



**Bosgroepen**

# **Naar een gezonde bosgroeiplaats voor een veerkrachtig bos**

een praktische handleiding voor beheerders

**Bosgroep Midden Nederland**



## **Colofon**

**Opdrachtgever:** Provincie Gelderland  
Dit onderzoek is mede mogelijk gemaakt dankzij een bijdrage uit één van de fondsen van SBNL Natuurfonds, het Nora Croin Michielsens Fonds

**Titel:** Naar een gezonde bosgroeiplaats voor een veerkrachtig bos – een praktische handleiding voor beheerders

**Status:** Definitief

**Datum:** 22 maart 2022

**Auteur(s):** H. Smeenge, A.A.M. Kieskamp, G.H. Bulten en M.E.A. Broekmeijer

**Projectgroep:** W. Delfortherie, P. Westerhof, M. de Graaf en L. van den Berg

**Foto's:** A.A.M. Kieskamp & H. Smeenge

**Kaartmateriaal:** Copyright © 2022, Dienst voor het kadaster en openbare registers, Apeldoorn

**Projectnummer:** 19.52.10301.03

© Coöperatie Bosgroep Midden Nederland u.a., maart 2022

Postbus 8135  
6710 AC Ede  
t (0318) 67 26 26  
[www.bosgroepen.nl](http://www.bosgroepen.nl)



# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
1.1	Aanleiding	4
1.2	Voor wie en waarvoor is deze handleiding bedoeld?	5
1.3	Leeswijzer	7
<b>2</b>	<b>Passende maatregelen voor een gezonde bosgroeiplaats</b>	<b>8</b>
2.1	Perspectieven voor verschillende bodems	8
2.2	Beslisboom Revitalisering Bosbodems	10
<b>3</b>	<b>Inleiding in bosgroeiplaatsen</b>	<b>13</b>
3.1	Bodemtype als basis	13
3.2	Bodemtypen en hun belangrijkste kenmerken	14
3.3	Bodemtypen en bijbehorende waterhuishouding	17
<b>4</b>	<b>Vaststellen van de natuurlijke groeiplaats en actuele situatie van uw bos</b>	<b>18</b>
4.1	Inleiding	18
4.2	Bureaustudie	18
4.3	Verkenkend veldonderzoek	26
4.4	Uitgebreid veldonderzoek	30
	<b>Literatuur</b>	<b>31</b>
	<b>Bijlagen</b>	
	Bijlage 1: Veldformulier met toelichting	
	Bijlage 2: Protocol uitgebreid veldonderzoek	



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Bossen vervullen diverse functies. Denk aan het behoud van biodiversiteit, hun bijdrage aan de kwaliteit van onze leefomgeving en het filteren van ons water en de lucht die we inademen. Maar ook erosiebestrijding en het vastleggen van CO<sub>2</sub>. Bovendien leveren bossen met hun hout één van de meest duurzame grondstoffen.

Het gebruik van bossen is door de eeuwen heen sterk veranderd (Tekstkader 1). Gelderland is momenteel de meest bosrijke provincie van Nederland<sup>1</sup>, maar tot 200 jaar geleden was er nauwelijks bos. De zogenaamde 'woeste gronden' werden pas vanaf 1850 bebost met hoofdzakelijk grove den met aanvankelijk vooral een productiefunctie. Sindsdien hebben grote veranderingen plaatsgevonden die doorwerken in de kwaliteit van deze bossen (Tekstkader 1). De grondwaterstanden daalden sterk met verdroging en verzuring als gevolg. Vanaf de jaren '50 ontwikkelde de landbouw zich sterk, evenals verkeer en industrie. De mensen beïnvloedden het milieu sneller en intensiever dan tijdens de perioden daarvoor. Emissies van stikstof en zwavel leidden tot verzuuring van de bossen en verdere verzuring van de bodem.<sup>2</sup>

