wat is nodig voor de ontwikkeling van deze kansrijke plekken?
- Welke hydrologische inrichtingsmaatregelen zijn noodzakelijk om de natuurpotenties in het gebied te benutten?

1.3 Beleidskader en ambitieniveau

Deelgebied Savendonk-Buitenkamp valt onder het waterafhankelijke deel van het Natuurnetwerk Brabant (NNB) en is daarmee ook als Natte Natuurparel aangegeven (Natuurbeheerplan Noord-Brabant). De provincie Noord-Brabant wil in 2027 alle ontbrekende verbindingen in het netwerk gedicht hebben met nieuwe natuur. Deelgebieden Savendonk-Wedehagen en Leemskuilen liggen niet in het NNB, maar vallen onder het attentiegebied: een beschermingszone rondom Natte Natuurparels. De attentiegebieden zijn enerzijds van belang voor het beschermingsbeleid en bepalen anderzijds de reikwijdte van de aanpak van de verdrogingsbestrijding.

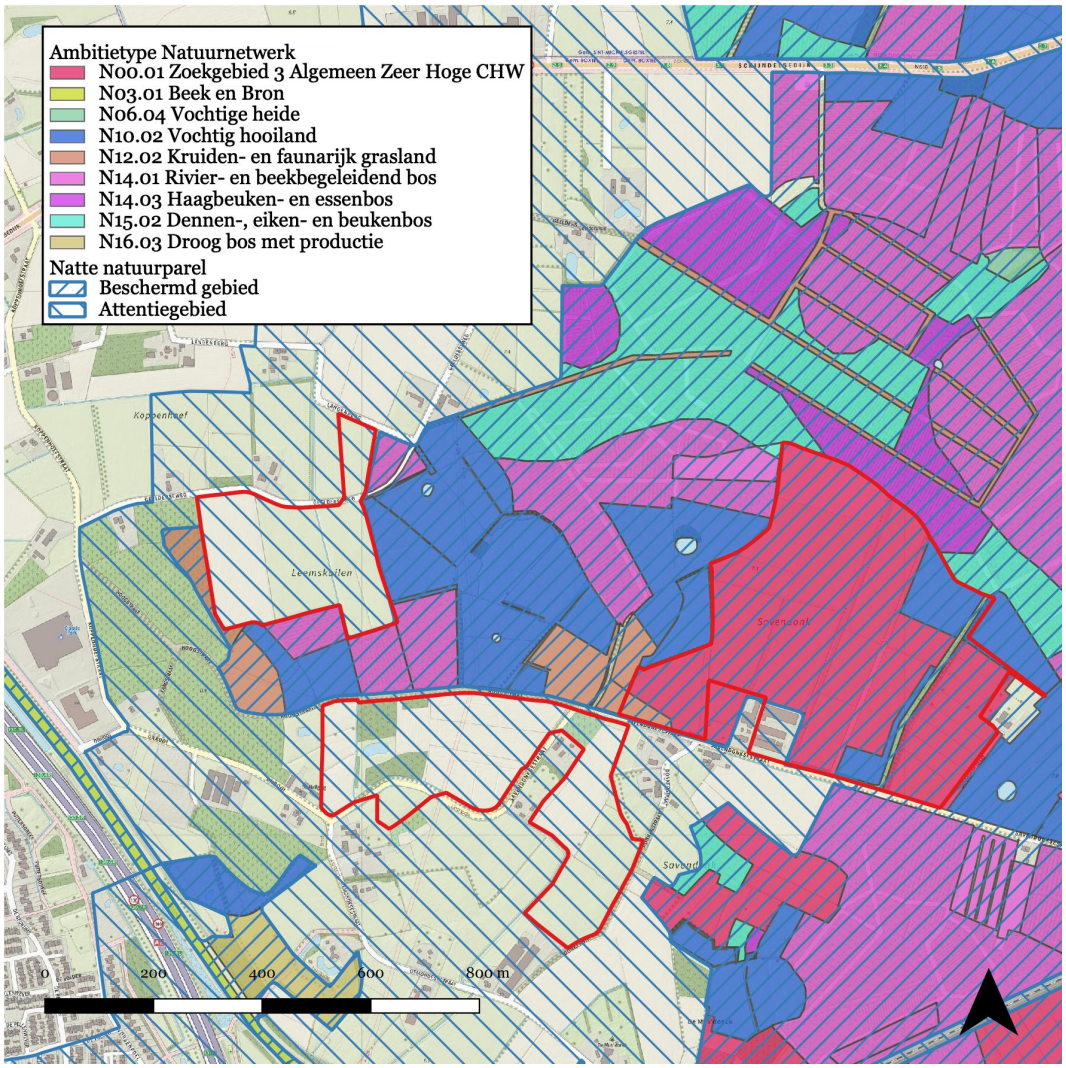
In figuur 1.2 zijn de ambitietypen van het NNB en de beschermde en attentiegebieden van de Natte Natuurparels aangegeven. Saavendonk-Buitenkamp bevat de volgende ambitietypen:

- N00.01 Zoekgebied 3 Algemeen Zeer Hoge CHW (ambitie 100% Nat Kruiden- en faunarijk grasland)
- N10.02 Vochtig hooiland
- N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland

ARK hanteert bij de NNB-ontwikkeling een hoog ambitieniveau voor zowel de omvang van de gebieden als de natuurkwaliteit ervan. Deze hoge ambitie reikt verder dan de werkwijze van het NNB (Den Oetelaar en De Koning, 2020) en gaat verder dan het geldende Natuurbeheerplan en de ambitiekaart. ARK wil de biodiversiteitsparels van Noord- Brabant, namelijk de leembossen, uitbreiden en de van nature in het gebied aanwezige potentie voor leembosontwikkeling benutten. Leembossen behoren syntaxonomisch tot het zogenaamde Eiken-Haagbeukenbos (Stellaria-Carpinetum). Voor de hydrologische randvoorwaarde van leembossen gaat deze studie uit van de volgende beheertypen:

- N14.01 Rivier- en beekbegeleidend bos
- N14.03 Haagbeuken- en essenbos

Dit onderzoek en inrichtingsplan richt zich op de natuurpotentie van de beheertypen Rivier- en beekbegeleidend bos en Haagbeuken- en essenbos.



Figuur 1.2 - Het onderzoeksgebied maakt onderdeel uit van het Natuurnetwerk Brabant en attentiegebied van Natte Natuurparels (bron: Natuurbeheerplan Noord-Brabant).

1.4 Achtergrond leembossen

Leembossen vormen een loofbosgemeenschap met een gevarieerde vegetatiestructuur met een (tot 30 m) hoge en een lage boomlaag, een goed ontwikkelde struiklaag en een weelderige, soortenrijke kruidlaag met typische soorten. Veel soorten, waaronder diverse voorjaarsbloeiers zoals bosanemoon, slanke sleutelbloem en grote muur, kunnen zich door middel van wortelstokken of bovengrondse uitlopers vegetatief sterk uitbreiden, waardoor ze in staat zijn grote en dikwijls aaneengesloten groepen te vormen.

Leembossen van de hogere zandgronden zijn gebonden aan pleistocene of oudere leemgronden. Veelal is er sprake van een gelaagd bodemprofiel met een zure bovenlaag met een goede humusvertering op een laag van keileem, leem of klei. Door deze gelaagdheid is er sprake van stagnatie van inzijgend regenwater en hydromorfe kenmerken

in de bodem. De beïnvloeding door grondwater zorgt op zwak-lemige bodems ook voor het op peil blijven van de basenverzadiging van deze bodems. Op leemgronden kan regenwater worden aangerijkt vanuit de leem.

Hoofdstuk 2 Werkwijze

Om de hydrologische problemen in het gebied te identificeren en anti-verdrogingsmaatregelen uit te werken, is de volgende werkwijze voor het bepalen en behalen van de natuurpotentie gehanteerd.

2.1 Natuurpotentie

Voor het bepalen van de natuurpotentie is het noodzakelijk om onderzoek te doen naar de ecologische vereisten van de gewenste natuurtypen. Deze vereisten zijn in Nederland omschreven in standplaatscondities voor terrestrische natuur (Runhaar et al., 2009). De volgende relevante standplaatscondities zijn in deze studie behandeld:

- Vochttoestand: Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (GVG)
- Zuurgraad
- Voedselrijkdom
- Overstromingstolerantie

Voor het in beeld brengen van de natuurpotentie is de aanpak onderverdeeld in deze onderdelen: bodem- en grondwateronderzoek, zuurgraadbepaling van de bodem (pH-profielenonderzoek) en bepaling van potentiële standplaatscondities. Onderzoeksbureau B-WARE verrichte het onderzoek naar voedselrijkdom (Tomassen, 2020). Omdat de detailontwatering een belangrijke rol speelt in de waterhuishouding van het gebied, is deze specifiek in kaart gebracht. Tenslotte beschrijft deze studie een herstelstrategie en voorstellen voor hydrologische herstelmaatregelen in een inrichtingsplan, waarmee de natuurpotenties in het gebied behaald kunnen worden.

2.2 Potentiële standplaatscondities

In dit onderdeel worden de potentiële hydrologische standplaatscondities voor Rivier- en beekbegeleidend bos en Haagbeuken- en essenbos onderzocht. Ter referentie staan hier ook de condities voor de NNB-ambitietypen Nat kruiden- en faunarijk grasland en Vochtig hooiland bij. Het normale Kruiden- en faunarijk grasland is niet grondwaterafhankelijk en wordt daarmee buiten beschouwing gelaten. De optimale hydrologische randvoorwaarden voor de natuurtypen staan weergegeven in tabel 2.3 (Runhaar en Hennekens, 2014) en volgen de provinciale toetstabellen voor hydrologische randvoorwaarden. Rivier- en beekbegeleidend bos is als enig natuurtype in deze studie ook afhankelijk van de overstromingstolerantie. Dat kan overstroming als gevolg van oppervlaktewater- of grondwaterindundatie zijn. In dat laatste geval treedt er zoveel kwel op dat grondwater op het maaiveld stagneert.

Tabel 2.3 - Optimale abiotische randvoorwaarden van potentiële natuurtypen (Runhaar en Hennekens, 2014).

Beheertype	GVG (cm-mv)	Zuurgraad (pH-KCl)	Voedselrijkdom	Overstromings-tolerantie
Vochtige hooilanden (N10.02)	< 28	> 4,8	matig voedselrijk	incidenteel tot nooit
Nat kruiden- en faunarijk grasland (N12.02)	< 28	-	-	incidenteel tot nooit
Rivier- en beekbegeleidend bos (N14.01)	< 30 (*1)	> 4,8	licht tot uiterst voedselrijk	dagelijks kort tot nooit

Haagbeuken- en essenbos (N14.03)	< 45 (*2)	> 3,5	licht voedselrijk	incidenteel tot nooit

**1) omdat dit natuurbeheertype geen ondergrens heeft voor GVG, is de GVG-randvoorwaarde van het overeenkomstige habitattype Beekbegeleidende bossen (H91E0C) gehanteerd*

**2) dit natuurbeheertype heeft geen ondergrens voor GVG, de vochtigheid-randvoorwaarde volgens het overeenkomstige habitattype Eiken-haagbeukenbos is 'zeer vochtig' tot 'vochtig'. Dit is vertaald in een GVG-randvoorwaarde van < 45 cm-mv.*

2.3 Bodemonderzoek

Het bodemkundig onderzoek is verricht op boorpuntniveau op basis van de nationale bodemclassificatie van Bakker en Schelling (1989), volgens de richtlijnen en voorschriften voor bodemgeografisch onderzoek (Ten Cate et al., 1995). Deze beschrijft bodemprofielen met onderscheidende horizonten aan de hand van bodemvormende processen, textuur (lutum, leem, zandfractie), organisch stofgehalte, veentype (indien aanwezig) en geologische afzetting.

2.4 Grondwateronderzoek

Aan de hand van peilbuizen (indien aanwezig), grondwaterstandsmetingen in boorgaten, hydromorfe kenmerken in het bodemprofiel en/of veldkenmerken zoals maaiveldhoogteligging en vegetatie zijn de gemiddeld hoogste- en laagste grondwaterstanden bepaald (GHG en GLG). Hydromorfe kenmerken zijn roest- of oxidatieverschijnselen in de bodem die aangeven op welk traject in het profiel zowel water als zuurstof voorkomt. Er bestaat geen één-op-één relatie tussen hydromorfe kenmerken en de GHG en GLG, omdat de grondwaterdynamiek afhankelijk is van andere factoren dan hydromorfe kenmerken alleen, zoals bijvoorbeeld (historische) ingrepen in de waterhuishouding, type vegetatie en beworteling, en de profielopbouw met bijbehorende textuur. Desondanks geven de boorprofielen een indicatie van het traject waarover zuurstof en verzadigd water voorkomt, bodemkundigen vertalen dit in een schatting van de GHG en GLG. Aan de hand van de GHG en GLG is de overeenkomstige grondwatertrap (Gt) bepaald. Tabel 1 geeft de grondwatertrappenindeling weer voor gedetailleerd bodemonderzoek tot een boordiepte van minstens 180 cm-mv. De GVG berekend met de volgende gangbare formule: GVG = GHG + 0,2 * (GLG - GHG) + 5 (in cm-mv, volgens Stowa, 2005).

Tabel 1. Grondwatertrappenindeling op basis van GHG en GLG.

Grondwatertrap	GHG	GLG
Ia	< 25	< 50
Ic	> 25	< 50
IIa	< 25	50 - 80
IIb	25 - 40	50 - 80
IIc	> 40	50 - 80
IIIa	< 25	80 - 120
IIIb	25 - 40	80 - 120
IVu	40 - 80	80 - 120
IVc	> 80	80 - 120
Vao	< 25	120 - 180
Vad	< 25	> 180
Vbo	25 - 40	120 - 180
Vbd	25 - 40	> 180
VIo	40 - 80	120 - 180
VId	40 - 80	> 180

VIIo	80 - 140	120 - 180
VIId	80 - 140	> 180
VIIIo	> 140	120 - 180
VIIId	> 140	> 180

2.5 Zuurgraadbepaling

Bij de bodemboringen is op verschillende dieptes de zuurgraad bepaald met pH-indicatorpapier. Dit geeft inzicht in de bufferingstoestand van de bodem, eventuele gelaagdheid van het grondwater en de herkomst van het grondwater. De op deze wijze bepaalde pH-waarden komen overeen met de pH-KCl zoals in het laboratorium gemeten wordt. De pH-profielen geven een indicatie van het voorkomen van kwel in de wortelzone. In combinatie met de GLG zijn hiermee hydrotypen te onderscheiden (Kemmers et al., 2011). Tabel 2 geeft de indeling voor de verschillende hydrotypen.

Tabel 2. Indeling van hydrotypen op basis van pH-metingen in het bodemprofiel (Kemmers et al., 2011).

Omschrijving	**Hydrotype**	**pH (max)**	**pH (0-20 cm-mv)**	**pH (20-GLG cm-mv)**
Kwelinvloed in wortelzone	Kw	≧ 5,2	≧ 5,0	≧ 5,2
Kwelinvloed aanwezig, ondiepe regenwaterlens	Ro	≧ 5,2	< 5,0	≧ 5,2
Kwelinvloed aanwezig, diepe regenwaterlens	Rd	≧ 5,2	< 5,0	< 5,2
Mengwater	Me	≧ 5,2	≧ 5,0	< 5,2
Infiltratieprofiel	In	< 5,2	< 5,0	< 5,2

2.6 Voedselrijkdom

De voedselrijkdom is beoordeeld door onderzoeksbureau B-WARE (Tomassen, 2020) en is in deze hydrologische studie buiten beschouwing gelaten. Voor het omgaan met eutrofe condities in de bodem (met name de fosfaatvoorraad) wordt verwezen naar de landschapsvisie van ARK (Den Oetelaar en De Koning, 2020).

2.7 Overstromingstolerantie

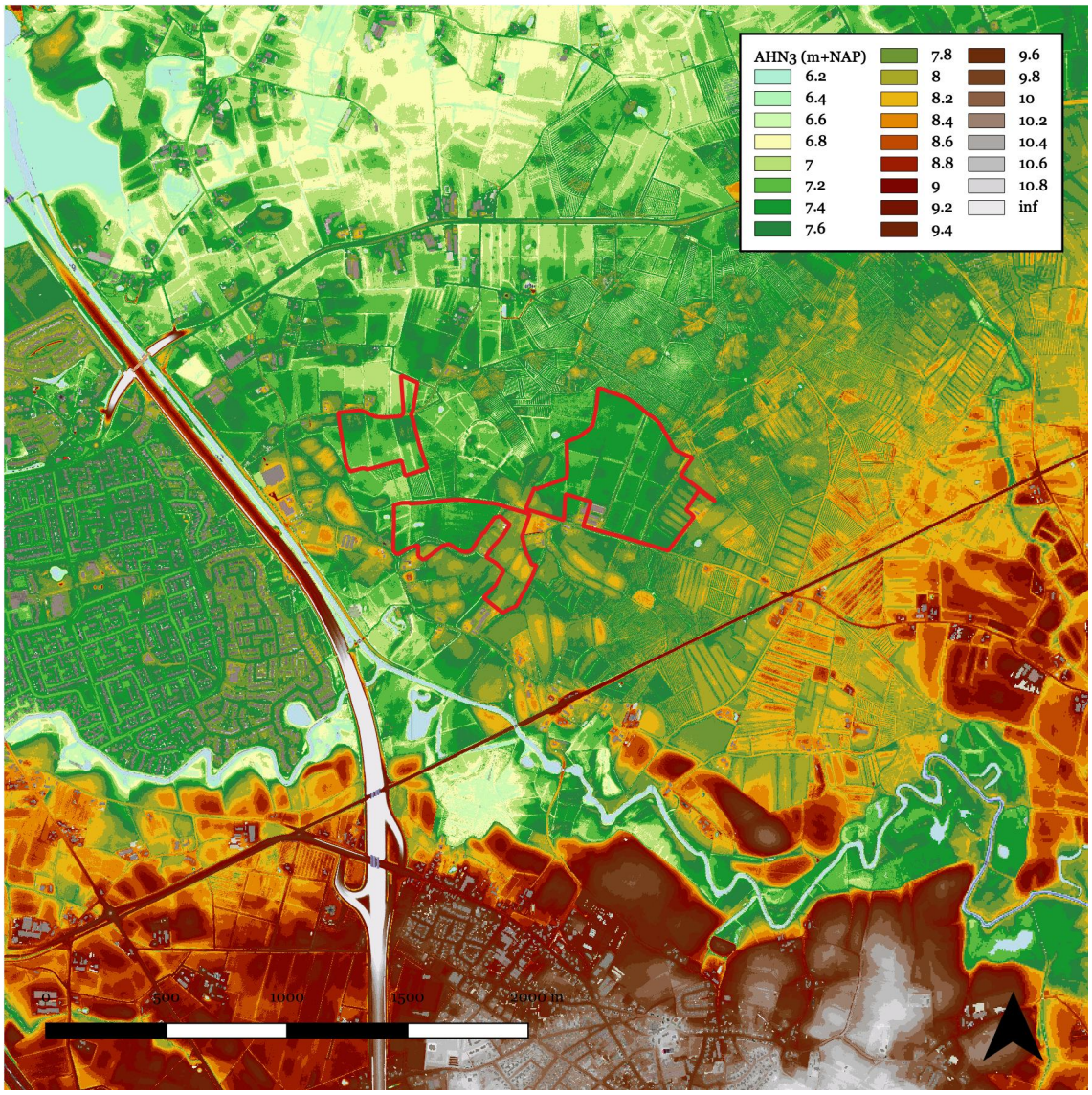
De overstromingstolerantie is beoordeeld op basis van de inundatiekaarten van Waterschap de Dommel.

Hoofdstuk 3 Ondergrond

Dit hoofdstuk beschrijft en interpreteert de opbouw van de ondergrond en het landgebruik in historische context.

3.1 Hoogteligging

Het onderzoeksgebied kenmerkt zich door relatief kleine hoogteverschillen tussen een hoogte van 6,9 en 8,2 m+NAP (zie figuur 3.1). Het gebied loopt langzaam en gelijkmatig af richting het noorden en het westen. Ten zuiden van het gebied ligt de Dommel in een relatief laag ingesneden beekdal, dat een scherpe overgang vormt naar het hoger gelegen Liempde.



Figuur 3.1 - Maaiveldhoogtekaart AHN3 (www.ahn.nl).

3.2 Geologie

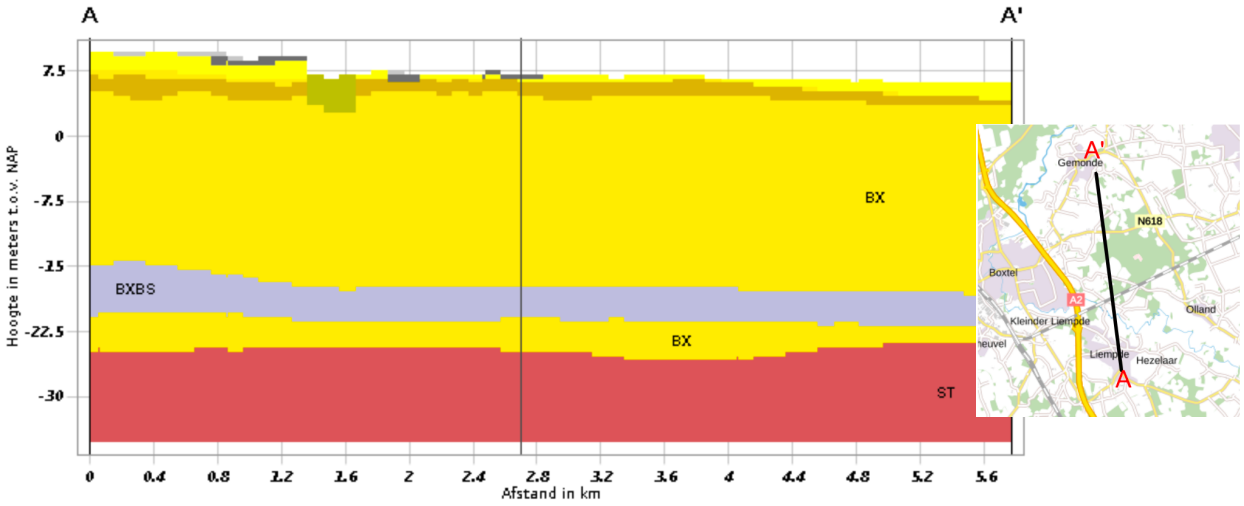
Het onderzoeksgebied ligt in een groot dalingsgebied in het zuidoosten van Nederland dat loopt van Roermond tot Den Bosch, de Roerdalslenk. De Roerdalslenk wordt begrensd door twee grote afschuivingsbreuken: in het noordoosten de Peelrandbreuk en in het zuidwesten de Feldbissbreuk. Deze breuken scheiden de slenk van respectievelijk de Peelhorst en het Kempensch Blok. In de Roerdalslenk heeft gedurende miljoenen jaren sedimentatie plaatsgevonden, waardoor de slenk relatief weinig reliëf kent.

Het GeoTOP-model van TNO Geologische Dienst geeft de geologisch opbouw van de ondergrond tot een diepte van 50 meter beneden NAP weer, sinds juni 2020 is deze informatie ook beschikbaar voor Noord-Brabant. Figuur 3.2 laat zien dat tot een diepte van 25 m beneden NAP de Formatie van Boxtel voorkomt, met daaronder de Formatie van Sterksel.

De **Formatie van Boxtel (BX)** is een jonge geologische formatie en bevat zeer uiteenlopende afzettingen uit het Midden en Laat-Pleistoceen en het Vroeg-Holoceen (800.000 – 12.000 jaar geleden). Ze hebben gemeen dat ze in koude, periglaciale omstandigheden gevormd zijn door lokale of kleinschalige processen. Het grootste deel van de Formatie van Boxtel bestaat uit dekzand, eolische afzettingen van fijn tot matige grof zand uit de periglaciale periodes. In deze formatie komen ook fijnere afzettingen van leem voor. Binnen de formatie komen de volgende laagpakketten voor:

- Laagpakket van Wierden en Kootwijk: een combinatie van door de wind afgezet dekzand uit de glaciale periodes (ijstijden) en stuifzand uit het Holoceen (12.000 jaar geleden - nu).
- Laagpakket van Singraven: het beekdal van de Dommel is opgevuld met fluviatiele afzettingen behorende tot het Laagpakket van Singraven uit het Holoceen, bestaande uit humusrijk grind, zand, klei en leem met lokaal veen.
- Laagpakket van Liempde: voor dit gebied een belangrijke laag die ook bekend staat onder de naam 'Brabantse leem'. Dit is leem die in stilstaand zoet water van beken of smeltwater verspoeld is afgezet, of door de wind als löss is afgezet in het Laat-Pleistoceen (126.000 - 12.000 jaar geleden)
- Laagpakket van Best: leem die is afgezet tijdens overstromingen van de riviervlakte van de Maas of beken.

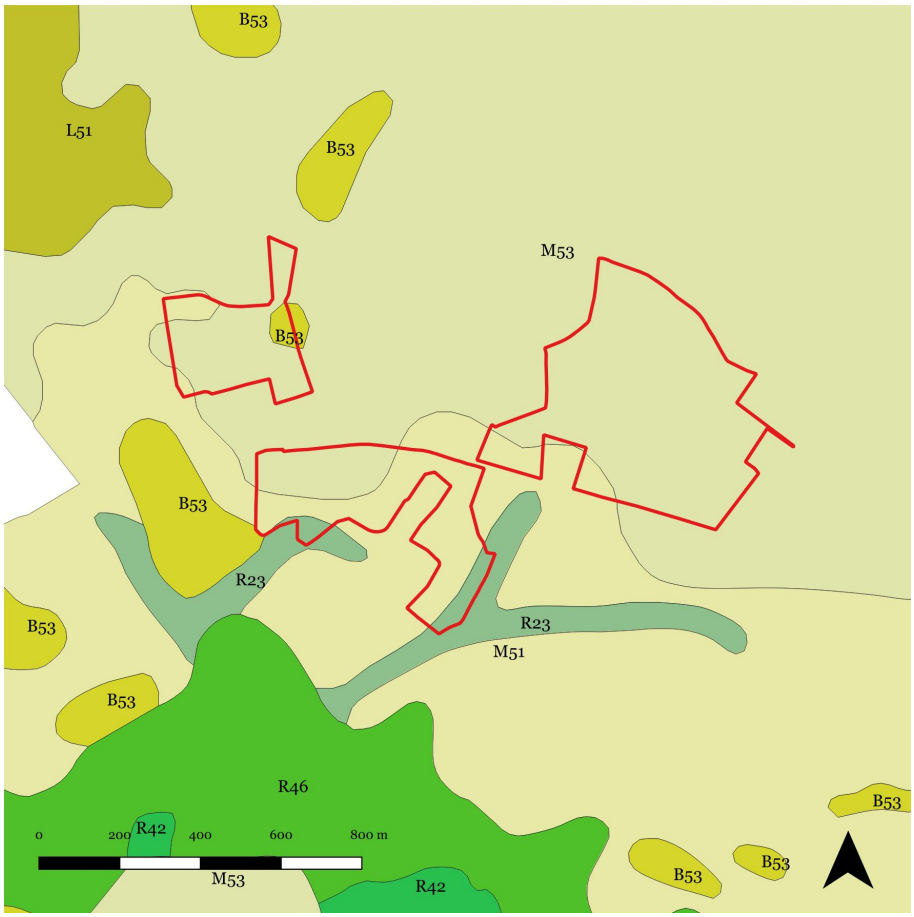
De **Formatie van Sterksel (ST)** is een rivierafzetting uit het Midden-Pleistoceen en het laatste deel van het Vroeg-Pleistoceen (0,8 – 0,01 miljoen jaar geleden). De formatie is afkomstig van de Rijn en later van de Maas. Deze afzetting is samengesteld uit grof zand en grind met soms ook keien.



Figuur 3.2 - Geologische laagopbouw uit het GeoTOP-model van TNO Geologische Dienst tussen Liempde en Gemonde (www.dinoloket.nl).

3.3 Geomorfologie

Het gebied vindt haar ontstaan in het Laat-Pleistoceen in het tijdvak waarin periglaciale omstandigheden heersten en Nederland een continentaal klimaat kende met toendra's en poolwoestijnen. De sedimenten van de Noordzeebodem werden met straffe poolwinden over Nederland geblazen en afgezet als dekzand en lössen. Er waren ook tussenliggende perioden waarin het iets warmer was en fijner materiaal door smeltwater als leem werd afgezet. Zoals de geomorfologische kaart van figuur 3.3 aangeeft, bestaat het onderzoeksgebied voor het grootste deel uit een dekzandvlakte en een vlakte van ten dele verspoelde dekzanden en lössen (leem). Deze vlakte wordt op enkele plekken afgewisseld door dekzandruggen of dalvormige laagtes ontstaan door smeltwatererosie. De natte, lage plekken in het landschap liepen vol met water en vingen leem- en lössdeeltjes in en creëerden daarmee de basis voor de huidige leemgebieden. De hogere delen in het gebied zijn vanaf de Middeleeuwen opgehoogd met plaggen en potstalmest waarmee het oude bouwland een cultuurdek heeft gekregen (es of enkeerd).



Figuur 3.3 - Uitsnede van de geomorfologische kaart van Nederland (Koomen en Maas, 2004), het onderzoeksgebied bestaat grotendeels uit een Dekzandvlakte (M51) en Vlakte van ten dele verspoelde dekzanden of löss (M53). Een klein deel bestaat uit Dekzandrug (B53) en Dalvormige laagte (R23).

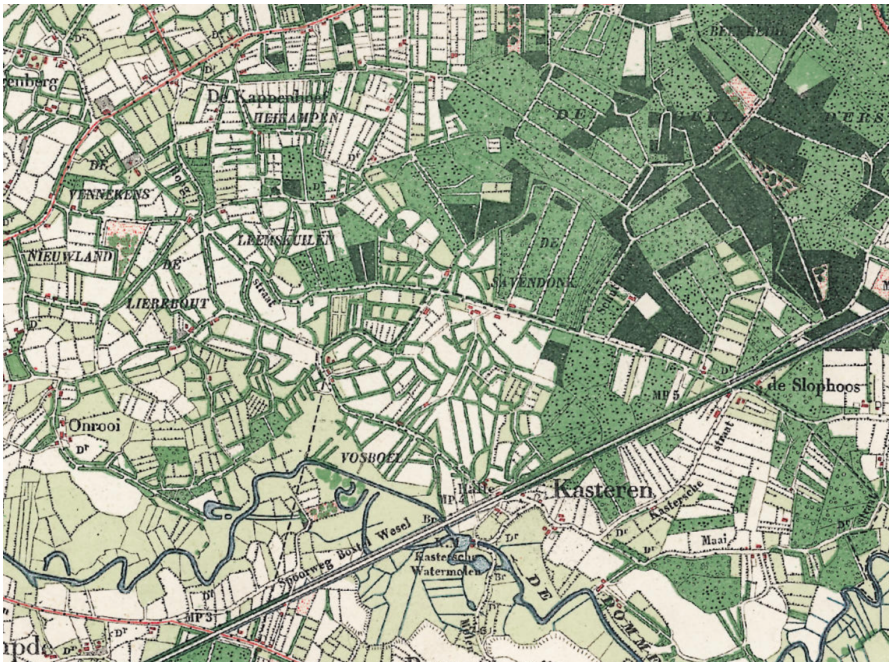
3.4 Historisch landgebruik

RAAP onderzocht de archeologie in het gebied en geeft een uitgebreid overzicht van de geschiedenis van het gebied (Van Veldhuizen en Janssens, 2020). Hier wordt volstaan met een samenvatting uit het rapport:

Door de ondiepe aanwezigheid van leem is er een slechte doorlaatbaarheid van (regen)water in en in de omgeving van het gebied. Dit zorgde voor de groei van een vochtig woud met es, iep, linde en zwarte els. Het woud bleef intact totdat de mens de omgeving van het gebied voor landbouwkundige doeleinden ging gebruiken. Pas vanaf de 6e eeuw werd de definitieve ontbossing in gang gezet. De eerste ontginningen vonden plaats op de drogere hoge gronden langs de Dommel, waar plaatsen als Sint-Oedenrode, Boxtel, Liempde en Kasteren ontstonden. Het bos in de laagste en natste delen hield het langste stand, zoals het gebied de Geelders ten noordoosten van Savendonk-Buitenkamp.

Aan het eind van de 19e eeuw en vooral tijdens de werkverschaffing in de jaren '30 van de 20e eeuw zijn de bossen van de Geelders voorzien van rabatten om de houtproductie te bevorderen. Net als plaggenbemesting op de akkers is het dus een vorm van intensiever grondgebruik. Rabatten zijn langwerpige ophogingen, ontstaan door het

uitgraven van greppels, waarop de bomen werden geplant. De werkzaamheden werden uitgevoerd door lokale arbeiders. De rabatten zijn zichtbaar op het AHN. Ze liggen vooral in de gebieden ten noorden van het plangebied. De historische topografische kaarten van 1900 en 1956 laten zien hoe het gebied ontwikkelde in de afgelopen 120 jaar (zie figuur 3.4 en 3.5).



Figuur 3.5. De vroegste kaart van het gebied uit 1900 laat Savendonk-Buitenkamp nog als bos zien, tot 1955 blijft dit op de topografische kaart zichtbaar (www.topotijdreis.nl).

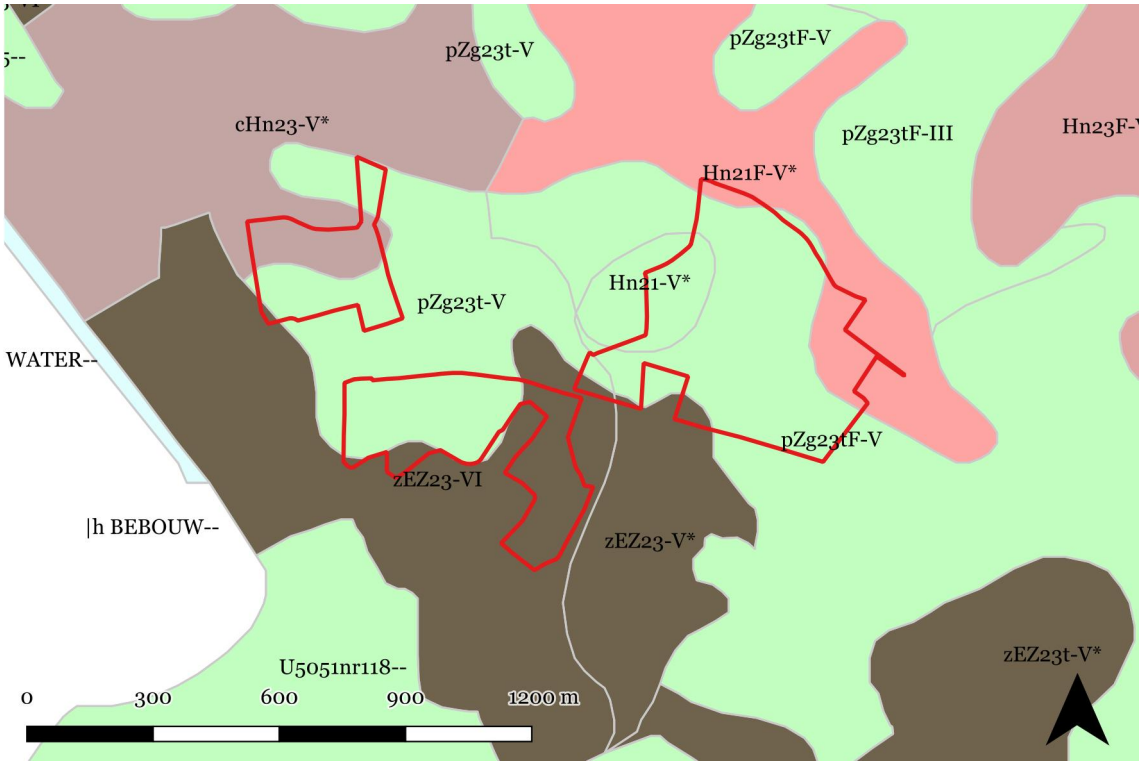


Figuur 3.6 - De kaart uit 1956 laat zien dat het onderzoeksgebied grotendeels weiland en akkerland is geworden. De fijne begreppelingsstructuur op De Savendonk is nog wel zichtbaar (www.topotijdreis.nl).

Hoofdstuk 4 Bodem

4.1 Bodem algemeen

De nationale bodemkaart met 1:50.000 geeft inzicht in de regionale ligging van bodemtypen in het gebied (Stiboka, 1984a en b). De kaart met textuurtypen en bodemvormende processen geeft een indruk van de landschappelijke ontstaansgeschiedenis van Savendonk (zie figuur 4.1). In de archeologische studie van RAAP (Van Veldhuizen en Janssens, 2020) staat een beschrijving en kaart van de voorkomende bodemtypen in het gebied, waarvan hier een samenvatting is weergegeven.

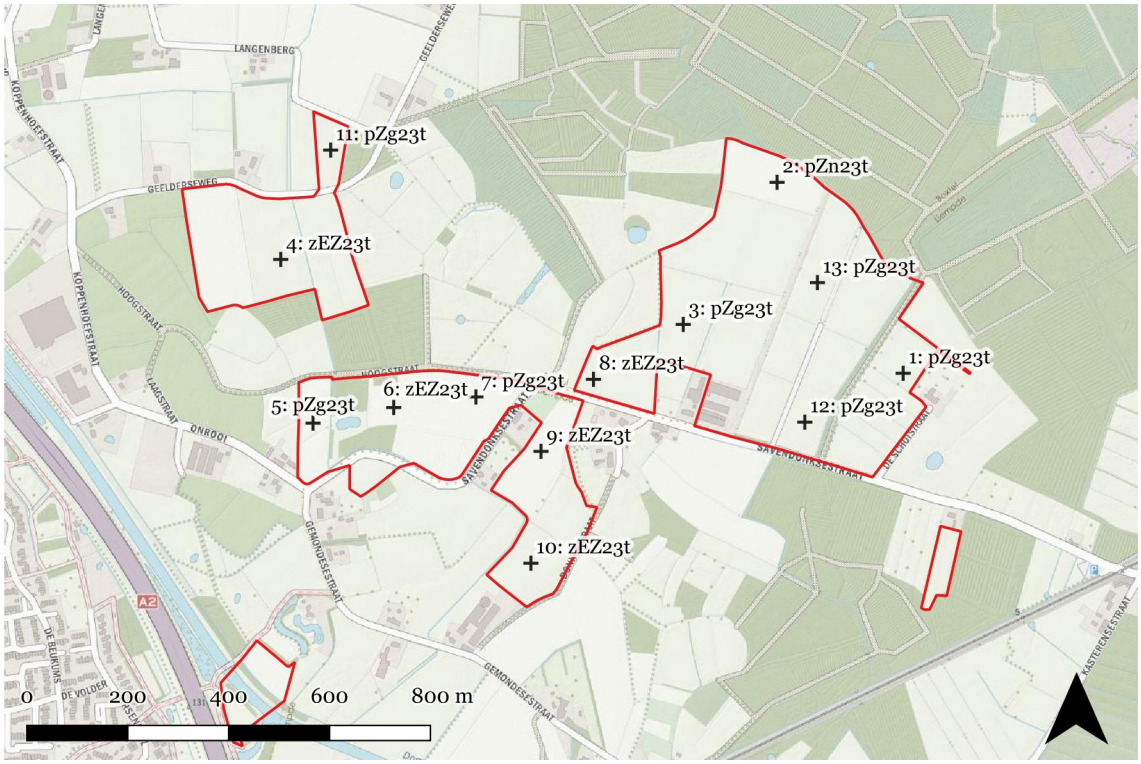


Figuur 4.1 - Bodemkaart van Savendonk (op basis van Stiboka, 1984a en b).

De bodemkaart 1:50.000 geeft in grote delen van het plangebied beekeerdgronden van lemig fijn zand weer (pZg23t), een deel ook vergraven (pZg23tF-V). Beekeerdgronden zijn kenmerkend voor gebieden met een hoge grondwaterstand, waardoor de organische stof in de humushoudende bovengrond minder snel wordt afgebroken. Door de aanvoer van organische stof ontstaat na verloop van tijd een bodem met een matig dik humeus dek. De aanwezigheid van roestvlekken binnen 35 cm-mv duidt op een slechte ontwateringstoestand van deze bodem, mede als gevolg van de leemlaag beginnend tussen 40 en 120 cm-mv (achtervoegsel ...t).
Daarnaast bevinden zich in het plangebied veldpodzolgronden met leemarm tot zwak lemig fijn zand (Hn21 en Hn21F), laarpodzolgronden met lemig fijn zand (cHn23) en hoge zwarte enkeerdgronden met lemig fijn zand (zEZ23). Podzolgronden ontstaan als gevolg van het natuurlijke proces van humus in- en uitspoeling onder invloed van infiltrerend regenwater. De gronden kenmerken zich door een duidelijke stratigrafie met een humusuitspoelingshorizont (E-horizont) en een humusinspoelingshorizont (B-horizont), die geleidelijk overgaat in de onderliggende C-horizont waarin geen bodemvorming heeft plaatsgevonden.

De locaties waar laarpodzolgronden en hoge zwarte enkeerdgronden aanwezig zijn, betreffen de oudere akkergronden. Op gronden, die goed waren om te bewerken voor de landbouw, is door langdurige bemesting een matig tot dikke humushoudende bovengrond ontstaan (plaggen- of esdek). Vanaf de late middeleeuwen, maar vooral in de nieuwe tijd werd door gemengde boerenbedrijven plaggenbemesting toegepast op de akkers. Elk jaar werd deze mest, die naast organisch materiaal ook veel minerale bestanddelen bevatte, op de akkers gebracht. Door deze vorm van intensiever landgebruik kon de vruchtbaarheid van de gronden op peil worden gehouden voor betere landbouwopbrengsten. In de loop van de tijd ontstonden zo akkers met een dikke humushoudende bovenlaag (plaggen-of esdek). Afhankelijk van de dikte van deze bovenlaag, worden deze gronden tot de hoge zwarte enkeerdgronden (> 50 cm) of tot de laarpodzolgronden (30-50 cm) gerekend. De laarpodzolgronden vormen vaak een latere uitbreiding van de oudste akkerlandcomplexen en zijn in deze regio dan ook van een wat jongere ontginningsdatum. Soms komen onder het humeuze plaggendek nog resten voor van de oorspronkelijke (veld)podzolbodem.

4.2 Gedetailleerd bodemonderzoek



Figuur 4.2 -. Onderzochte boorlocaties in het onderzoeksgebied met bodemcodes.

Het gedetailleerde veldonderzoek is in september-oktober 2020 uitgevoerd. In totaal zijn 13 boringen in het gebied verricht, verspreid over de deelgebieden (zie figuur 4.2). Vanwege het belang van leem voor de hydrologische condities en natuurpotenties in het gebied, is de leemlaag tot een grotere diepte uitgeboord dan de standaard-boordiepte van 150 cm-mv voor bodemkundig onderzoek. Tabel 4.1 geeft een samenvatting van de bodemkundige resultaten van de 13 boorprofielen. De boordichtheid is niet hoog genoeg voor het vervaardigen van een gedetailleerde bodemkaart op schaal 1:10.000, maar de boringen geven wel een nauwkeuriger beeld van het gebied

dan de 1:50.000-bodemkaart. De aangegeven bodemcodes in Figuur 4.2 en Tabel 4.1 zijn in wezen vlakcodes die niet als puntcodes bedoeld zijn volgens de bodemclassificatie-standaard van Ten Cate et al. (1995), maar omwille van de vergelijkbaarheid en bekendheid met deze bodemcodes, zijn deze vlakcodes in deze studie als puntcodes opgenomen. Bijlage 1 toont van alle bodemprofielen tenslotte nog de voorkomende bodemhorizonten, textuurklassen en hydrologische eigenschappen (GHG en GLG).