Verzuring is een afname van de buffercapaciteit<sup>3</sup> van de bodem die van nature plaatsvindt. Relatief zure bossen zijn kenmerkend voor de Pleistocene zandgronden door de uitloging vanuit het neerslagoverschot die vanaf het laatste glaciaal plaatsvond.<sup>4</sup> De verzuring werd echter zeer sterk versneld door de huidige (en historische) zuurdepositie veroorzaakt door de mens. De bodemchemie van de bossen is hierdoor uit balans geraakt<sup>5</sup> door zowel de verzuring vanuit de lucht als de verminderde mineralenbuffering vanuit het grondwater.<sup>6</sup> De achteruitgang van het bodemleven wordt hier direct aan gerelateerd. In de verzuurde bodems zijn nauwelijks wormen of ander voedsel voor vogels te vinden.<sup>7</sup> Ook de bomen hebben te lijden onder deze arme, verzuurde omstandigheden, zo is er een relatie met eikensterfte.<sup>8</sup>



*Figuur 1: Groep afgestorven zomereiken binnen Het Nationale Park De Hoge Veluwe met natuurlijke verjonging van grove den en douglas.*

---

<sup>1</sup> [www.clo.nl](http://www.clo.nl)

<sup>2</sup> Crutzen & Stoerner, 2000; Braje, 2015

<sup>3</sup> De Graaf et al., 1997

<sup>4</sup> Iversen, 1958.

<sup>5</sup> onder andere: Smeenge & Kieskamp in voorbereiding.

<sup>6</sup> Van den Berg et al., 2018, Desie et al., 2019, Desie et al., 2020.

<sup>7</sup> Pabian, et al., 2012; Van den Burg, 2017.

<sup>8</sup> Oosterbaan et al., 2014.



Een gezonde bosgroeiplaats is noodzakelijk voor vitaal bos. En alleen vitaal bos kan alle functies vervullen die bossen ons bieden. Onder de huidige bedreigingen van verzuring, verdroging en klimaatverandering zijn een gezonde bosbodem en vitaal bos van groot belang. Immers, vitaal en veerkrachtig bos is beter weerbaar tegen extreme omstandigheden. Door de vitaliteit te verbeteren, kan bos veilig worden gesteld voor toekomstige generaties. Dat is niet alleen nodig in bossen binnen het Natura 2000-netwerk of het Natuurnetwerk Nederland, maar in álle bossen.

Een gezonde bosgroeiplaats en een vitaal bos kan worden bevorderd met tal van maatregelen. **Inzicht in de historische en huidige eigenschappen** van een specifieke bosgroeiplaats helpt om te bepalen wat **noodzakelijk én passend** is qua **herstel en beheer** in een bos met een verzuurde bodem. Deze handleiding is opgesteld om beheerders te helpen met het vormen van een beeld van de huidige kwaliteit en potenties van zijn bosgroeiplaatsen: als het ware het stellen van een ‘diagnose’. Welke maatregelen vervolgens zinvol zijn, hangt af van de specifieke bosgroeiplaats. Deze handleiding geeft via een aantal stappen handvatten voor herstel van de natuurlijke groeiplaats.

## 1.2 Voor wie en waarvoor is deze handleiding bedoeld?

Deze handleiding is bedoeld voor beheerders. Hij is gericht op herstel en behoud van gezonde en veerkrachtige bosgroeiplaatsen. Het doel van deze handleiding is om beheerders zelf een ‘diagnose’ te laten stellen van hun bosgroeiplaats. Of het zinvol is om vervolgens maatregelen te nemen, en zo ja welke, hangt af van de specifieke bosgroeiplaats. De handleiding geeft via een aantal stappen (Figuur 2) handvatten voor herstel van de natuurlijke groeiplaats.