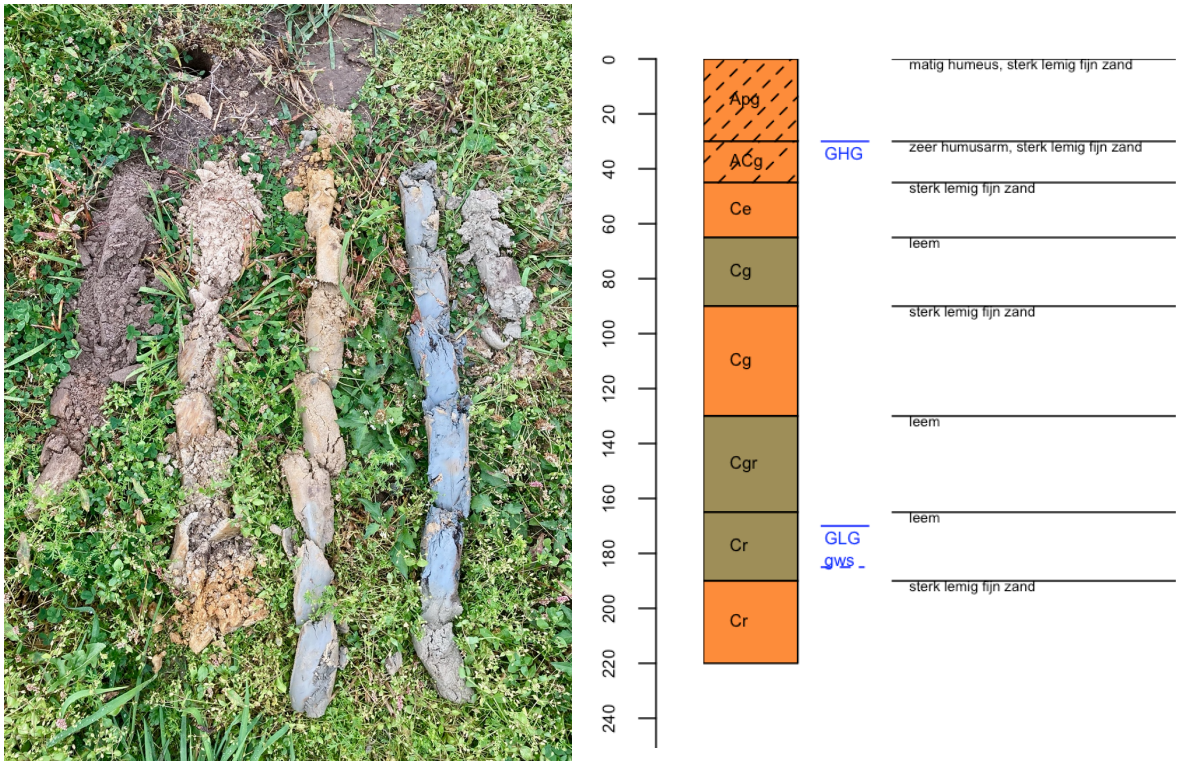
Tabel 4.1 - Bodemkundige eigenschappen van de boorprofielen, inclusief grondgebruik.

ID	X	Y	AHN3 (m+NAP)	Bodemcode	Bodemtype	Grondgebruik
1	154126	400256	7.76	pZg23t	Beekeerd	Grasland
2	153876	400635	7.31	pZn23t	Gooreerd	Grasland
3	153690	400353	7.31	pZg23t	Beekeerd	Grasland
4	152892	400482	7.06	zEZ23t	Hoge zwarte enkeerd	Grasland
5	152956	400157	7.16	pZg23t	Beekeerd	Kaal/braak
6	153116	400188	7.33	zEZ23t	Hoge zwarte enkeerd	Grasland
7	153279	400209	7.27	pZg23t	Beekeerd	Grasland
8	153512	400244	7.86	zEZ23t	Hoge zwarte enkeerd	Grasland
9	153408	400101	7.74	zEZ23t	Hoge zwarte enkeerd	Granen
10	153388	399879	7.68	zEZ23t	Hoge zwarte enkeerd	Grasland
11	152991	400699	7.10	pZg23t	Beekeerd	Grasland
12	153931	400159	7.44	pZg23t	Beekeerd	Grasland
13	153956	400436	7.42	pZg23t	Beekeerd	Grasland

De aangetroffen bodemtypes vormen voor het merendeel een bevestiging van de bodemvlakken uit de 1:50.000-bodemkaart van figuur 4.1. De volgende verschillen zijn aangetroffen:

- Op alle boorlocaties in het gebied is een leemlaag binnen 120 cm-mv aangetroffen, waarmee niet alleen de beekeerdgronden maar ook de overige gronden, inclusief de hogere enkeerdgronden, het achtervoegsel ...t krijgen.
- In het gebied zijn geen veldpodzolgronden aangetroffen. Vanwege de aangetroffen roestverschijnselen binnen 35 cm-mv komen hier beekeerdgronden voor. Uitzondering daarop is boorlocatie 2: hier is een gooreerdgrond (pZn23t) aangetroffen, dit betreft een overgangsgrond tussen beekeerd- en veldpodzolgronden.
- In deelgebied Leemskuilen en Savendonk-Wedehagen is de uitbreiding van hoge enkeerdgronden groter dan gedacht. De laardpodzolgrond en een deel van de beekeerdgrond in Leemskuilen bevat in werkelijkheid een dikker humushoudend dek waardoor deze als hoge enkeerdgrond classificeert.
- Hoewel niet altijd zichtbaar in het boorprofiel, was in geen van de boorpunten vergravingsverschijnselen aangetroffen. Het achtervoegsel ...F dat aangegeven is in het oostelijk deel van het gebied op de 1:50.000-bodemkaart, vervalt hiermee.

Een voorbeeld van een bodemprofiel is weergegeven in figuur 4.3. Boring 5 laat zien dat er een opeenvolging van leem en zand voorkomt met veel roestverschijnselen tot 130 cm-mv. Dit is kenmerkend voor leemgronden met grote verschillen in grondwaterdynamiek. Op het perceel van boorpunt 9 komen veel stenen en plastic voor. Navraag leerde dat hier in het verleden kassen hebben gestaan, waarbij na de ontmanteling bouwafval op het perceel is achtergebleven.

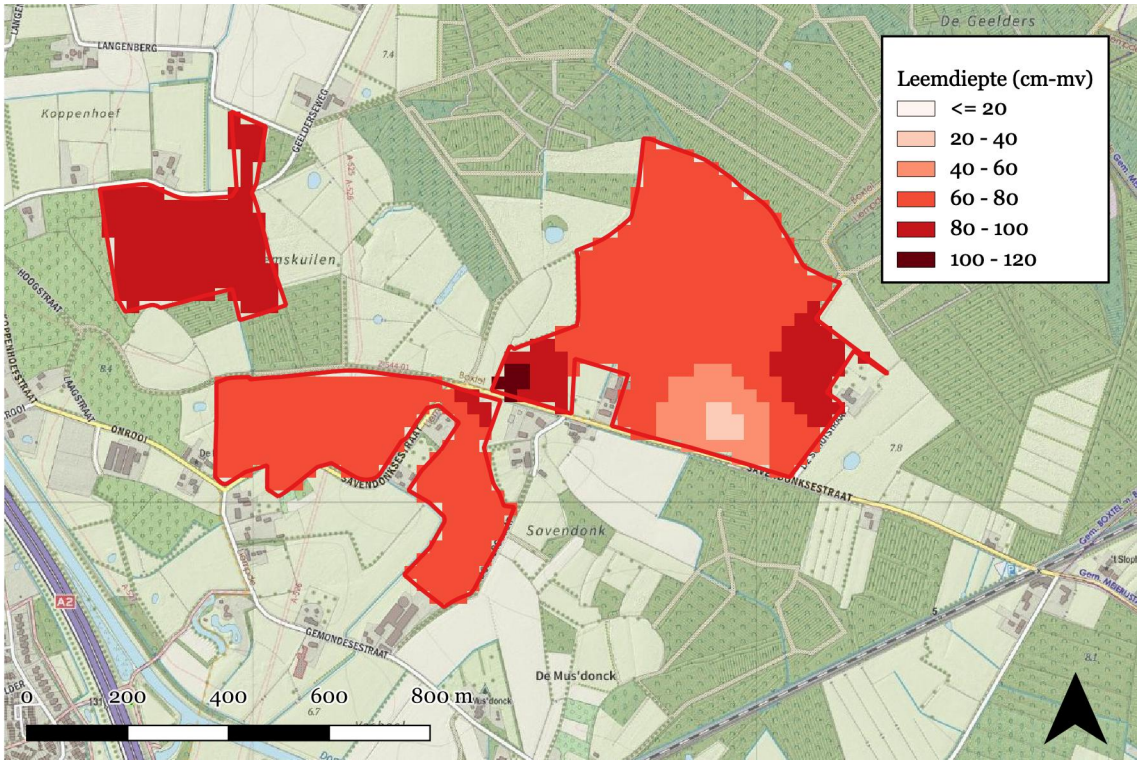


Figuur 4.3 - Opname van bodemprofiel bij boorlocatie 5. Op de foto links zijn de bodemlagen in kolommen van 50 cm neergelegd tot de boordiepte van 220 cm-mv. Rechts is de profielopbouw vertaald naar bodemkundige horizonten en textuur. In de bovengrond komt sterk lemig fijn dekzand voor, op 65 cm-mv begint een roestige leemlaag (Cg) van 25 cm dikte, na een nieuwe zandlaag tot 130 cm-mv komt een diepere leemlaag voor die steeds blauwer kleurt: dit is de gereduceerde zone waar geen zuurstof meer komt (Cr). Na 190 cm-mv is weer sterk lemig zand aangetroffen.

4.3 Leem

Vanwege het belang van leem voor de hydrologie en daarmee voor natuurontwikkeling in het gebied, volgt hier een nadere beschrijving van het voorkomen van leemlagen in het gebied. Geologisch gezien valt de leem in dit gebied onder het Laagpakket van Liempde (Formatie van Boxtel), dat zijn naam heeft ontleend aan de plaatsnamen in dit gebied. In dit deel van de Roerdalslenk komt het Laagpakket van Liempde wijdverbreid voor in de ondergrond. De voor dit gebied belangrijke laag staat ook wel bekend onder de naam 'Brabantse leem'. Dit is leem die in stilstaand zoet water van beken of smeltwater verspoeld is afgezet, of door de wind als lössis afgezet in het Laat-Pleistoceen (126.000 - 12.000 jaar geleden). Zoals de boorprofielen in bijlage 1 aangeven, is in elke boring leem aangetroffen. De begindiepte varieert van 35 tot 105 cm-mv. In figuur 4.4 staat de begindiepte van de leemlaag gebiedsdekkend weergegeven. Deze kaart is vervaardigd op basis van IDW-interpolatie met afstandscoëfficiënt 2 van de leemdiepte uit de boorpunten. In het grootste deel van Savendonk-Wedehagen en Savendonk-Buitenkamp begint de leem op een diepte van 60-80 cm-mv. Bij de hoogste delen van Buitenkamp begint de leem iets dieper en de leem komt bijna aan maaiveld in het zuidoostelijk deel. In de Leemskuilen begint de leem op 80-100 cm-mv. De kaart van figuur 4.4 geeft tevens de dikte van het dekzand-pakket weer van lemig fijn zand (inclusief cultuurdek). Deze laag vormt de relatief goed doorlatende bovengrond waarbinnen horizontaal watertransport mogelijk is. De dikte van het leempakket varieert van 80 cm tot meer dan 130 cm bij boringen waar de einddiepte van de leemlaag niet is

bereikt. De leemlaag binnen de boorprofielen is niet overal continu aanwezig: soms is de leemlaag onderbroken met (sterk lemige) zandlagen zoals te zien is in figuur 4.3.



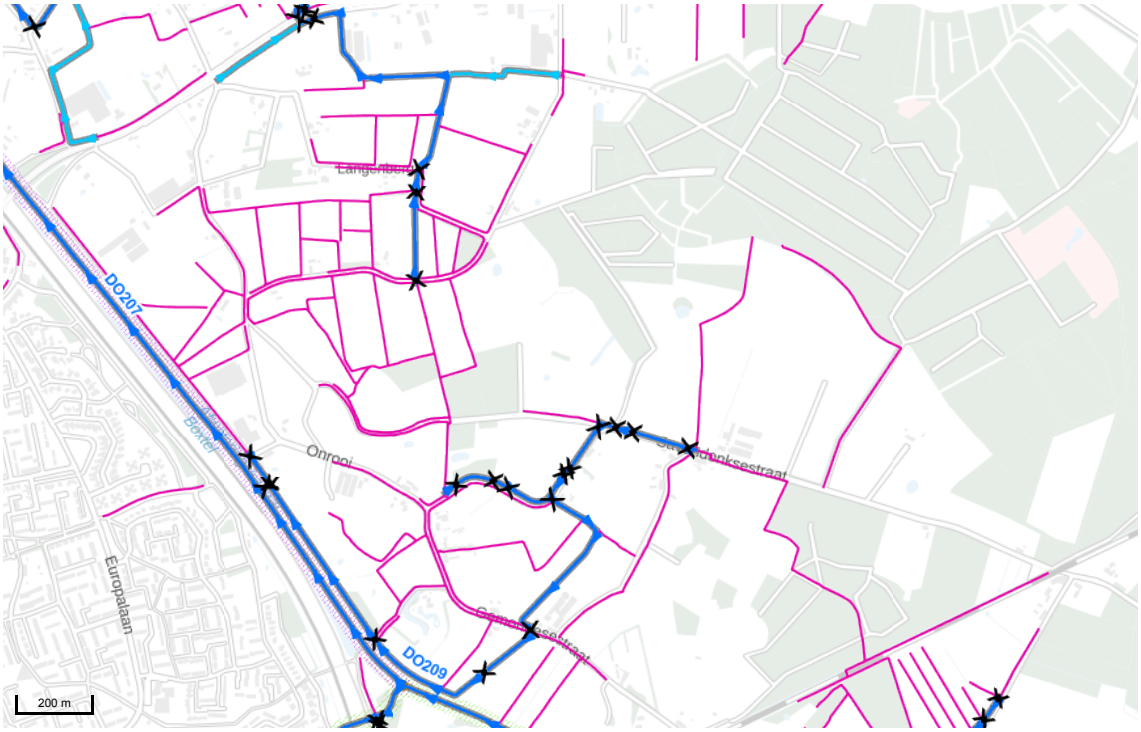
Figuur 4.4 - Begindiepte van de aangetroffen leemlaag in cm-mv, op basis van interpolatie van de boorlocaties.

Naast leemlagen zijn in het gebied ook moerige en veenlagen aangetroffen, lagen met respectievelijk een organisch stofgehalte tussen 15 en 35% of meer dan 35%. De moerige lagen bevatten ook een hoog leemgehalte, circa 40%. De organische lagen komen voor in het noordelijk deel van de Leemskuilen (boring 11) en het grootste deel van Savendonk-Buitenkamp (boringen 2, 3, 11 en 12). Onder stagnerende watercondities en in warmere periodes in het verleden, is veen afgezet in de moerassige laagtes in het landschap. De moerige lagen en veenlagen zijn aangetroffen op een diepte van circa 150 tot 200 cm-mv.

Hoofdstuk 5 Hydrologie - oppervlaktewater

5.1 Oppervlaktewaterlichamen legger

Het gebied watert af via een stelsel van greppels, sloten en watergangen. De kaart van oppervlaktewaterlichamen van Waterschap de Dommel volgens de legger toont A- en B-watergangen die het water naar het Afwateringskanaal van Boxtel leiden. De Leemskuilen watert via een A-watergang naar het noorden af, Savendonk-Buitenkamp en -Wedehagen via een A-watergang langs de Savendonksestraat naar zuidwestelijke richting (zie figuur 5.1). Afgezien van een aantal duikers, zijn er geen stuwen of andere kunstwerken aanwezig in het gebied.



Figuur 5.1 - Vastgestelde legger oppervlaktewaterlichamen 2018 van het gebied (bron: Waterschap de Dommel). A-watergangen zijn weergegeven met blauwe lijnen, B-watergangen met roze lijnen en duikers met zwarte iconen.

5.2 Oppervlaktewater detail

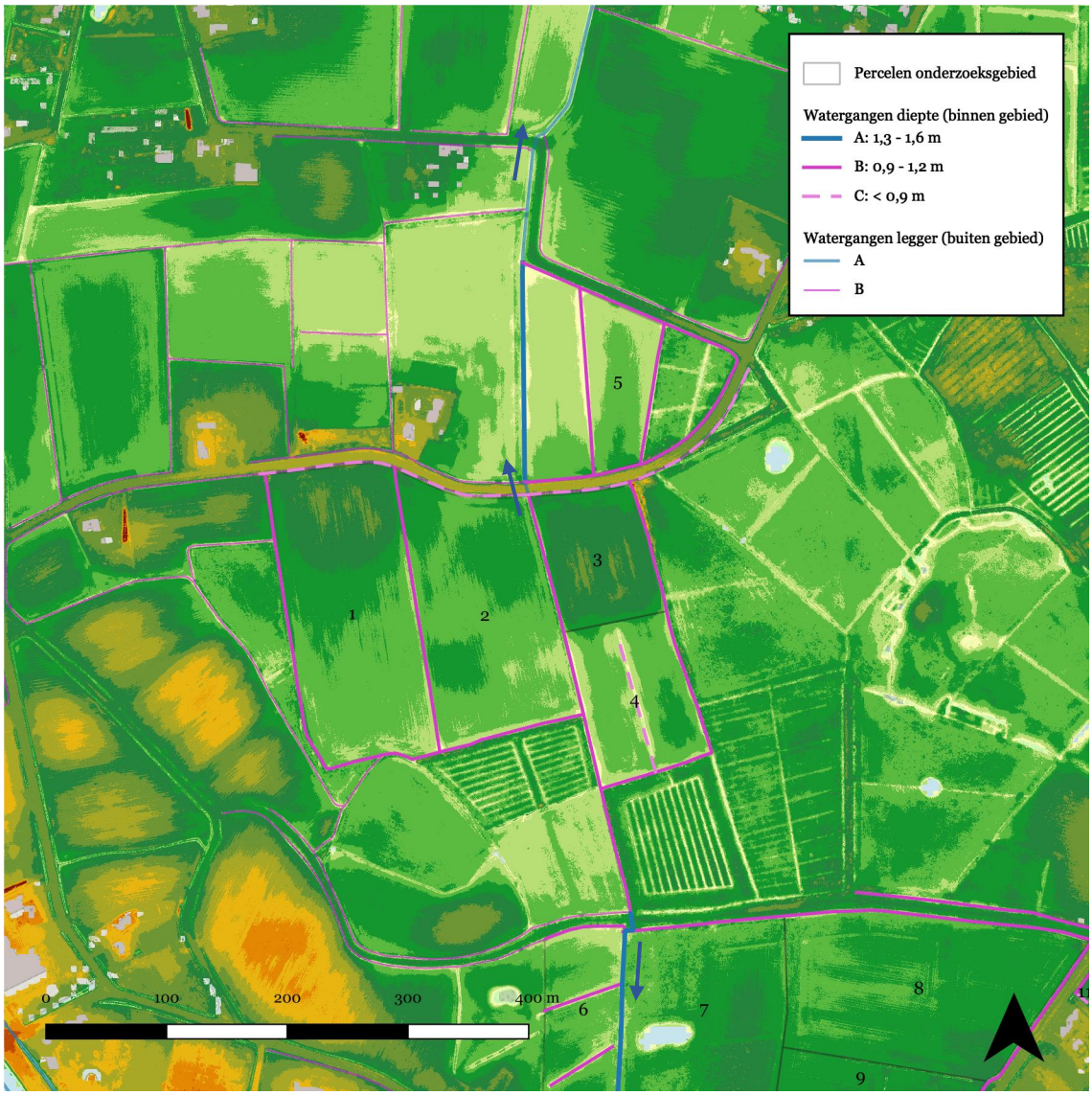
Het gebied is meer in detail geïnventariseerd, waarbij alle watergangen (sloten en greppels) zijn opgenomen. Naast de ligging van de watergangen is tijdens het veldwerk de bodemdiepte van de watergangen in kaart gebracht. De bodemdiepte is in belangrijke mate bepalend voor de afvoer van grondwater uit het gebied en is daarmee een indicator voor verdroging. Indien het grondwater boven de bodemdiepte van de waterlopen komt, zullen de waterlopen het grondwater afvoeren. In dat geval is de bodemdiepte gelijk aan de drooglegging. De bodemdiepte van de onderzochte waterlopen is ingedeeld in drie klassen:

- Diepe sloot (A): tussen 1,3 en 1,6 m
- Middeldiepe sloot (B): tussen 0,8 en 1,2 m
- Ondiepe greppel (C): minder dan 0,8 m

De drie klassen zijn niet hetzelfde als de categorieën die het waterschap hanteert voor haar watergangen in de legger, al kunnen letters van beide indelingen overeenkomen. De watergangen worden hieronder per deelgebied beschreven.

5.2.1 Leemskuilen

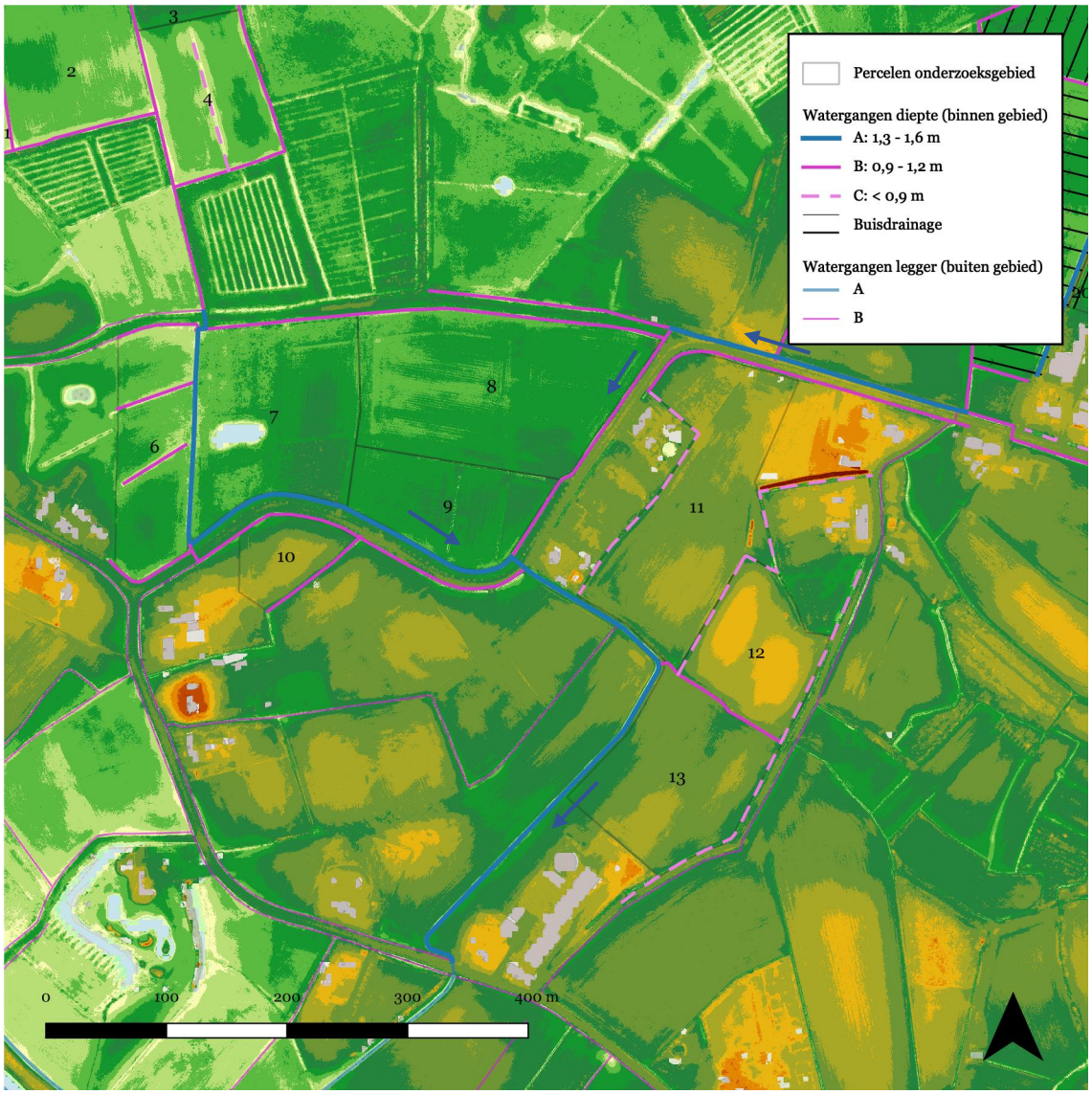
De percelen in deelgebied Leemskuilen zijn omringd met middeldiepe watergangen met een diepteligging tussen 0,9 en 1,2 m, langs de Geelderseweg is de watergang een ondiepe greppel (zie figuur 5.2). Het oppervlaktewater stroomt via de perceelsloten naar de centrale A-watergang richting noorden. Het valt niet uit te sluiten dat het zuidelijk deel van de Leemskuilen richting de A-watergang naar het zuiden afwatert. Tijdens het veldbezoek stond hier veel riet en andere begroeiing, waardoor deze route minder waarschijnlijk is. Alle sloten en greppels stonden droog.



Figuur 5.2 - Watergangen met bodemdiepteklasse van de watergangen in deelgebied Leemskuilen. De ondergrond vertoont de maaiveldhoogtekaart AHN3 met dezelfde kleurenlegenda als figuur 3.1, waarin elk kleurverschil een hoogteverschil van 0,2 bedraagt.

5.2.2 Savendonk-Wedehagen

Dit deelgebied bestaat uit een laag en een hoog deel, zie figuur 5.3. De lage percelen 6 t/m 9 wateren af via de diepe A-watergang richting oosten. Om dit lage deel af te wateren, is de waterschapsloot vrij diep door de hoger gelegen enkeerdgronden van percelen 11 t/m 13 gegraven. Het hogere deel bevat verder middeldiepe sloten en ondiepe greppels om de gronden te ontwateren. Dit deel van het gebied is vanwege de hogere ligging het minst intensief ontwatert.



Figuur 5.3 - Watergangen met bodemdiepteklasse in deelgebied Savendonk-Wedehagen.

5.2.3 Savendonk-Buitenkamp

Dit deelgebied watert af via een middeldiepe sloot om het gebied heen, in 'omgekeerde U-vorm' (zie figuur 5.4). De percelen 16, 17 en 21, 22 wateren richting noorden af, van waaruit de watergang op de grens met het bosgebied De Geelders in westelijke richting het oppervlaktewater afvoert. In het westelijk deel is de stromingsrichting van het oppervlaktewater zuidelijk gericht. Via de diepe A-watergang langs de Savendonksestraat wordt het water langs de hoge enkeerdgrond geleid. Perceel 23 in het oosten zou op basis van de hoogteligging het water via de zuidwestelijk hoek van het perceel af moeten voeren, maar verstopte duikers langs de Savendonksestraat verhinderen deze route. Dit perceel 23 is het meest intensief ontwatert met een regelmatig patroon van ondiepe greppels.



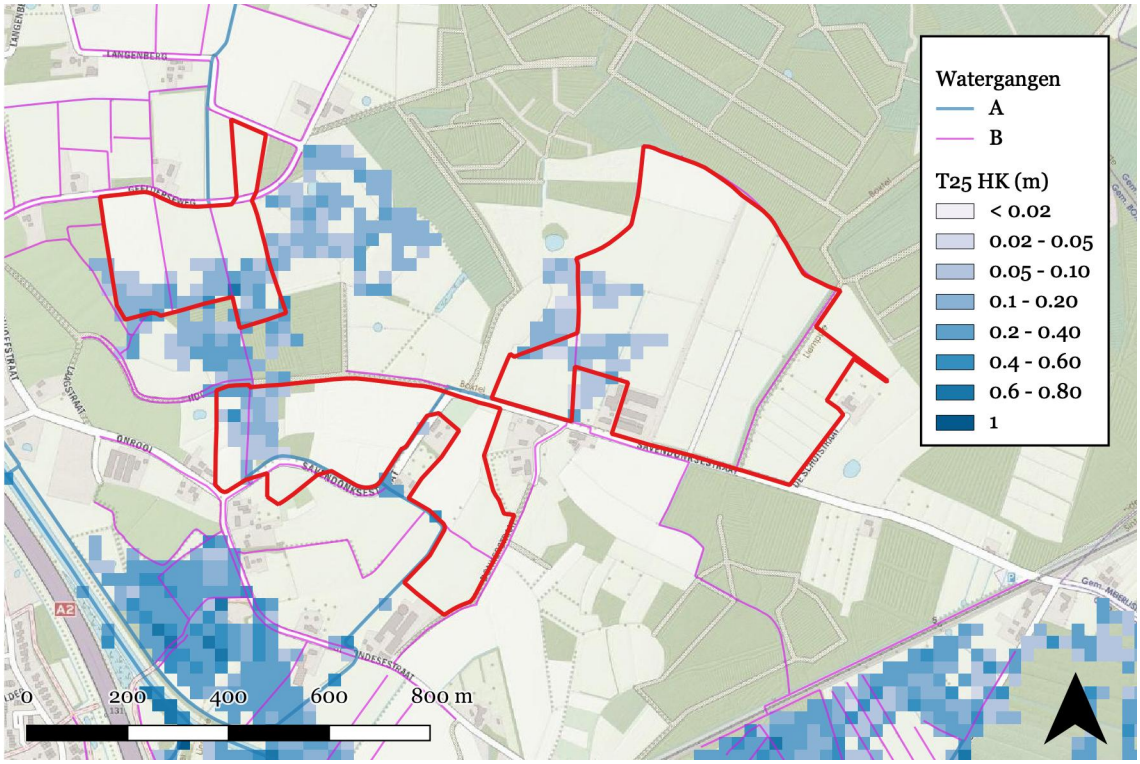
Figuur 5.4 - Watergangen met bodemdiepteklasse in deelgebied Savendonk-Wedehagen.

5.3 Watervoerendheid

Tijdens het veldonderzoek tot eind oktober 2020 stonden alle watergangen droog. De sloten en greppels hebben voornamelijk een functie bij het afvoeren van het neerslagoverschot in het winter-halfjaar. Daarnaast zorgen de sloten voor ontwatering van de relatief hoge grondwaterstanden in de winter en het vroege voorjaar.

5.4 Inundatie

Waterschap de Dommel heeft inundatiekaarten beschikbaar gesteld. Deze kaarten zijn gebaseerd op natte situaties die gemiddeld 1x in het jaar, 10 jaar, 25 jaar of 100 jaar in het huidige klimaat voorkomen (T1, T10, T25 en T100). Figuur 5.5 geeft de overstromingsdiepte van water op maaiveld in een T25-situatie weer. Volgens deze gegevens overstromen de percelen in T1- en T10-situatie niet of nauwelijks, bij T25 lopen de lage delen van percelen onder water tot een diepte van circa 30 - 40 cm. Opvallend is dat de oostkant van Savendonk-Buitenkamp niet inundeert, terwijl dit de natste delen van het gebied zijn (zie onderdeel 'Grondwater). De indruk bestaat dat dit inundatiemodel de werkelijke situatie niet goed weergeeft, waarschijnlijk vanwege de beperkingen van het oppervlaktewatermodel. Het gebied overstroomt regelmatiger dan een T1- of T10-situatie en de meeste inundatie treedt op in de oosthoek, op basis van waarnemingen van gebiedskenners.



Figuur 5.5 - Inundatiekaart van het gebied met de waterdiepte op maaiveld in een T25-situatie (bron: Waterschap de Dommel).

5.5 Buisdrainage

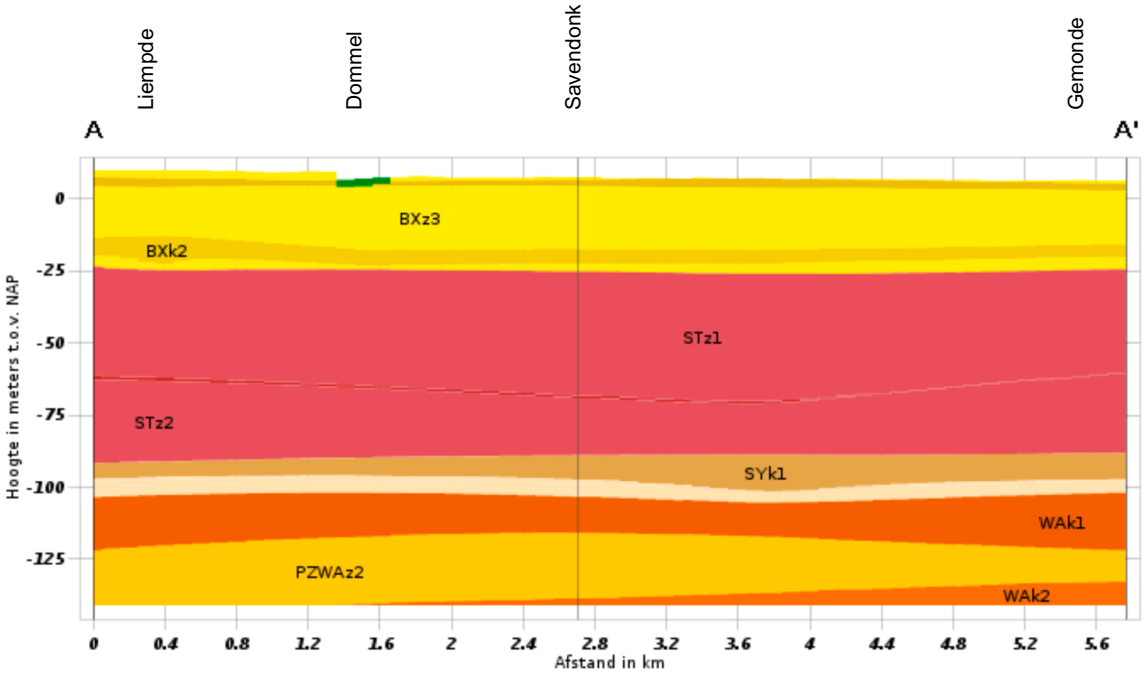
In het onderzoeksgebied is onderzocht waar buisdrainage voorkomt, op basis van gebruikskenmerken en navraag bij (voormalige) grondeigenaren. Op basis van deze inventarisatie komt buisdrainage alleen voor op een aantal percelen van Savendonk-Buitenkamp, zoals aangegeven in figuur 5.4. De drains zijn aangelegd boven de leemlaag

op een draindiepte van circa 80-100 cm-mv en een onderlinge drainafstand van circa 8 m en functioneren nog goed (mond. mededeling dhr. Timmermans, 27-10-2020).

Hoofdstuk 6 Hydrologie - grondwater

6.1 Geohydrologie

De Geologische Dienst van Nederland TNO beheert REGIS II, het geohydrologische ondergrondmodel van Nederland (www.dinoloket.nl). De lagen zijn geclassificeerd naar geohydrologische eenheden van min of meer uniforme hydraulische eigenschappen. Figuur 6.1 geeft een dwarsdoorsnede van de geohydrologische ondergrond tussen Liempde en Gemonde met het projectgebied in het midden. De ondergrond bestaat uit goed-doorlatende zand- en grindpakketten van de Formatie van Boxtel (BXz3), Sterksel (STz1 en z2) en Peize-Waalre (PZWAz2). Scheidende lagen bestaan uit klei- of leemafzettingen op een diepte van circa 5 m boven NAP (BXLMk1), 20 m beneden NAP (BXk2) en de circa 20 m dikke Waalreklei op een diepte van 100-200 m beneden NAP (WAk1). Regionaal gezien stroomt het (diepe) grondwater van zuid naar noord, gevoed vanuit het Kempens plateau in België. Ondiep en lokaal stroomt het grondwater naar de Dommel, die met het beekdal ingesneden in het landschap ligt. De Dommel is door het Laagpakket van Liempde gesneden en heeft het beekdal in het Holoceen opgevuld met zand, (beek)leem en veen.



Figuur 6.1 - Geohydrologische laagopbouw uit het REGIS II-model van TNO Geologische Dienst (www.dinoloket.nl).

6.2 Grondwateronttrekkingen

Circa 2,5 km ten oosten van Savendonk onttrekt Brabant Water grondwater ten behoeve van de drinkwatervoorziening. Pompstation Schijndel onttrekt grondwater op een diepte van 145 m-mv tot 220 m-mv uit het derde watervoerende pakket (Formatie van Peize/Waalre). Het vergunde onttrekkingsdebiet is 8 miljoen m3/jaar en gemiddeld pompte Brabant Water 7,8 miljoen m3/jaar grondwater op in de periode 2014-2018. Vanwege de diepe pompputten, de aanwezigheid van meerdere scheidende lagen en de afstand tot de

waterwinning, is de verwachting dat deze winning geen effect heeft op het freatische grondwater in de Savendonk. Binnen een straal van 5 km komen drie industriële onttrekkingen voor met een vergund onttrekkingsdebiet tot 1 miljoen m3/jaar en pompputten in het eerste watervoerende pakket. Vanwege de aanwezige leemlaag en het onttrekkingsdebiet is de verwachting dat deze onttrekking niet of nauwelijks effect hebben op de freatische grondwaterstand of kwel in het onderzoeksgebied. Het is niet bekend of er grondwateronttrekkingen voor landbouwberegening aanwezig zijn in de directe omgeving van Savendonk. Het landgebruik van voornamelijk gras en maïs en de lemige textuur van de bovengrond maken beregening in of rond (binnen 300 m) het gebied niet aannemelijk.

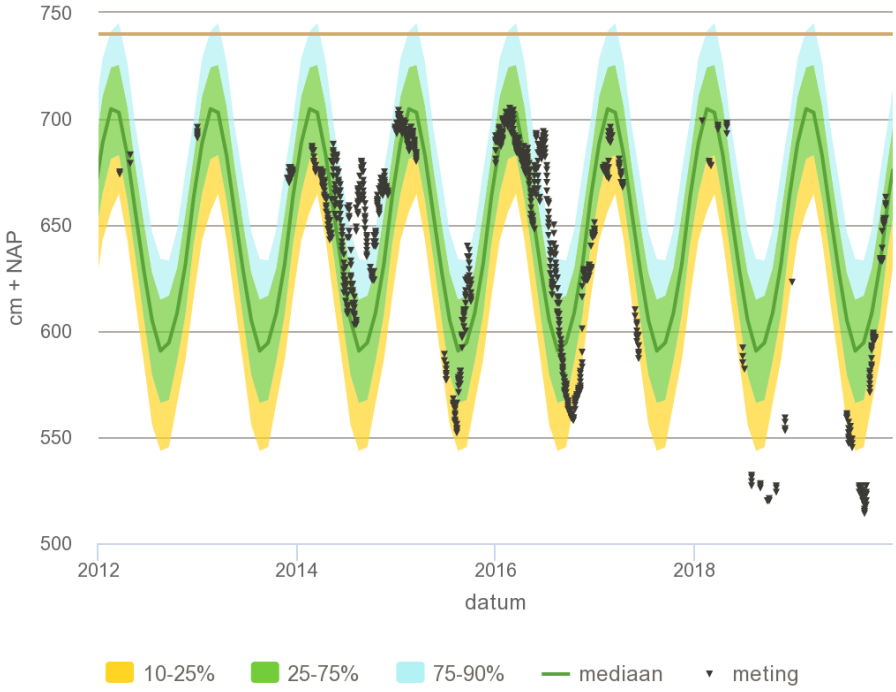
6.3 Peilbuizen

Meetreeksen van peilbuizen zijn opgevraagd bij de nationale database van grondwaterdata Dinoloket (www.dinoloket.nl). Daaruit blijkt dat er geen (actieve) peilbuizen in of dichtbij het onderzoeksgebied staan. Op circa 400 m afstand van Savendonk-Buitenkamp in het bosgebied De Geelders staan twee actieve peilbuizen die in de laatste 8 jaar bemeten zijn: B45D0123 en B45D0164 (zie figuur 6.4 voor de locaties). Beide peilbuislocaties hebben een vergelijkbare bodemopbouw als in het onderzoeksgebied. Tabel 6.1 geeft de kenmerken van deze peilbuizen. Het bovenste filter van beide peilbuizen is onder de leemlaag geplaatst, peilbuis B45D0123 heeft daarnaast 3 (zeer) diepe filters tussen 120 en 240 m beneden NAP.

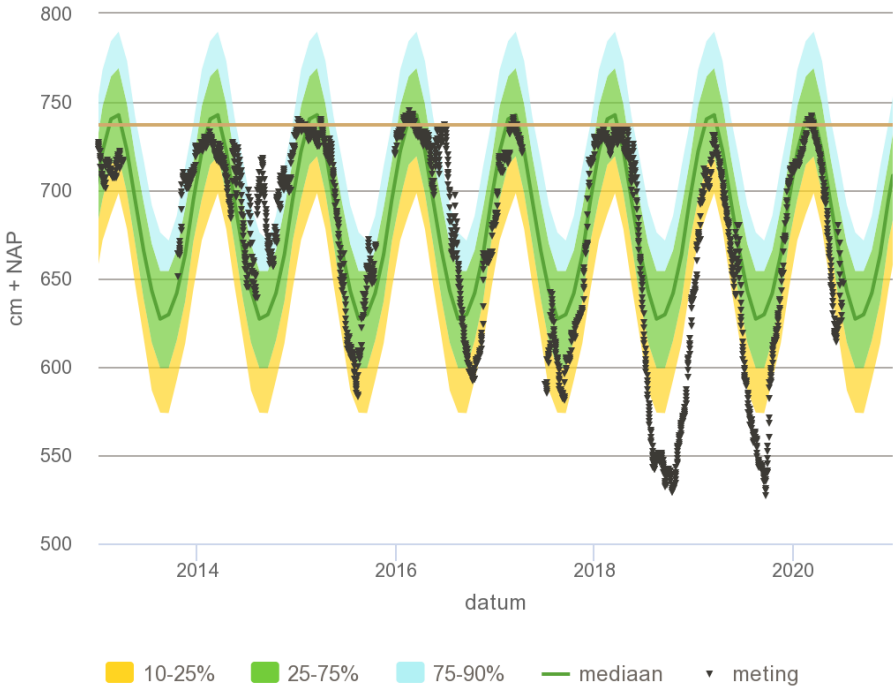
De GXG-waarden laten zien dat deze locaties zeer nat zijn in de winter en het voorjaar, met GHG's op 25 cm-mv of zelfs 18 cm boven maaiveld. De GVG komt voor binnen 45 cm-mv. In de zomer zakt het grondwater diep weg, de grondwaterdynamiek (verschil GHG-GLG) is met circa 140 cm groot. Dit geeft aan dat grondwater bij neerslagoverschot stagneert als gevolg van de leemlagen en er geen kwel in het gebied voorkomt in de zomer. De verdamping stuurt in belangrijke mate de diep uitzakkende grondwaterstanden bij neerslagtekort. In figuren 6.2 en 6.3 zijn de stijghoogtereeksen van de peilbuizen weergegeven, waaruit blijkt dat de droge zomers van 2018 en 2019 voor uitzonderlijk diepe grondwaterstanden heeft gezorgd. In de winter treedt weer herstel op.

Tabel 6.1 - Actieve peilbuizen bij het onderzoeksgebied met meetperiode, aantal filters, filterdiepte onderkant en GHG, GVG en GLG in cm-mv van het bovenste filter.

Locatie	Startdatum	Einddatum	Actieve filters	Filterdiepte (m-NAP)	GHG	GVG	GLG
B45D0123	22-01-1998	09-12-2019	4	8, 120, 163 en 238	25	43	160
B45D0164	14-01-1974	26-03-2020	1	3	-18	0	124



Figuur 6.2 - Meetreeks van stijghoogte in filter 2 van peilbuislocatie B45D0123 (www.grondwatertools.nl).