Met ‘gezonde bosgroeiplaats’ wordt bedoeld: een veerkrachtige **bosbodem** met **mineralen- en waterhuishouding** passend bij de potentie op die locatie in huidige omstandigheden. Inzicht in de **historische bosgroeiplaats** helpt om te bepalen wat **noodzakelijk én passend** is qua **herstel en beheer** in een bos met een verzuurde bodem. Immers, vitale bodems leiden tot een vitaal bos en tot een optimale vervulling van alle functies/beheerdoelen van het bos.

Deze handleiding gaat in op de potentiële maatregelen voor verschillende bodemgroepen, uitgaande van de huidige toestand van de bodem. Opgenomen zijn maatregelen die gericht zijn op herstel van de mineralen- en waterhuishouding van de bosbodem. Daarnaast zijn ook andere maatregelen mogelijk voor versterking van de veerkracht van het gehele bosecosysteem, zoals inrichten OAD-netwerk, ontwikkelen gemengd structuurrijk bos of kleinschalig bosbeheer.



*Figuur 2: Stappenschema om te komen tot passende, locatie-specifieke maatregelen voor een gezonde bosgroeiplaats.*



*Tekstkader 1: Bosontwikkeling in Nederland in de tijd.*

Het gebruik van bossen is door de tijd gezien sterk gewijzigd. Voordat de mens landbouw ging bedrijven (ca. 5.000–4.200 v.C.) bestond Nederland op de venen na grotendeels uit een boslandschap. Vervolgens werden deze bossen steeds intensiever gebruikt voor bouwhout, brandstof, loofvoederwinning, beweidingsgebied of het steken van plaggen. Vanaf de middeleeuwen werd het bos zelfs schaars en werden strenge verordeningen opgesteld om het gebruik te beperken. Misbruik werd bestraft door ophanging of uithuisplaatsing. Vanaf de 17<sup>de</sup> eeuw werden eiken- en beuken aangeplant, telgenkampen (kwekerijen) aangelegd in het landelijk gebied en ontstonden er heel andere bossen dan die van nature voorkomen, blijkt uit onderzoek naar pollensamenstelling.<sup>9</sup> Tot in het begin van de 20<sup>ste</sup> eeuw werd strooisel gewonnen en tot aan de jaren '70 werden tak- en tophout verwijderd. Na de vondst van aardgas in de jaren '60 van de vorige eeuw werd het beheer van onze bossen gaandeweg anders. We kunnen stellen dat het bos en daarmee ook de ecologie in deze oude bossen diverse veranderingen hebben ondergaan in het samenspel tussen mens en natuur.

Winning van strooisel als meststof was tot in het begin van de 20<sup>ste</sup> eeuw een veel voorkomend verschijnsel. Op lange termijn betekent strooiselwinning een aanzienlijke verarming van de bosbodem, op kortere termijn een verhoging van de kans op vestiging van bosplanten.



Staatsbosbeheer / Foto Natura

*Bosbeeld in heidebebossing aan het begin van de 20ste eeuw. Bron: Hommel et al., 2007.*

Naast de ontwikkeling van deze 'oude bossen' zijn er de heidebebossingen, waaruit het grootste deel van de bossen in Gelderland bestaan. Vanaf de verdeling van de gemeenschappelijke ongecultiveerde gronden rond 1850 werden deze delen bebost met dennen, later ook eiken of beuken. Natte plekken werden ontwaterd door de aanleg van rabatten, tochtsloten en veelal werden de bodems bewerkt voorafgaand aan de aanplant. De Landelijke Werkgroep Kritisch Bosbeheer is in 1977 opgericht in reactie op deze intensieve houtteelt. Daarmee is langzaam een verandering ingezet en kwam ook het geïntegreerd bosbeheer. De klassieke productiebossen kwamen daardoor steeds minder voor. De productiedoelstelling van deze bossen is verbreed met natuurdoelstellingen waardoor er meer ruimte kwam voor loofhout, structuur, dood hout en natuurlijke verjonging.

<sup>9</sup> Koop & Smeenge, 2016; Smeenge, 2020.