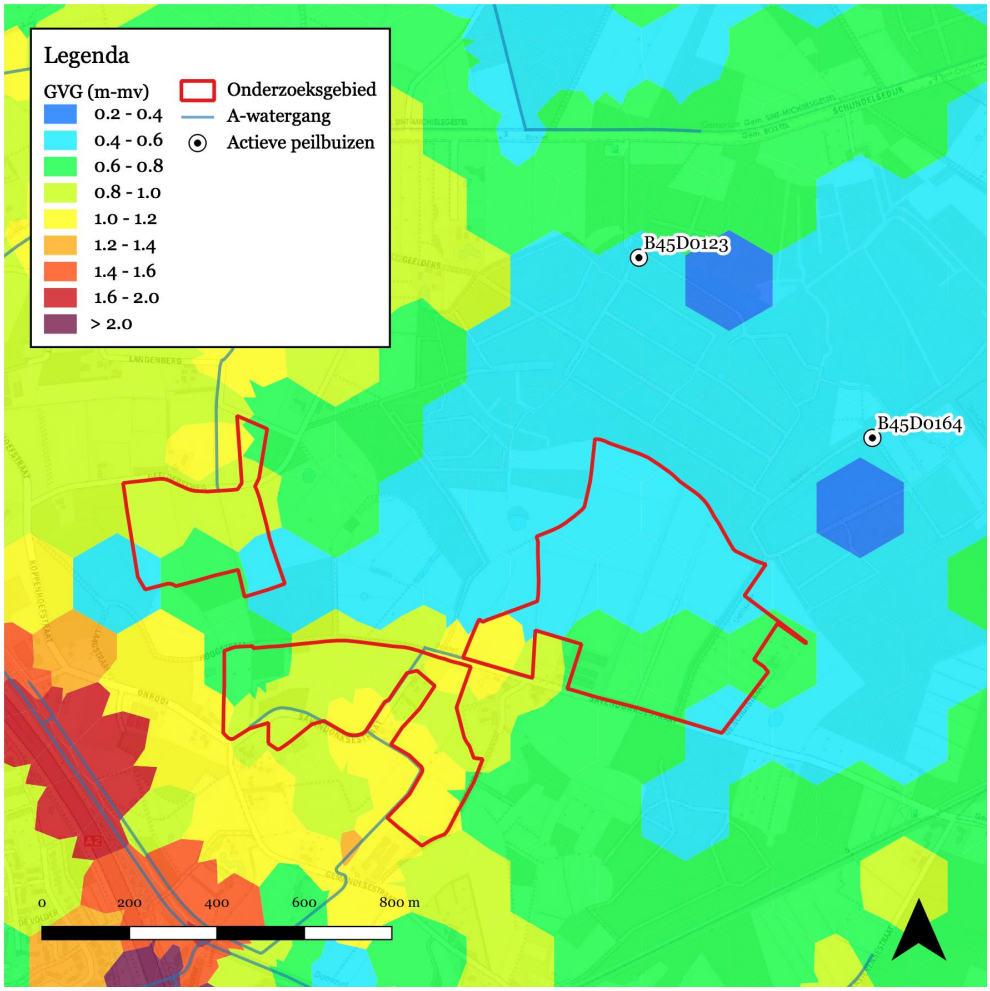


Figuur 6.2 - Meetreeks van stijghoogte in filter 1 van peilbuislocatie B45D0164 (www.grondwatertools.nl).

6.4 Grondwatermodel

Recent heeft Waterschap de Dommel een nieuw regionaal grondwatermodel ontwikkeld, dat verbeterde informatie toevoegt van nieuwe ondergrondgegevens (REGIS v2.2), het Brabantmodel2018 en betere modelconcepten

(Westerhof-Graafstal et al., 2020). Hoewel dit een regionaal grondwatermodel is dat minder geschikt is op perceels- of standplaatsniveau, geeft het wel een indruk van de grondwatersituatie in een gebied. Figuur 6.4 laat de GVG-resultaten in de periode 2009-2016 van het gebied zien. Daaruit blijkt dat Savendonk-Buitenkamp het natste is met een GVG die hoofdzakelijk tussen 40 en 80 cm-mv ligt, Leemskuilen iets droger met 40-100 cm-mv en Savendonk-Wedehagen het droogste deelgebied, met 60 - 120 cm-mv. Omdat het Domingo-model geen buisdrainage heeft opgenomen in het model, zijn de resultaten bij de gedraineerde percelen van Savendonk-Buitenkamp niet realistisch berekend. In werkelijkheid zijn deze droger.

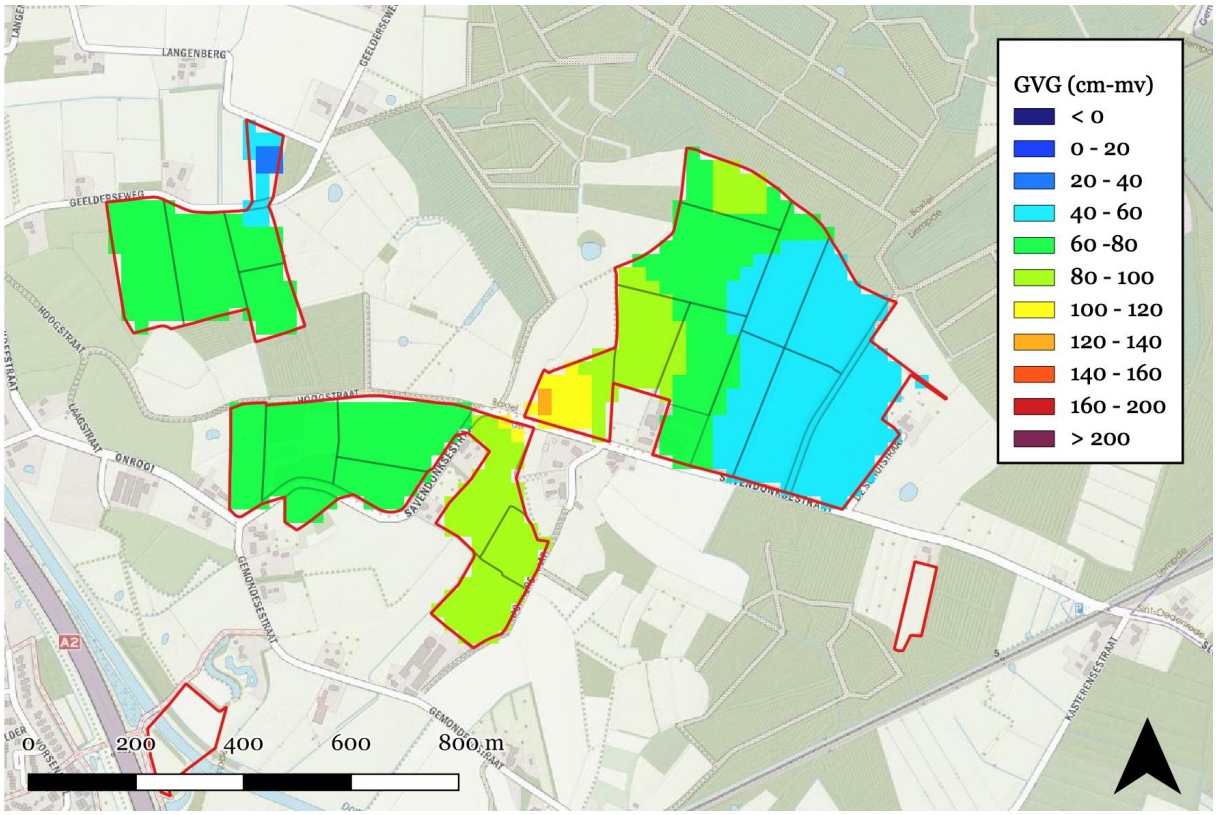


Figuur 6.4 - GVG-resultaten van het regionale grondwatermodel Domingo van Waterschap de Dommel, inclusief locaties van actief bemeten peilbuizen.

6.5 Resultaten grondwateronderzoek

Figuur 6.5 geeft de kaart van de geïnterpoleerde GVG-waarden weer. Hierin zijn de natste delen goed te zien (blauw). In grote lijnen komt de GVG-kaart uit het grondwateronderzoek overeen met de GVG-modelberekening van het Domingo-model. In tabel 6.2 staat de Gt, GVG en het doelgat van de onderzochte locaties in het gebied. Uit deze resultaten blijkt dat de natste terreindelen voorkomen in het noorden van de Leemskuilen en het oosten van Savendonk-Buitenkamp. De diepste grondwaterstanden komen zoals verwacht voor op de hoge enkeerdgronden, met voornamelijk een Gt van VId en VIId en GVG van circa 70 - 125 cm-mv. De buisdrainage

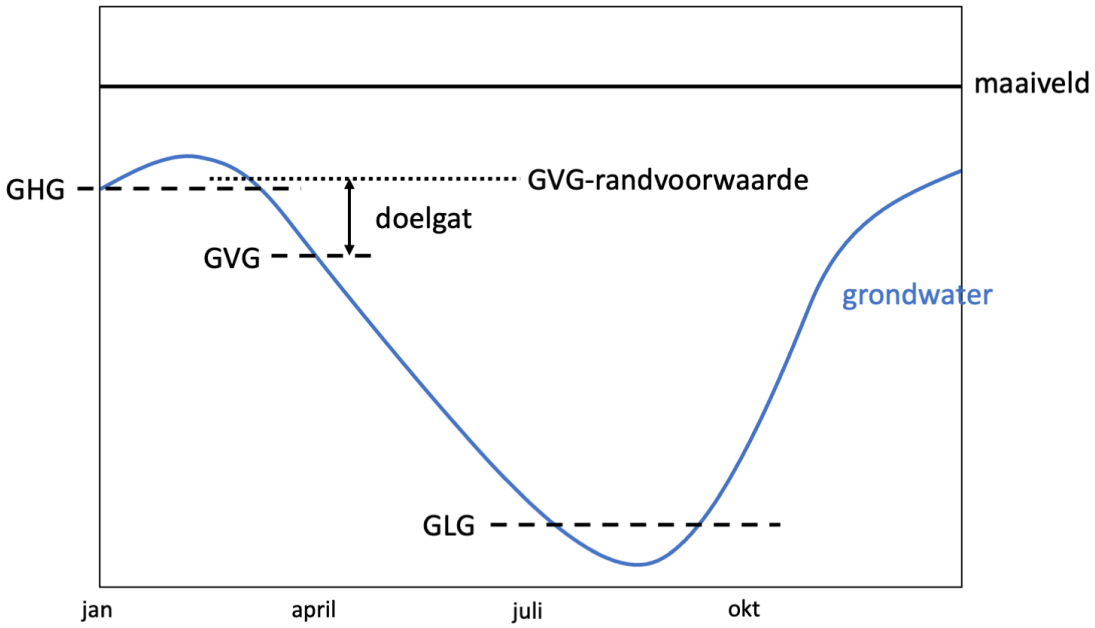
op enkele percelen zorgt voor de grens tussen de groene en blauwe vlakken in Savendonk-Buitenkamp. De GVG bij deze gedraineerde percelen is 60-100 cm-mv.



Figuur 6.5 - GVG-kaart op basis van IDW-interpolatie van de GVG uit de boorprofielen.

6.6 Doelgat

Het doelgat is het verschil tussen de actuele hydrologische situatie en de optimale hydrologische situatie. Dit is uitgedrukt in het aantal centimeters dat de actuele grondwaterstand afwijkt van de optimale grondwaterstand (GVG-randvoorwaarde). In figuur 6.6 is het doelgat schematisch weergegeven.



Figuur 6.6 - Schematische voorstelling van grondwaterverloop in het gebied. In dit geval is de GVG te laag ten op zichten van de hydrologische randvoorwaarde voor een natuurtype: het doelgat.

Tabel 6.2 geeft het doelgat voor de beheertypen weer. Als gekeken wordt naar de verschillen tussen de huidige GVG en de vereiste voor natuurtypen, dan blijkt dat nergens voldaan wordt aan de hydrologische standplaatsconditie voor Vochtige hooilanden (N10.02) en Rivier- en beekbegeleidend bos (14.01). Alleen in het oostelijk deel van Savendonk-Buitenkamp en het noordelijke deel van Leemskuilen voldoet de huidige GVG voor de vereisten van Haagbeuken- en Essenbos. Hier zijn nauwelijks of geen maatregelen noodzakelijk voor het verhogen van de GVG. Voor de hoge enkeerdgronden is het doelgat (te) groot, meestal meer dan 40 cm. Op de lagere beekeerdgronden is het doelgat hydrologisch haalbaar en bestaan er kansen voor natuurontwikkeling van deze natuurtypen. Hiervoor moet de GVG omhoog gebracht worden met hydrologische herstelmaatregelen. Deze zijn uitgewerkt in het inrichtingsplan.

Tabel 6.2 - Hydrologische kenmerken van boorpunten, met de GVG uitgezet tegen het doelgat voor Vochtige hooilanden (N10.02), Rivier- en beekbegeleidend bos (N14.01) en Haagbeuken- en Essenbos (N14.03). Negatieve waarden geven aan dat het grondwater dieper zit dan de vereiste voor het natuurtype (verdroging).

ID	Bodemtype	Gt	GVG	Doelgat N10.02	Doelgat N14.01	Doelgat N14.03
1	Beekeerd	Vao	47	-19	-19	-2
2	Gooreerd	VIo	83	-55	-55	-38
3	Beekeerd	VIo	89	-61	-61	-44
4	Hoge enkeerd	VIo	75	-47	-47	-30
5	Beekeerd	Vbo	63	-35	-35	-18
6	Hoge enkeerd	Vbo	69	-41	-41	-24
7	Beekeerd	Vbo	61	-33	-33	-16
8	Hoge enkeerd	VIId	123	-95	-95	-78
9	Hoge enkeerd	VId	99	-71	-71	-54

10	Hoge enkeerd	VId	87	-59	-59	-42
11	Beekeerd	Vao	39	-11	-11	6
12	Beekeerd	Vao	43	-15	-15	2
13	Beekeerd	Vao	41	-13	-13	4

Hoofdstuk 7 Zuurgraad en voedselrijkdom

De zuurgraad of pH is een dynamisch bodemkenmerk. Het wordt vooral bepaald door het moedermateriaal, bodemvormende processen in het verleden, het grondgebruik en de grondwaterdynamiek. De pH is van invloed op de chemische bodemvruchtbaarheid en op de bewortelbaarheid van het bodemprofiel. Verlaagde grondwaterstanden kunnen leiden tot een verminderde aanvoer van gebufferd grondwater en verzuring van de toplaag van de bodem. Bodems met veel verweerbaar materiaal (kalk, veldspaten) hebben een grotere buffercapaciteit waardoor verzuring langzamer gaat. Verzuring zal bij een verhoogde stikstofdepositie verder worden versterkt (Hommel et al. 2008).

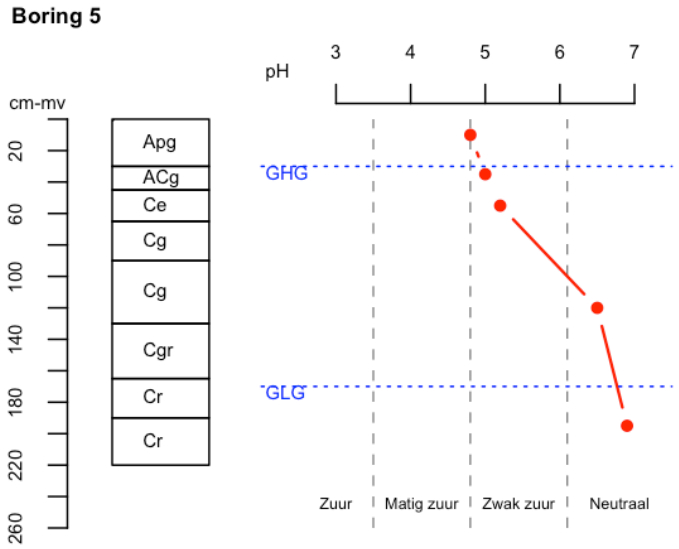
7.1 Zuurgraadonderzoek

Voor alle boringen in het gebied is het bodemvocht bemonsterd op zuurgraad (pH-KCl). Bijlage 2 geeft het verloop van de zuurgraad tussen maaiveld en GLG van alle boorprofielen weer, figuur 7.2 geeft een voorbeeld van boorprofiel 5. Tabel 4.2 geeft een samenvatting van de resultaten van dit pH-onderzoek, met daarin het pH-traject in de bovengrond van 0 - 50 cm-mv, de vraag of deze pH voldoet aan de eisen van natuurtypen (zie tabel 2.3) en de indeling in hydrotypen.

De bodems in het onderzoeksgebied zijn over het algemeen zwak zuur tot neutraal van aard. Het bodemvocht in de humeuze bovengrond is vrijwel overal zwak zuur, wat betekent dat deze laag onder invloed van grondwater of aangerijkt regenwater staat. Zelfs de hoge enkeerdgronden vertonen gebufferde omstandigheden in de wortelzone. Het diepere bodemvocht en het grondwater is basenrijker dan de bovengrond, met pH-waarden tot een neutrale pH 7,0. De leemlaag in Savendonk bevat fossiele resten van schelpdieren. Deze lagen vormen nu een bron van kalk. Kalk komt vooral voor in relatie tot een leembodem in beekeerdgronden en lemige veldpodzolgronden, zoals in het onderzoeksgebied voorkomen.

Tabel 4. De resultaten van het zuurgraadonderzoek met de bodemvocht-pH tussen 0 - 50 cm-mv, of de standplaats voldoet voor de natuurtypen en de aangetroffen hydrotypen op basis van de pH-bodemprofielen.

ID	Bodemtype	pH (0 - 50 cm-mv)	Voldoet voor natuurtypen	Hydrotype	Omschrijving
1	Beekeerd	4.6 - 5.0	ja	Ro	Kwelinvloed aanwezig, ondiepe regenwaterlens
2	Gooreerd	5.0 - 5.1	ja	Kw	Kwelinvloed in wortelzone
3	Beekeerd	5.1 - 5.2	ja	Kw	Kwelinvloed in wortelzone
4	Hoge enkeerd	5.1 - 5.2	ja	Kw	Kwelinvloed in wortelzone
5	Beekeerd	4.8 - 5.2	ja	Ro	Kwelinvloed aanwezig, ondiepe regenwaterlens
6	Hoge enkeerd	5.3	ja	Kw	Kwelinvloed in wortelzone
7	Beekeerd	5.7 - 5.8	ja	Kw	Kwelinvloed in wortelzone
8	Hoge enkeerd	4.3 - 5.0	ja	Ro	Kwelinvloed aanwezig, ondiepe regenwaterlens
9	Hoge enkeerd	5.1 - 5.2	ja	Kw	Kwelinvloed in wortelzone
10	Hoge enkeerd	5.1 - 5.6	ja	Kw	Kwelinvloed in wortelzone
11	Beekeerd	4.8 - 5.0	ja	Ro	Kwelinvloed aanwezig, ondiepe regenwaterlens
12	Beekeerd	4.8 - 5.3	ja	Ro	Kwelinvloed aanwezig, ondiepe regenwaterlens
13	Beekeerd	6.1 - 6.6	ja	Kw	Kwelinvloed in wortelzone



BADVS
bodem & water

Figuur 7.1 - Voorbeeld van een pH-profiel, in dit geval van boring 5. De bovengrond is zwak zuur en is geschikt voor de ontwikkeling van natuurtypen Vochtig hooiland, Nat fauna- en kruidenrijk grasland of Haagbeuken- en essenbos. Het grondwater in Savendonk is neutraal van aard.

7.2 Hydrotypen

Volgens de indeling voor hydrotypen van Kemmers et al. (2011) komen vrijwel alle pH-profielen uit op een kwelprofiel met kwelinvloed in de wortelzone (Kw), soms met een ondiepe regenwaterlens (Ro). De verschillen tussen het Kw- en Ro-hydrotype zijn klein, bij de laatste kwam de pH tussen 0 - 20 cm-mv niet boven pH 5,0 zoals in boring 5 van figuur 7.1. Dat kwelinvloed volgens de hydrotypering voorkomt, wil niet zeggen dat hier daadwerkelijk kwel voorkomt in de hydrologische zin van het woord, met stijgend of uittredend grondwater. Door contact met de lemige of kleiige ondergrond kan het inzijgend water een grondwaterachtig karakter krijgen (Hommel et al. 2008). Bij de hoger gelegen enkeerdgronden speelt dit een belangrijke rol, bij de lagere beekeerdgronden in mindere mate. Deze laatste gronden kunnen gevoed worden door lokale kwel vanuit de hogere gronden.

Hoofdstuk 8 Synthese

Dit hoofdstuk beschrijft de sturende (hydrologische) processen in het gebied, afgeleid van de afzonderlijk behandelde factoren. De verzamelde kennis komt hier bijeen tot een overzicht van het functioneren van het watersysteem. Met de benoeming van hydrologische knelpunten en mogelijke oplossingsrichting ontstaat een ontwikkelstrategie of herstelstrategie voor het omvormen van landbouwpercelen naar waardevolle natuur.

8.1 Watersysteemanalyse

Voor het hydrologisch begrip van Savendonk is kennis van de laagopbouw van de ondergrond essentieel. Het bodemonderzoek toont aan dat overal in het gebied leem van het Laagpakket van Liempde voorkomt. Hoewel het leempakket onderbroken kan zijn door horizontale lagen (dek)zand, is de omvang, de ondiepe ligging en de dikte van de leem dusdanig dat dit voor een hoge verticale weerstand in de ondergrond zorgt. Doordat er weinig hoogteverschillen zijn en leemlagen ondiep in de ondergrond voorkomen, kan neerslagwater niet makkelijk wegstromen. Bij neerslagoverschot zal het regenwater of smeltwater oppervlakkig over maaiveld afspoelen, of door het doorlatende dekzand van het topsysteem stromen. Op de laagste punten in het landschap, in dit geval vaak (diepe) watergangen, treedt dit grondwater uit. De ontwateringsmiddelen, vooral de middeldiepe en diepe sloten, voeren het grondwater versneld af.

Het relatief diepe Dommeldal ten zuiden van Savendonk doorsnijdt de mogelijke toestroming van regionaal grondwater vanaf het Kempens plateau in het zuiden. Het gebied is vooral afhankelijk van lokale (grond)waterstroming, gevoed door neerslag en zonder wateraanvoer van elders. Van oorsprong ligt het onderzoeksgebied hydrologisch gezien in een geïsoleerd gebied. Vanwege de relatief vlakke ligging en de slecht doorlatende ondergrond, stagneert overtollig regenwater of stroomt over maaiveld naar de laagstgelegen delen in het gebied. De hoofdroute van het oppervlakkige en ondiepe (grond)water was in noordwestelijke richting gericht. In de huidige situatie liggen er geïsoleerde 'eilandjes' van hydrologische systemen in het gebied, verbonden door een stelsel van sloten en greppels om overtollig water directer af te voeren richting het Dommeldal of het Afwateringskanaal. In de ruilverkaveling van de jaren '90 zijn de hoger gelegen zandruggen of enkeerdgronden doorgraven met relatief diepe afwateringssloten, die tegenwoordig nog als A-watergangen door het waterschap in beheer zijn. Deze hadden als doel om de van oorsprong natte (beekeerd)gronden te ontwateren en geschikt te maken voor landbouwkundig gebruik. De A-watergang langs de Savendonksestraat is gegraven om de lage kom van beekeerdgronden in Savendonk-Buitenkamp te ontwateren, midden door een relatief hoge zandrug van enkeerdgronden. Tot een diepte van 2 m ten op zichten van de omliggende percelen, voert deze watergang regen- maar ook grondwater versneld af in zuidwestelijke richting naar het Dommeldal. Dit zorgt voor lagere grondwaterstanden dan voorheen. Klimaatverandering met drogere zomers zoals die van 2018 en 2019 zorgen voor nog dieper wegzakkend grondwater. Voor natuurontwikkeling in het gebied is deze verdroging een belangrijk knelpunt.

Door de leemlagen is er sprake van stagnatie van inzijgend regenwater en hydromorfe kenmerken in de bodem. Vanwege de slechte doorlatendheid van leem en het beperkte bergend vermogen van de bodem, komen grote grondwaterfluctuaties voor in het gebied. Door contact met de leemlaag krijgt inzijgend water een

grondwaterachtig karakter. Afhankelijk van de snelheid waarmee het ondiepe grondwater door het topsysteem stroomt, vindt aanrijking van grondwater met kalk plaats. Hoewel lokale kwel in de laagste gronden niet uitgesloten is, wijzen peilbuisgegevens in de omgeving op een inzijgend grondwaterprofiel in het gebied. De bodem en leemlaag bevatten nog genoeg bufferende omstandigheden om het regenwater en bodemvocht aan te rijken met kalk, getuige de gunstige zuurgraad in de bovengrond van de bodem, ondanks de neerwaarts gerichte grondwaterstroming.

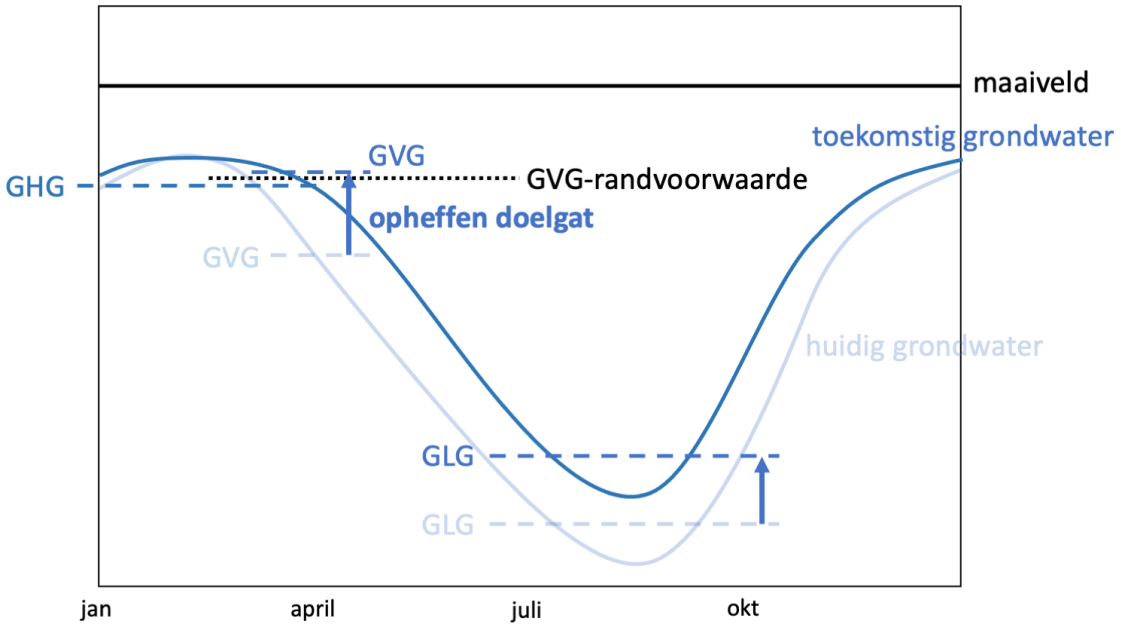
8.2 Knelpunten

Aan de hand van de abiotische standplaatsfactoren worden de kansen voor natuurontwikkeling geformuleerd. De analyse benoemt de (abiotische) knelpunten om tot de gewenste natuurontwikkeling te komen.

Leembossen komen voor op bodems met sterke wisselingen in de vochttoestand gedurende het jaar. In de winter treden hoge grondwaterstanden op terwijl 's zomers uitdroging plaatsvindt. Het betreft veelal slecht doorlatende klei- of leembodems die al dan niet zijn afgedekt door een laag lemig zand. Een verlaging van de waterstand in een waterloop of een verlaging van het grondwaterpeil kan zorgen voor een reeks veranderingen in de bodem die de omstandigheden voor het bostype negatief beïnvloeden (Hommel et al., 2008). Na het verlagen van het waterpeil zal de bodem voor een groter deel van het jaar droger zijn. Verdroging kan een directe invloed hebben op de meest vochtminnende soorten. Daarnaast zal door oppervlakkige uitdroging van de bovengrond en het uitblijven van de aanvoer van basen via het grondwater een verzuring optreden in de bovengrond. Bodems met veel verweerbaar materiaal (kalk, veldspaten) hebben een grotere buffercapaciteit waardoor verzuring langzamer gaat. Deze verzuring zal bij een verhoogde stikstofdepositie verder worden versterkt (Hommel, 2020). Deze verzuring lijkt in Savendonk nog niet opgetreden te zijn, vanwege de aangetroffen gebufferde omstandigheden in de wortelzone van alle percelen. Blijkbaar is het kalkgehalte in de bodem nog hoog genoeg om voor voldoende buffering te zorgen, ondanks het naar beneden gerichte infiltratieprofiel voor neerslagwater.

Zoals uit tabel 6.2 met het doelgat tot de gewenste natuurtypen blijkt, bestaat het grootste knelpunt uit de diepe voorjaarsgrondwaterstanden. De huidige situatie is in het grootste deel van het gebied te droog voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland, Nat kruiden- en faunarijk grasland, Rivier- en beekbegeleidend bos en/of Haagbeuken-Essenbos. Het doelgat tot de optimale GVG voor deze natuurtypen bedraagt in het grootste deel van het gebied circa 20 tot 60 cm. Op de hoge enkeerdgronden is het doelgat nog groter, maar deze hoge gronden zijn van nature ongeschikt voor grondwaterminnende natuurtypen. De lage percelen zijn in het verleden natter geweest en waren geschikt voor vochtige bossen, zoals het bos in de Geelders laat zien. Vanwege de ontwatering voor landbouw en de diep gegraven A-watergangen tijdens de laatste ruilverkaveling, wordt het water in het gebied (te) snel afgevoerd. In de winter staat het grondwater voor een groot deel van het gebied hoog genoeg voor vochtminnende vegetatie, maar de daling in het voorjaar zet te vroeg in. Het is niet zozeer zaak om het gebied sterk te vernatten, maar vooral om het water in het voorjaar zo lang mogelijk vast te houden. Dit moet niet alleen zorgen voor hogere GVG's, maar ook voor grondwaterstanden die langer in het voorjaar vastgehouden worden. Dit is geïllustreerd in figuur 8.1, waarbij een hydrologische herstelmaatregel niet zozeer zorgt voor hogere GHG's maar vooral voor een verlenging van de hoge grondwaterstanden in het voorjaar, waardoor het grondwater langer op een

hoger GVG-niveau blijft en het doelgat verdwijnt. De GLG profiteert hier ook van en zal meestijgen. De verlenging van hoge grondwaterstanden in het voorjaar is het uitgangspunt voor de inrichting van het gebied.



Figuur 8.1 - In de huidige situatie is er nog sprake van een GVG-doelgat voor het gewenste ambitietype. Hydrologische maatregelen zorgen voor het langer vasthouden van water, waardoor de GVG stijgt en binnen de hydrologische randvoorwaarde GVG komt. Het doelgat is hiermee opgeheven.

Voor het versterken en uitbreiden van de leembossen is het abiotische herstel en bestrijden van verdroging de belangrijkste opgave. Vanwege natuurherstel en het opvangen van drogere periodes (klimaatverandering) is het wenselijk om de hydrologie van het gebied te herstellen, de waterafvoer te minimaliseren en het (grond)water zo lang mogelijk vast te houden.

8.3 Herstelstrategie

De herstelstrategie is gericht op het benutten van de kansen en het wegnemen van de hydrologische knelpunten in het gebied. Bossen op leemgronden worden gevoed door lokale, in principe min of meer geïsoleerde hydrologische systemen. Deze zijn in dit gebied verstoord door verbinding met watergangen. Herstel van het hydrologische systeem door respectievelijk het dichten van greppels en hydrologische isolatie is hier erg belangrijk en veelal goed mogelijk. Dit principe is gehanteerd bij het opstellen van het inrichtingsplan. Het vereist maatregelen als het vasthouden van regen- en grondwater, tegengaan van waterafvoer en het dempen of verondiepen van watergangen. Voor de gedraineerde landbouwpercelen is het onklaar maken van deze buisdrainage essentieel voor het herstellen van hoge voorjaarsgrondwaterstanden op deze percelen. Het is hierbij van belang zoveel mogelijk de voor ontwatering aangebrachte elementen te dempen, over de hele gradiënt, tot in de haarvaten van het systeem.

Het opzetten van de grondwaterstand mag geen ongewenste effecten hebben op omliggende gebruikers. De afwatering van woonerven moet gegarandeerd blijven. Interne maatregelen die alleen de aangekochte percelen van ARK en/of aanliggende natuurpercelen beïnvloeden hebben daarbij de voorkeur. Het nemen van no-regret maatregelen als het dempen van greppels en het opstuwen van A-watergangen kunnen relatief snel genomen worden. Verondiepen van watergangen om de ontwateringsbasis te verhogen biedt kansen op gronden waar de negatieve uitstralingseffecten naar agrarische percelen of woonerven beperkt zijn.

Hoofdstuk 9 Inrichtingsplan

Het inrichtingsplan bevat een uitwerking van de herstelstrategie in concrete maatregelen. De hydrologische herstelmaatregelen zijn dusdanig geformuleerd, dat het plan praktische oplossingen geeft voor de hydrologische knelpunten in het gebied. Naast de systeemrapportage dient dit plan als input voor het vergunningstraject, met name voor de eventuele watervergunning van het waterschap. Het inrichtingsplan is opgesteld op basis van een ontwerpsessie met ARK Natuurontwikkeling en uitgewerkt in twee scenario's:

- Scenario A: natuur plus
- Scenario B: natuur intern

Scenario A bevat inrichtingsmaatregelen die zorgen voor het behalen van maximale natuurwinst in het gebied. De maatregelen in dit scenario kunnen (negatieve) effecten hebben voor niet-natuurfuncties buiten het onderzoeksgebied. Scenario B gaat uit van een scenario met voornamelijk interne effecten op natuur met zo min mogelijk (negatieve) uitstralingseffecten naar de omgeving. In dit scenario komen alleen maatregelen in watergangen voor die omringd zijn door nieuwe of bestaande natuur.

9.1 Maatregelen

Hydrologische maatregelen zijn nodig om het grondwaterniveau in het voorjaar hoog genoeg te krijgen voor de ontwikkeling van de grondwaterafhankelijke natuurtypen. Daarvoor is herstel van de grondwaterinvloed nodig middels het beperken van de waterafvoer. De volgende maatregelen staan in de twee varianten van het inrichtingsplan:

- Dempen van watergangen
- Verondiepen van watergangen
- Plaatsen van stuw
- Onklaar maken van buisdrainage
- Graven van slenk

9.1.1 Verondiepen en dempen

Een watergang heeft een drainerende werking op de omgeving. Voor de landbouw zijn in het verleden veel sloten en greppels aangelegd, om de grondwaterstand te verlagen om percelen bewerkbaar en beweidbaar te maken en hogere gewasproductie te krijgen. Deze intensieve ontwatering zorgt ervoor dat het grondwater sneller afgevoerd wordt, waardoor de grondwatervoorraad op deze percelen afneemt. Door het verondiepen (of dempen) van ontwaterende sloten en greppels zal grondwater minder snel afvoeren en langer beschikbaar zijn voor het voeden van de overgebleven waterlopen. Omdat de grondwaterstand hierdoor stijgt helpt deze maatregel het verdrogingsknelpunt tegen te gaan. Naast het vasthouden van grondwater zorgt dempen van watergangen voor een meer natuurlijke afstroming van neerslag over maaiveld. Deze (tijdelijke) berging van water op maaiveld draagt bij aan de vestiging van soorten voor Beekbegeleidend bos en is daarnaast gunstig voor het reduceren van piekafvoer benedenstrooms.

9.1.2 Stuw

Watergangen dempen is de meest effectieve maatregel om de hydrologie in een gebied te herstellen. Als dempen of verondiepen niet kan vanwege andere gebruiksfuncties, is het alternatief om een stuw te plaatsen. Door het oppervlaktewaterpeil flexibel te beheren kan geanticipeerd worden op weersomstandigheden. Als het kan wordt water zo lang mogelijk vastgehouden met een hoog stuwpeil, als het moet kan de stuw tijdelijk naar beneden om wateroverlast te voorkomen. In dit inrichtingsplan zijn stuwen voorzien in A-watergangen van het waterschap.

9.1.3 Buisdrainage

Door de drainage te verwijderen of onklaar te maken kan het regenwater opnieuw infiltreren en wordt het niet langer direct afgevoerd. Het grondwater kan weer stijgen waardoor de winter- en voorjaarsgrondwaterstanden zich herstellen en het grondwater langer vastgehouden wordt. Deze maatregel draagt direct bij aan het tegengaan van verdroging.

9.1.4 Slenken

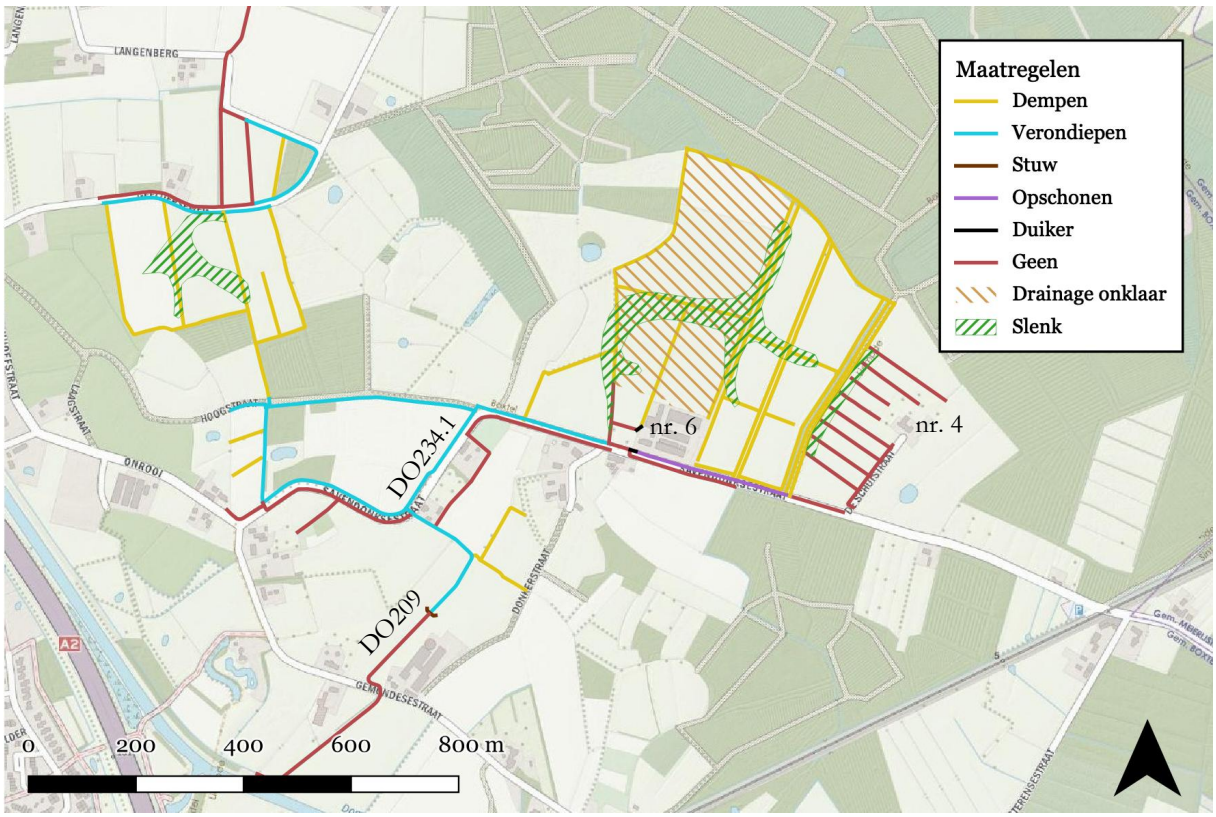
Om te voorkomen dat regenwater te lang stagneert op het maaiveld moeten enkele gedempte watergangen vervangen worden door ondiepe slenken. Het water wordt op een oppervlakkige en meer natuurlijke manier via een laagte naar lager gelegen percelen getransporteerd. Ten op zichten van de situatie met watergangen wordt de verblijftijd van het water bij een ondiepe slenk verlengd waardoor oppervlaktewater de gelegenheid krijgt te infiltreren in de bodem. Dit is tevens gunstig voor het reduceren van piekafvoer benedenstrooms. Daarnaast draineert een oppervlakkige slenk minder dan een diepe watergang waardoor de grondwaterstand zal stijgen. Dit helpt tegen het verdrogingsknelpunt.

9.2 Scenario A (natuur plus)

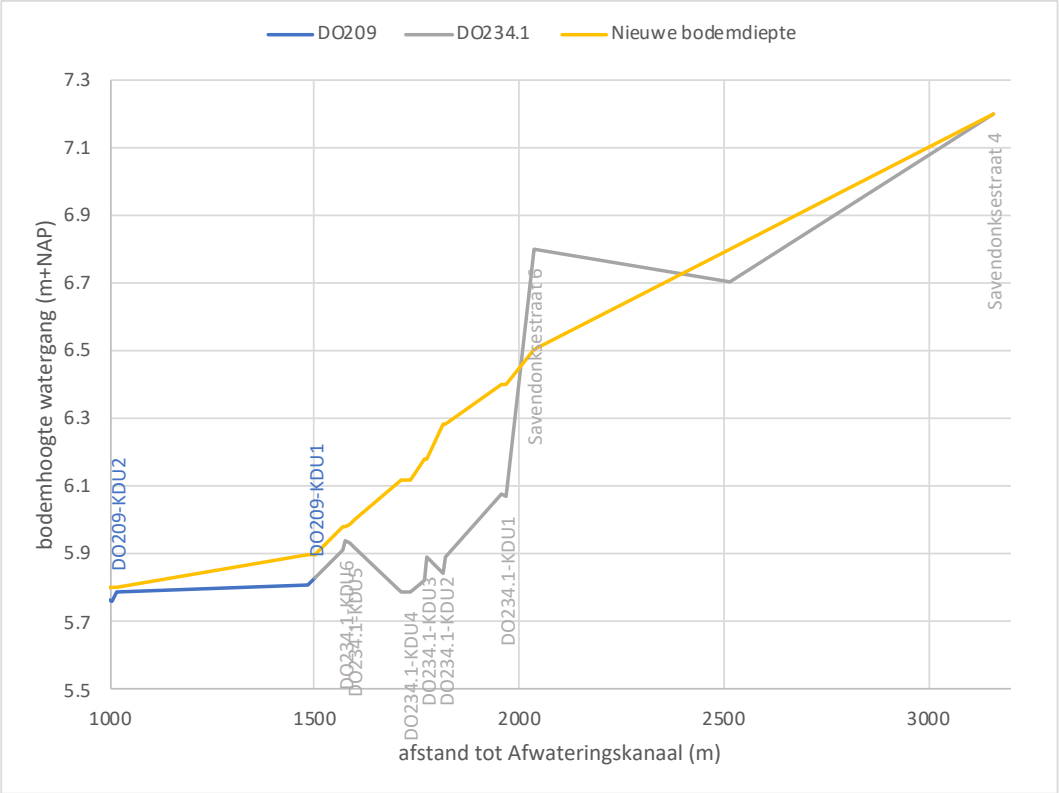
De uitwerking van scenario A in hydrologische maatregelen is weergegeven in figuur 9.1. De volgende maatregelen zijn hierin opgenomen:

- Verwijderen of onklaar maken van buisdrainage op de percelen met drainage.
- Dempen van sloten en greppels welke geen afwaterende functie hebben voor externe gebruikers
- Verondiepen van (diepe) sloten die benodigd zijn voor de afwatering van erven, wegen of naastliggende agrarische percelen. Om zoveel mogelijk grondwater vast te houden, gaat het verhogen van de slootbodem naar een maximale bodemdiepte van 0,6 m. Voor de A-watergang DO234.1 langs de Savendonksestraat is de verondieping minder, om het verval en de afwatering van de woonerven te garanderen. Figuur 9.2 geeft de nieuwe bodemdiepte aan, welke is gebaseerd op de inmetingen van de (huidige) duikers door het waterschap.
- De afwatering van erven blijft behouden.
- De duikers en watergang aan de noordkant van de Savendonksestraat moeten vanwege het verval en voor het verbeteren van de afwatering van Savendonksestraat 4 opgeschoond worden. Bij Savendonksestraat 6 moet een extra duiker geplaatst worden.

- De watergangen die gehandhaafd blijven moeten met een flauw en natuurvriendelijke talud uitgerust worden, zodat het 'natte' oppervlakte van deze watergangen behouden blijft. Hiermee wordt voldaan aan de huidige afwateringsnormen van het waterschap voor deze watergangen (A-watergang >30 l/s, B-watergang 10-30 l/s).
- Plaatsing van een flexibele stuw op de locatie waar de A-watergang het gebied van ARK uitstroomt. Het dempen en verondiepen van watergangen zijn de belangrijkste maatregelen tegen verdroging, deze stuw is aanvullend hierop. Met deze stuw kan flexibel ingespeeld worden op het langer vasthouden van water en voorkomen van wateroverlast bij extreem natte omstandigheden.
- Ondiep uitgraven van drie slenken (tot maximaal 25 cm) voor een natuurlijke afwatering uit het gebied.



Figuur 9.1 - Hydrologische maatregelen van het inrichtingsplan in scenario A (natuur plus).



Figuur 9.2 - Bodemdiepte van de A-watergangen DO209 en DO234.1 tussen Gemondestraat en Savendonksestraat op basis van de duiker-inmetingen van het waterschap en de bodemdiepte-bepaling bij de adressen Savendonksestraat 4 en 6. De labels geven de duikercodes van het waterschap aan. De nieuwe bodemdiepte geeft de diepte weer na uitvoering van de verondiepings-maatregel.

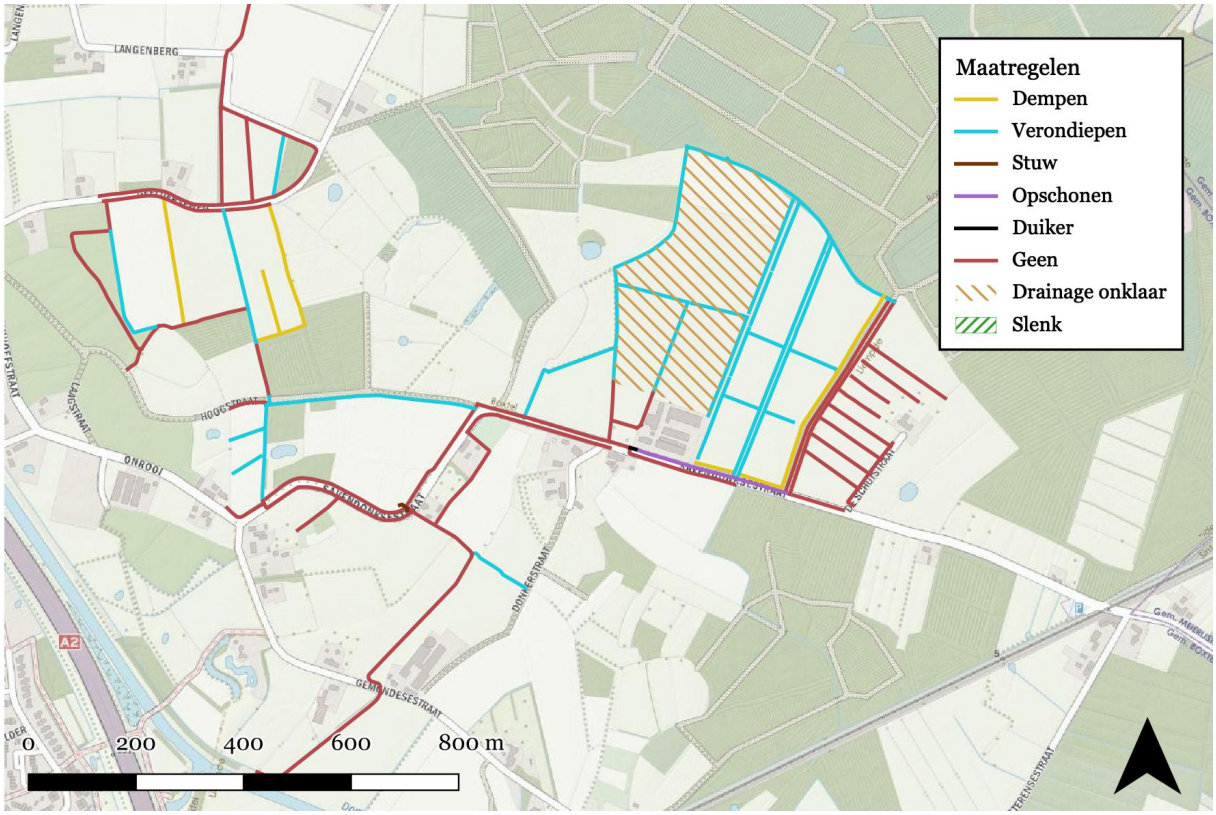
9.3 Scenario B (natuur intern)

De uitwerking van scenario B in hydrologische maatregelen is weergegeven in figuur 9.3. Dit scenario gaat minder ver dan scenario A. De maatregelen zijn gericht op de aanpak van een detailontwatering op de door ARK verworven percelen, zonder negatieve uitstralingseffecten naar andere functies dan natuur. De volgende maatregelen zijn hierin opgenomen:

- Verwijderen of onklaar maken van buisdrainage op de percelen met drainage.
- Dempen van sloten en greppels welke intern liggen of aan bestaande natuur grenzen.
- Watergangen met een afwaterende functie van aangrenzende percelen verondiepen tot een bodemdiepte van 0,3 m. De B-watergangen door de Leemskuilen en het westelijk deel van Savendonk-Wedehagen verondiepen tot 0,8 m.
- Plaatsing van flexibele stuw op de locatie waar de A-watergang DO234.1 onder de Savendonkseweg stroomt. Met deze stuw kan flexibel ingespeeld worden op het langer vasthouden van water en voorkomen van wateroverlast bij extreem natte omstandigheden.
- De afwatering van erven blijft behouden.
- De duikers en watergang aan de noordkant van de Savendonksestraat moeten vanwege het verval en voor het verbeteren van de afwatering van Savendonksestraat 4 opgeschoond worden. Bij Savendonksestraat 6 moet een duiker geplaatst worden.

- De watergangen die gehandhaafd blijven moeten met een flauw en natuurvriendelijke talud uitgerust worden, zodat het 'natte' oppervlakte van deze watergangen behouden blijft. Hiermee wordt voldaan aan de huidige afwateringsnormen van het waterschap voor deze watergangen (A-watergang >30 l/s, B-watergang 10-30 l/s).

Naar verwachting zijn deze maatregelen voldoende voor het bereiken van de hydrologische randvoorwaarden voor leembossen in Savendonk-Buitenkamp en het noordelijke perceel van de Leemskuilen. Het opheffen van de buisdrainage zorgt voor de belangrijkste bijdrage aan de verhogen van de grondwaterstand. Omdat het doelgat bij Leemskuilen al klein is, wordt hier met het verondiepen van de greppel al voldoende winst behaald. Voor het overige deel van Leemskuilen en met name Savendonk-Wedehagen is het behalen van de natuurdoelstellingen met dit scenario niet gegarandeerd.



Figuur 9.3 - Hydrologische maatregelen van het inrichtingsplan in scenario B (natuur intern).

9.4 Effecten op grondwater

Vanwege de complexe ondergrond en (geo)hydrologie in het gebied zijn grondwatereffecten niet eenvoudig of zelfs onmogelijk met een gangbaar grondwatermodel te bepalen. Voor het bepalen van de effecten van maatregelen is in deze studie gebruik gemaakt van hydrologische principes met analytische bepalingen van het grondwaterverloop.

De verandering in grondwaterstanden is afhankelijk van het type maatregel, de mate van deze maatregel (bijv. mate van verondieping) en de geohydrologische omstandigheden van het perceel, zoals de ondergrond van het perceel. In

het inrichtingsplan van staan de volgende maatregelen beschreven die een hydrologische impact (kunnen) hebben op de omgeving:

- verwijderen of onklaar maken van drainage
- verondiepen of dempen watergang
- het plaatsen van een stuw

9.4.1 Verwijderen of onklaar maken van drainage

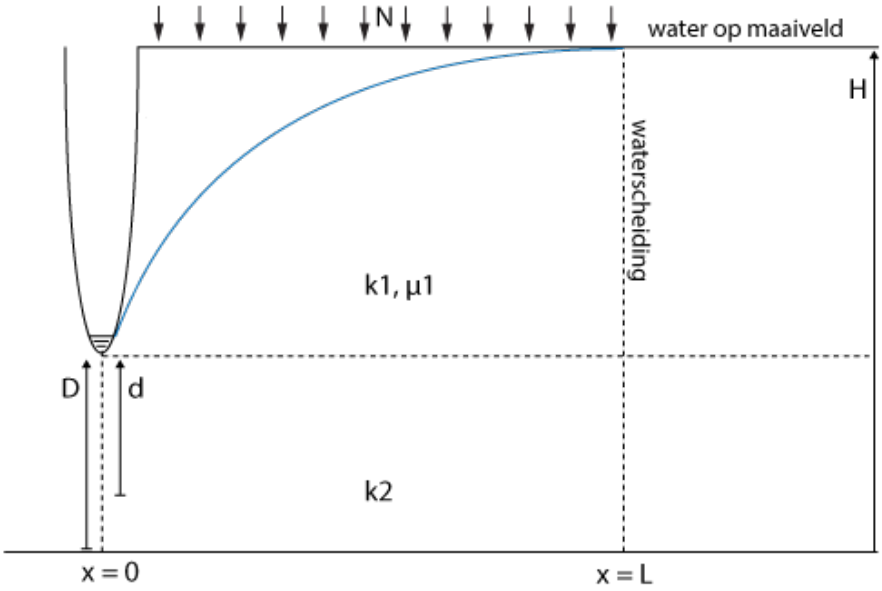
Verwijderen of onklaar maken van drainage betekent een grondwaterstandsverandering over het oppervlakte waar de drainage ligt, veelal het gehele perceel. Hydrologisch gezien maakt het verwijderen of onklaar maken geen verschil, het belangrijkste is dat de buisdrainage niet meer kan functioneren. Het gebruik van veldkenmerken, de ondergrond, het functioneren van de huidige drainagemiddelen, en vergelijken van het gedraineerde perceel met vergelijkbare percelen zonder drainage, levert een expert-inschatting op van de nieuwe grondwater-situatie. Drainage heeft met name invloed op de hoge grondwaterstanden, omdat de drainagemiddelen zo zijn aangelegd dat ze de pieken in grondwaterstand afvangen maar nog boven de laagste grondwaterstanden liggen om niet teveel verdroging te veroorzaken.

Drainage ligt in enkele percelen van Savendonk-Buitenkamp. Deze gedraineerde percelen hebben een vergelijkbare bodemopbouw en geohydrologische ondergrond als de percelen ten oosten hiervan. Daarom is het aannemelijk dat het effect van het verwijderen van drainage zorgt voor grondwaterstanden die overeenkomen met de naastgelegen percelen. Dit komt neer op een GVG-verhoging van 30-40 cm naar een GVG van circa 45 cm-mv bij het verwijderen of onklaar maken van de drainage.

9.4.2 Verondiepen of dempen watergang / plaatsen van stuw

Voor de verondieping van de waterlopen is berekend hoe ver deze verhoging doorwerkt in de percelen. Hierbij is uitgegaan van GVG-situatie. Voor het verondiepen maken we de aanname dat het ophogen van de slootbodem een even zo grote peilverhoging van het oppervlaktewater veroorzaakt. Het plaatsen van een stuw is hydrologisch gezien hetzelfde als een verondieping, zolang er water over de stuw blijft stromen. In natte winter- en vroege voorjaarssituaties is dit het geval.

Het verondiepen van een watergang zorgt voor een uitstralingseffect naar de omliggende percelen. Voor de bepaling van de effecten van sloten parallel aan de grondwaterstroming is de formule van Perrochet en Musy (1992) gehanteerd. Deze gaat uit van een situatie waarbij de grondwaterstand op afstand L van de waterloop tot aan maaiveld komt, waarbij het neerslagoverschot afstroomt over maaiveld. Daardoor is er geen verhang meer in de grondwaterspiegel en ontstaat er een waterscheiding. Dit is gevisualiseerd in figuur 9.4. De methode staat omschreven op www.grondwaterformules.nl, hier wordt volstaan met een samenvatting.



Figuur 9.4 - Invloedsafstand van een watergang op een gebied met water op het maaiveld (bron: www.grondwaterformules.nl).

Onder relatief natte omstandigheden zal zich snel een evenwichtssituatie instellen zodat gerekend mag worden met stationaire stroming. Bij een constante neerslag N wordt de breedte van het gebied met verlaging van de grondwaterstand (afstand L) berekend met een vergelijking voor stationaire stroming (zie ook www.grondwaterformules.nl):

$$L^2 = \frac{\kappa}{N}$$

De grootheid K beschrijft de doorlatendheid van de bodem en is gedefinieerd als:

$$\kappa = k_1(H - D)^2 + 2k_2d(H - D)$$

De dikte van de equivalentlaag d wordt berekend met één van de volgende twee formules, afhankelijk van de verhouding tussen de pakketdikte D en de afstand L. Voor een situatie met een dunne watervoerende laag onder de sloot (L > 2D) geldt:

$$d(L) = \frac{\pi D\, L}{4D\, ln\left(\frac{D}{u}\right) + \pi L}$$

Verklaring van symbolen:

L	breedte van de strook met verlaging van de grondwaterstand (m)
N	grondwateraanvulling (m/dag)
k	doorlatendheid van het watervoerende pakket (m/dag)

H	dikte van het watervoerend pakket in het gebied met grondwaterstand aan maaiveld (m)
D	dikte van het watervoerend pakket het niveau van de waterspiegel in de sloot (m)
d	dikte van de equivalentlaag, een reductie op laagdikte D om rekening te houden met radiale stroming bij de onvolkomen sloot (m)
u	de natte omtrek van de sloot of drainbuis (m)

Voor de berekening van de effecten in Savendonk is uitgegaan van de volgende parameters:

- de doorlatendheid k1 voor zand is 1 m/dag, de doorlatendheid voor leem k2 is 0,05 m/dag (op basis van Bot, 2011)
- in natte situaties is de grondwateraanvulling circa 2,5 mm/dag
- voor de dikte van het watervoerend pakket H is 2 m aangehouden
- de dikte D van het pakket leem onder de waterspiegel is afhankelijk van de slootbodemdiepte (H-D)
- de natte omtrek u van de watergang is 1 m

De breedte van de verlaging L kan beschouwd worden als de maximale afstand waarover een vernattend effect van een gedempte watergang, verondieping of peilverhoging door een stuw kan optreden. Een negatief uitstralingseffect treedt op in natte winter- of voorjaarssituatie met veel neerslag en water aan maaiveld. De meest extreme maatregel is het dempen van de diepste watergang van 1,6 m in het gebied (worst case). Met deze diepte, de bovenstaande geohydrologische schematisatie en de formules van Perrochet en Musy (1992) komt de invloedsafstand met een vernattend effect uit op een maximale lengte L van 32 m. Bij een gemiddelde verondieping van een watergang van 1,0 m diep naar 0,3 m is de invloedsafstand een lengte L van 21 m. Het dempen van een greppel van 0,6 m levert een invloedsafstand L van 13 m op.

Op basis van deze effectberekeningen kan geconcludeerd worden dat de invloedsafstand van deze maatregelen maximaal 32 m bedraagt. Voor het merendeel van de maatregelen ligt het uitstralingseffect in de orde van grootte van 10 tot 20 m. Doordat de maatregelen aan de randen van het nieuw om te vormen natuurgebied in beide scenario's beperkt zijn, is het negatieve uitstralingseffect van deze maatregelen naar de omgeving zeer gering.

9.5 Uitvoering

Het dempen of verondiepen van sloten of greppels moet met zorg gebeuren, om te voorkomen dat gedempte watergangen verdicht raken, de natuurlijke grondwaterstroming belemmeren en als lijnvormige elementen met verdichte vegetatie zichtbaar blijven in het landschap. Voordat een watergang gedempt of verondiept wordt, moet deze eerst worden opgeschoond en het organisch materiaal van de watergangkant en -bodem afgevoerd worden, of over het naastgelegen perceel te worden verspreid. Voor het dempen of verondiepen moet gebiedseigen grond uit de omgeving met een vergelijkbare textuursamenstelling gebruikt worden. De grond in de gedempte of verondiepte watergang wordt laagsgewijs verdicht om ongelijke nazakking te voorkomen. De gedempte watergangen worden afgedekt met bovengrond die vergelijkbaar is met bovengrond in de omgeving.

Voor het onklaar maken van de drainage kan getracht worden deze te verwijderen door uit te graven en los te trekken. Omdat dit veel inspanning kost met machinale bewegingen inclusief kans op verdichting van de bovengrond, kunnen de drainagebuizen ook afgedopt worden met zwelklei. Laat de werkzaamheden uitvoeren door een kundig grondverzetbedrijf met ervaring in natuuromvorming.

9.6 Aanbevelingen

Bij de analytische benadering voor het bepalen van grondwatereffecten zijn noodzakelijke aannames gemaakt. Het is niet eenvoudig om in een geohydrologische complex gebied met ondiepe storende leemlagen natschade-effecten te kwantificeren. De gehanteerde methoden zijn een versimpeling van de werkelijkheid, zoals elk (hydrologisch) model dat is. In de praktijk kunnen niet-voorziene effecten optreden die voor meer (of minder) natschade zorgt. Daarom is het belangrijk de effecten van hydrologische maatregelen middels grondwatermonitoring te blijven volgen. Het is aan te bevelen om peilbuizen te plaatsen op kritische locaties in het onderzoeksgebied, bijvoorbeeld bij erven.

Uiteindelijk moet het inrichtingsplan met de voorgestelde maatregelen uitgewerkt worden in een definitief ontwerp. Dit inrichtingsplan is de leidraad voor hydrologische herstelmaatregelen, de exacte bodemdiepteverhogingen, stuwtype, -locatie en het stuwbeheer moeten meer in detail vastgesteld worden. Voor zover dat nog niet bekend is, moeten de waterloopdimensies van de belangrijkste B-watergangen nauwkeurig ingemeten worden.

Referenties

Bot, A.P. 2011. Grondwaterzakboekje. Uitgegeven door Bot Raadgevend Ingenieur. www.grondwaterzakboekje.nl

Den Oetelaar, G. en N. de Koning, 2020. Projectplan versterking leembossen, inrichtings- en beheerplan Savendonk. Versie 29 januari 2020. ARK Natuurontwikkeling, Nijmegen.

Bakker, H.J. de en J. Schelling, 1989. Systeem van Bodemclassificatie voor Nederland; de hogere niveaus. Tweede gewijzigde druk, bewerkt door D.J. Brus en C. van Wallenburg. PUDOC, Wageningen.

Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en Voorschriften. Technisch Document 19A, B, C en D. DLO-Staring Centrum, Wageningen.

Hommel, P.W.F.M, H.P.J. Huiskes, J. den Ouden, H. Siebel, N.A.C. Smits en H.F. van Dobben, 2008. Herstelstrategie H9160A: Eiken-haagbeukenbossen (hogere zandgronden).

Hommel, P. 2020. Website O+BN. http://www.natuurkennis.nl

Kemmers, R.H., S.P.J. van Delft, M.C. van Riel, P.W.F.M. Hommel, A.J.M. Jansen, B. Klaver, R. Loeb, J. Runhaar en H. Smeenge, 2011. De landschapsleutel, een leidraad voor een landschapsanalyse. Rapport 2140. Alterra, Wageningen.

Perrochet, P. en A. Musy, 1992. A simple formula to calculate the width of hydrological buffer zones between drained agricultural plots and nature reserve areas. Irrigation and Drainage Systems 6: 69-81.

Runhaar, J. en S.M. Hennekens, 2014. Hydrologische randvoorwaarden natuur, versie 3. Gebruikershandleiding Waternood 3. Stowa, Wageningen UR en KWR.

Runhaar, J., M. H. Jalink, H. Hunneman, J.P.M. Witte en S.M. Hennekens, 2009. Ecologische vereisten habitattypen. Rapport 09.018. KWR, Nieuwegein.

Stiboka, 1984a. Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000; herziene uitgave. Blad 45 West 's- Hertogenbosch. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

Stiboka, 1984b. Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000; herziene uitgave. Blad 51 West Eindhoven. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

Stowa, 2005. HELP-2005. Uitbreiding en actualisering van de HELP-tabellen teen behoeve van het Waternood-instrumentarium. Rapport 2005-16. Stowa, Utrecht.

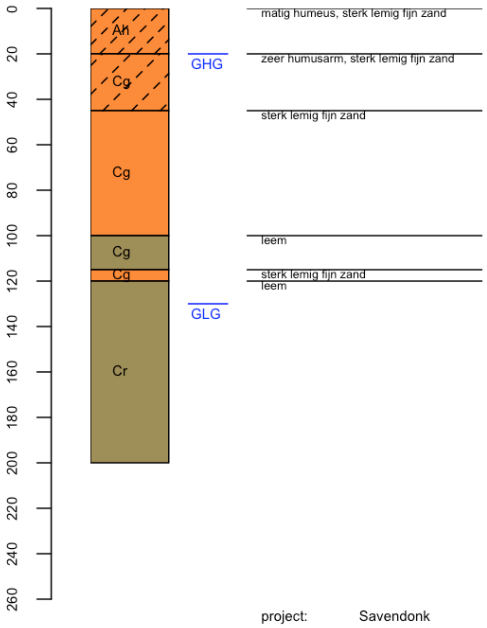
Tomassen, H., 2020. Bodemchemisch onderzoek ten behoeve van de ontwikkeling van leembossen in het Groene Woud, conceptrapportage. Rapportnummer RP-20.061.20.96, B-WARE, Nijmegen.

Veldhuizen, E.T.A van en M.P.J. Janssens, 2020. Plangebied Savendonk te Liempde, gemeente Boxtel; archeologisch vooronderzoek: een bureauonderzoek. ISSN 0925-6229, RAAP, Weesp.

Westerhof-Graafstal, H., A. Sterk en G. Karimlou, 2020. Domingo2018. Datum 29 juni 2020, Waterschap de Dommel, Boxtel.

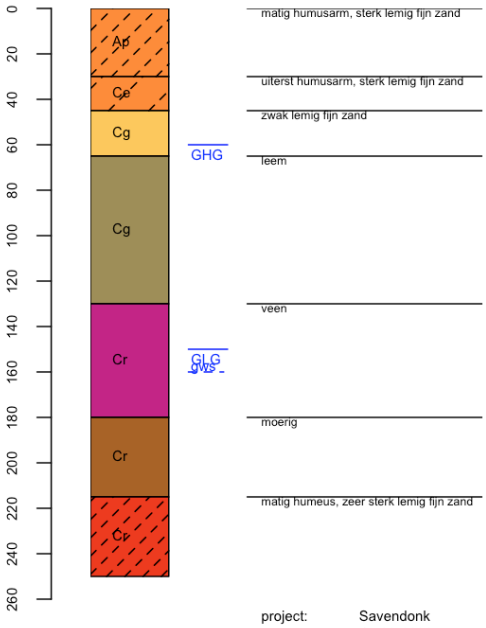
Bijlage 1 Boorprofielen

Boring 1



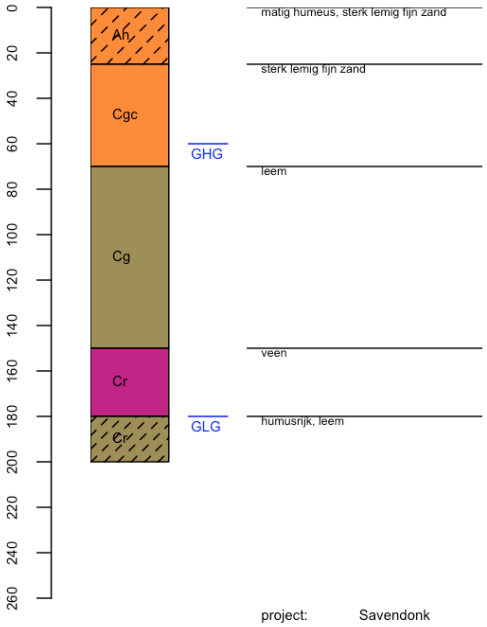
project: Savendonk
datum: 17-09-2020
boormeester: Joris Schaap
X: 154126
Y: 400256
maaiveld: 7.76 m+NAP

Boring 2



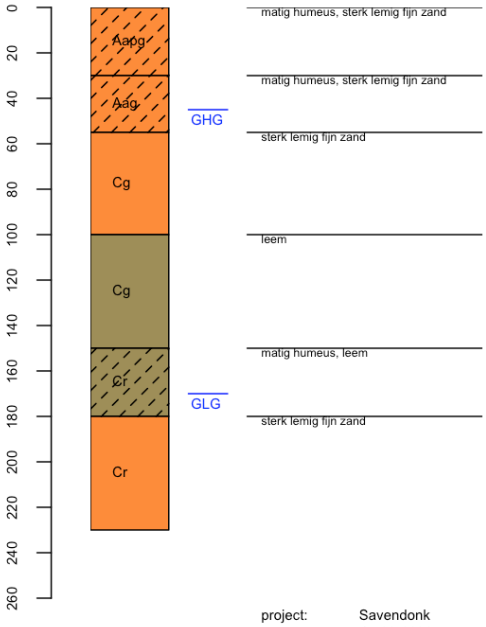
project: Savendonk
datum: 17-09-2020
boormeester: Joris Schaap
X: 153876
Y: 400635
maaiveld: 7.31 m+NAP

Boring 3



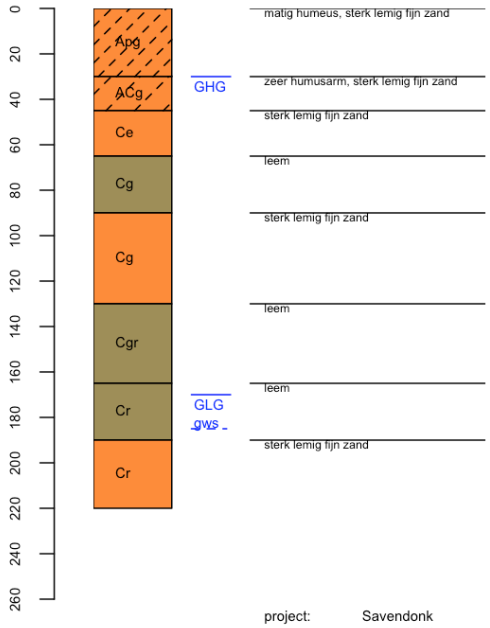
project: Savendonk
datum: 17-09-2020
boormeester: Joris Schaap
X: 153690
Y: 400353
maaiveld: 7.31 m+NAP

Boring 4



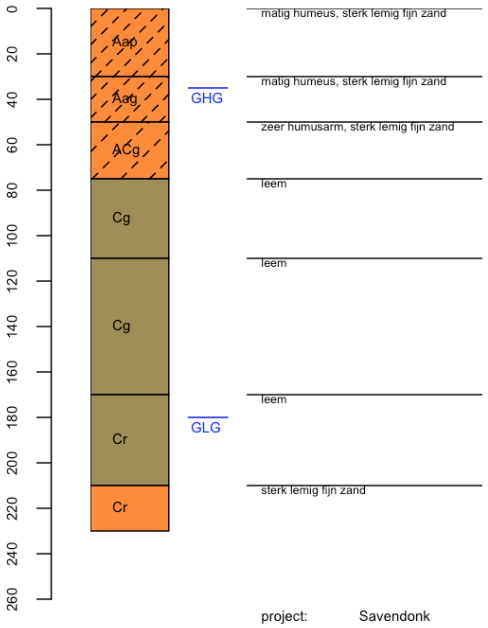
project: Savendonk
datum: 17-09-2020
boormeester: Joris Schaap
X: 152892
Y: 400482
maaiveld: 7.06 m+NAP

Boring 5



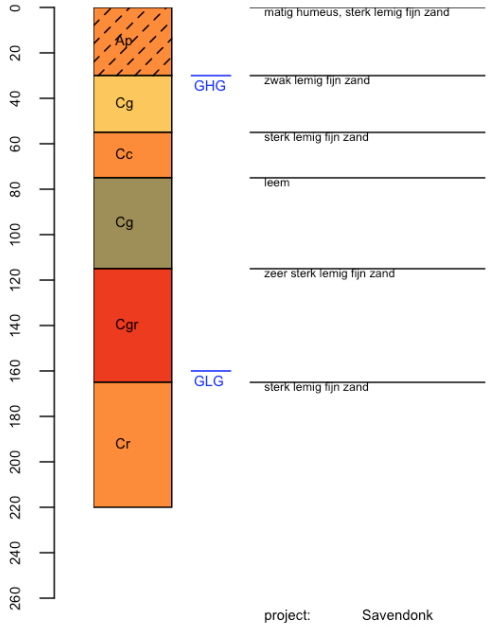
project:	Savendonk
datum:	25-09-2020
boormeester:	Joris Schaap
X:	152956
Y:	400157
maaiveld:	7.16 m+NAP

Boring 6



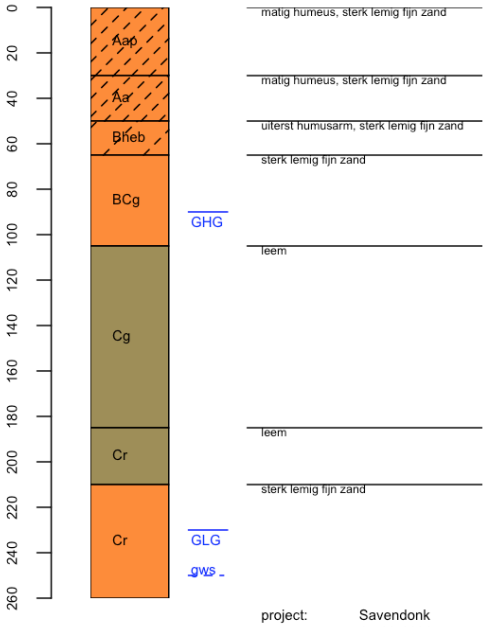
project:	Savendonk
datum:	25-09-2020
boormeester:	Joris Schaap
X:	153116
Y:	400188
maaiveld:	7.33 m+NAP

Boring 7



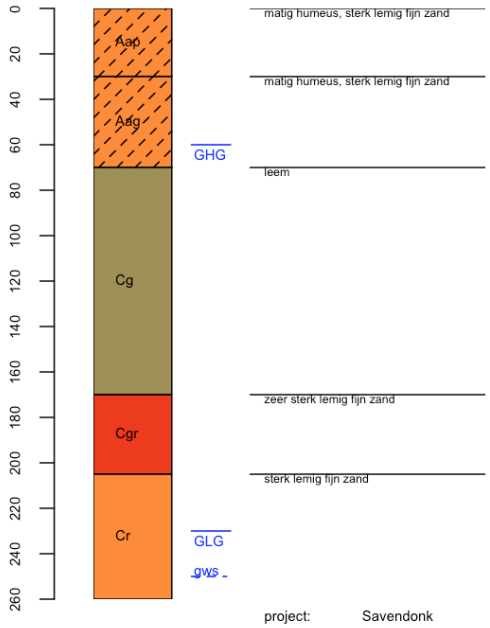
project:	Savendonk
datum:	25-09-2020
boormeester:	Joris Schaap
X:	153279
Y:	400209
maaiveld:	7.27 m+NAP

Boring 8



project:	Savendonk
datum:	25-09-2020
boormeester:	Joris Schaap
X:	153512
Y:	400244
maaiveld:	7.86 m+NAP

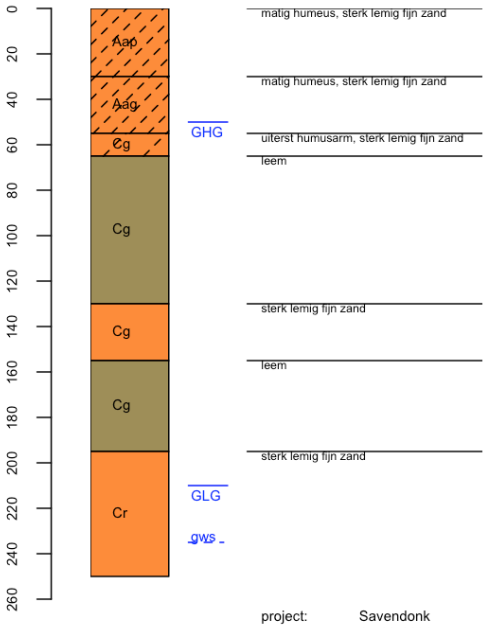
Boring 9



BADVS
bodem & water

project:	Savendonk
datum:	25-09-2020
boormeester:	Joris Schaap
X:	153408
Y:	400101
maaiveld:	7.74 m+NAP

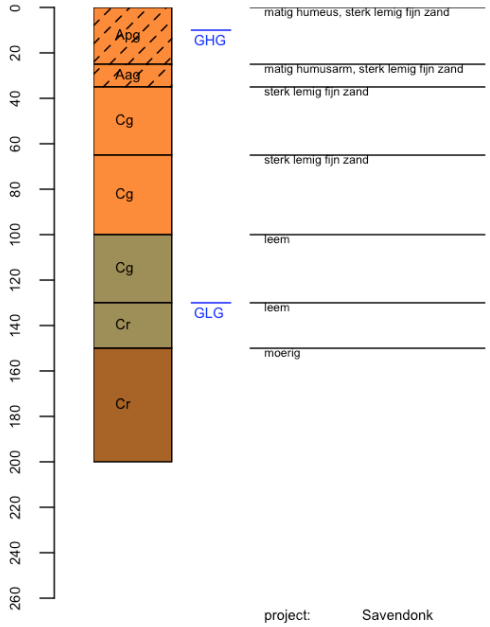
Boring 10



BADVS
bodem & water

project:	Savendonk
datum:	25-09-2020
boormeester:	Joris Schaap
X:	153388
Y:	399879
maaiveld:	7.68 m+NAP

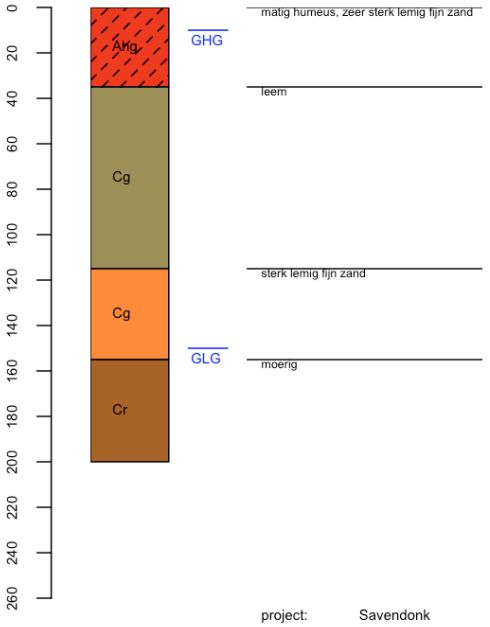
Boring 11



BADVS
bodem & water

project:	Savendonk
datum:	27-10-2020
boormeester:	Joris Schaap
X:	152991
Y:	400699
maaiveld:	7.10 m+NAP

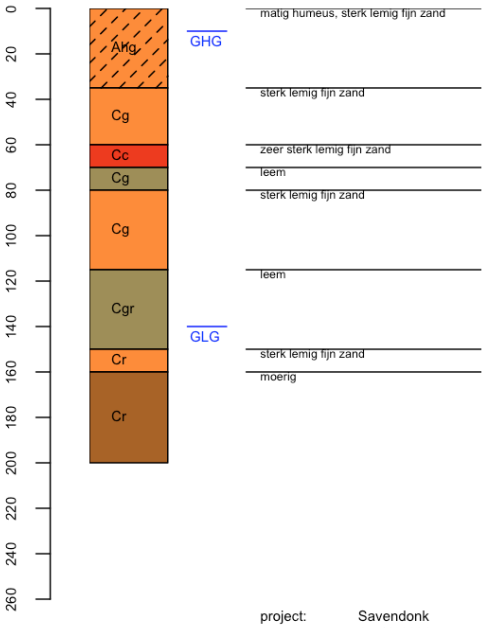
Boring 12



BADVS
bodem & water

project:	Savendonk
datum:	27-10-2020
boormeester:	Joris Schaap
X:	153931
Y:	400159
maaiveld:	7.44 m+NAP

Boring 13

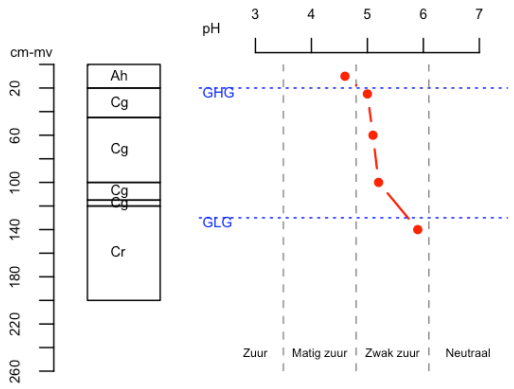


project:	Savendonk
datum:	27-10-2020
boormeester:	Joris Schaap
X:	153956
Y:	400436
maaiveld:	7.42 m+NAP

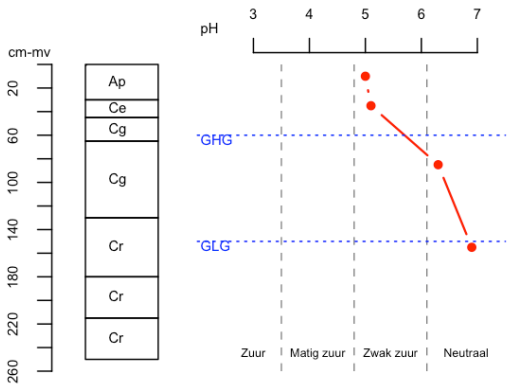
BADVS
bodem & water

Bijlage 2 pH-profielen

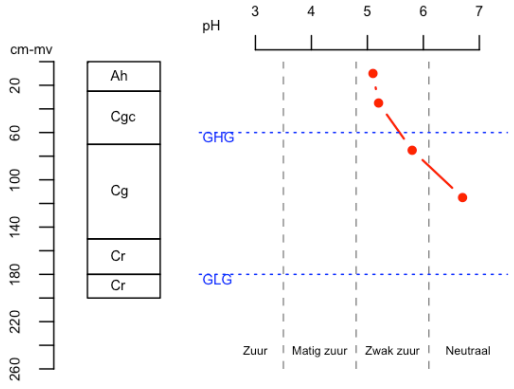
Boring 1



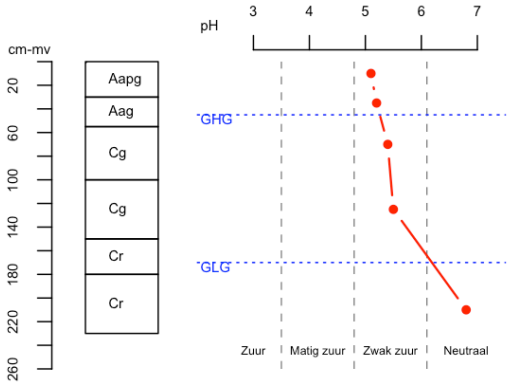
Boring 2



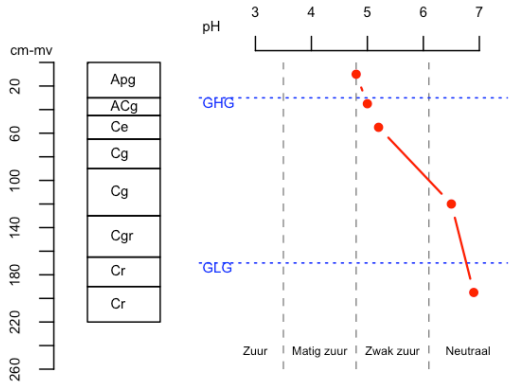
Boring 3



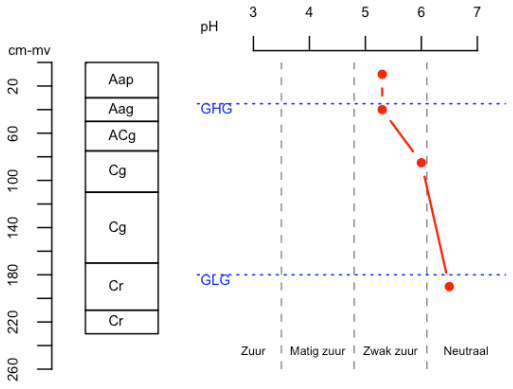
Boring 4



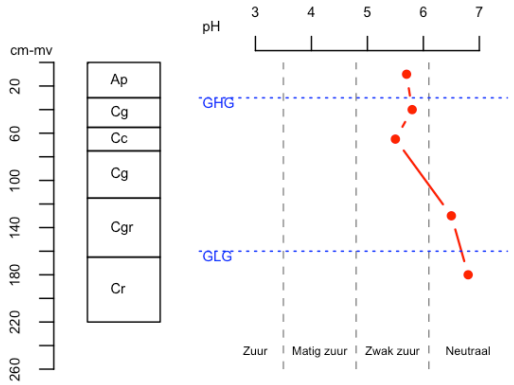
Boring 5



Boring 6

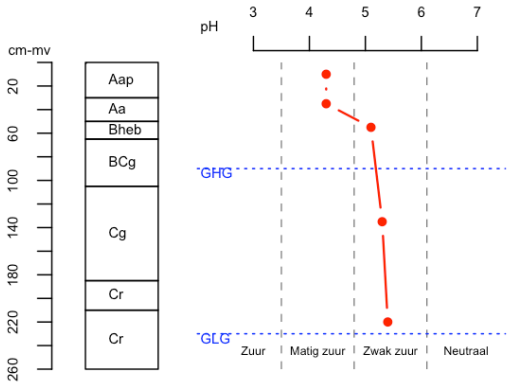


Boring 7



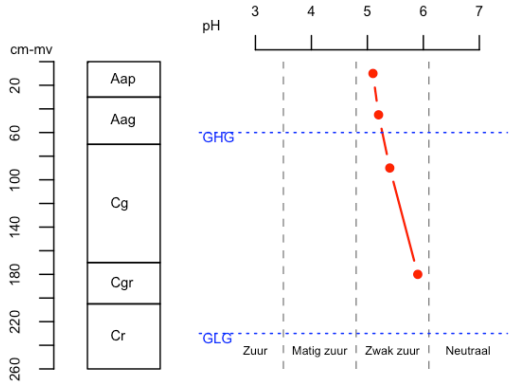
BADVS
bodem & water

Boring 8



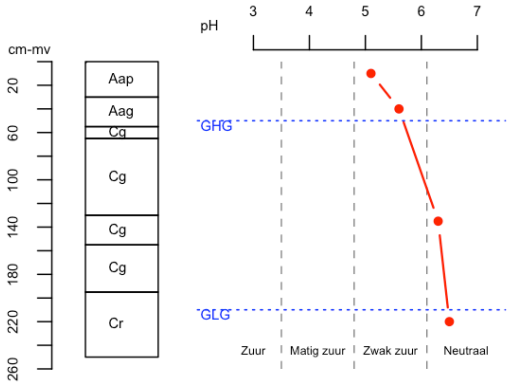
BADVS
bodem & water

Boring 9



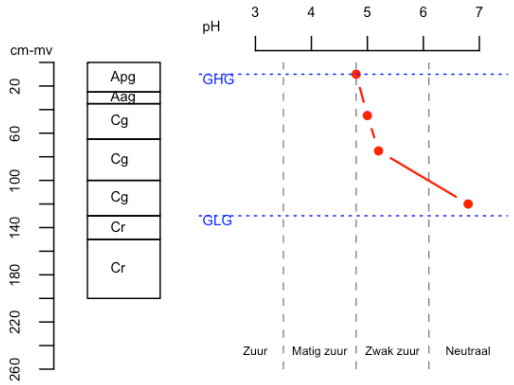
BADVS
bodem & water

Boring 10



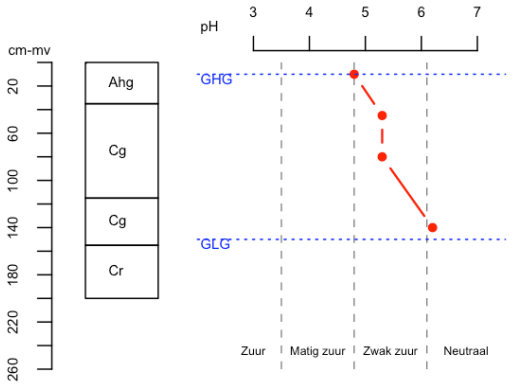
BADVS
bodem & water

Boring 11



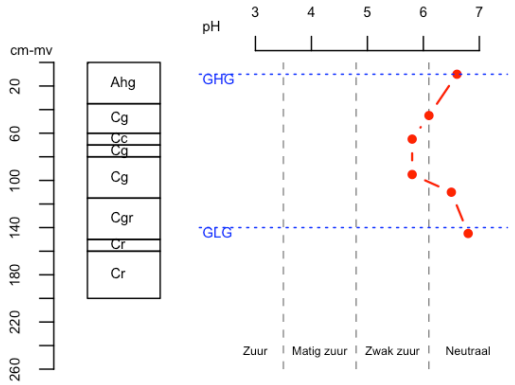
BADVS
bodem & water

Boring 12



BADVS
bodem & water

Boring 13



BADVS
bodem & water

Bijlage 3 Peilbuisreeksen