### 1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 gaat in op passende maatregelen voor gezonde bosgroeiplaatsen, waarbij eerst perspectieven voor verschillende bodemgroepen worden geschetst, waarna de beslisboom is opgenomen en toegelicht.

Hoe de natuurlijke bosgroeiplaats en de actuele situatie voor uw bos kan worden vastgesteld wordt uitgelegd in hoofdstukken die hierna volgen:

- Hoofdstuk 3 geeft een inleiding in de verschillende bosgroeiplaatsen.
- Hoofdstuk 4 betreft een handleiding waarmee de natuurlijke en actuele groeiplaats voor uw bos bepaald kunnen worden.



## 2 Passende maatregelen voor een gezonde bosgroeiplaats

### 2.1 Perspectieven voor verschillende bodems

Eén van de belangrijkste maatregelen voor gezonde bosgroeiplaatsen is het terugdringen van de huidige stikstofdepositie. Dit is – zeker door een beheerder – niet op korte termijn op te lossen. Toch is een aantal perspectieven voor handen om de kwaliteit van de groeiplaatsen te verbeteren. Dit perspectief hangt af van de historische en actuele bosgroeiplaats. De historische en actuele bosgroeiplaats zijn af te leiden uit het bodemtype. Uit het onderzoek naar fossiele bosbodems in Gelderland<sup>10</sup> volgen grofweg vier **groepen van bodemtypen**, waarvoor de perspectieven voor herstel naar een gezonde bosgroeiplaats verschillen (Tabel 1).

*Tabel 1: Vier groepen met bodemtypen gecategoriseerd op mineralenrijkdom, volgend uit het bosbodemonderzoek Gelderland door Kieskamp & Smeenge (2022).*

	Groep	Omschrijving standplaats	Bodemtypen (o.a.)
1	Rijke bodems	Met klei of leem en/of grondwatervoeding	Keileemgrond Leekeerdgrond Oude rivierklei Beekeerdgrond
2	Matige rijke bodems	Op (gestuwd) rivierzand	Holtpodzolgrond
3	Arme (droge) bodems	Dekzand	Haarpodzolgrond
4	Arme (vochtige) bodems	Dekzand	Veldpodzolgrond Gooreerdgrond

#### 2.1.1 Rijke bodems

Rijke bodems hebben bodemchemisch gezien een beperkt risico op verzuring. Door ontwatering en stikstofdepositie kan de bodem echter alsnog verzuren. De buffering van rijke bodems is te versterken door middelen van hydrologische maatregelen, daar waar mogelijk. Denk aan het dempen van sloten en greppels, of verondiepen. Verder zijn op tal van dit soort plaatsen boomsoorten aangeplant met zuur en arm strooisel, waaronder fijnspar, beuk en eik, ten koste van soorten met rijker strooisel die op deze standplaatsen van nature voorkomen, zoals hazelaar, zoete kers, Europese vogelkers, iep en gewone es. Het vrijstellen van deze boom- en struiksoorten, in jonge fase bevoordelen of herintroduceren levert in combinatie met hydrologisch herstel een rijke en veerkrachtige bosgroeiplaats op.

#### 2.1.2 Matig rijke bodems

Onder de matig rijke bodems vallen de holtpodzolgronden (bruine bosbodems). Deze bodems vormen zich op wat rijker geologisch substraat zoals gestuwd rivierzand op de Veluwe, waardoor ze van nature weinig uitlogen. Uit het bosbodemonderzoek Gelderland kwam naar voren dat holtpodzolgronden ten opzichte van 150 jaar geleden zijn uitgelogd, maar ook 150 jaar geleden als zeer arm waren. Vermoedelijk zijn deze bodems als eeuwenlang aan het verzuren. Op de onderzochte locaties bleek op grotere diepte (1,2 m

---

<sup>10</sup> Kieskamp & Smeenge, 2022.





onder maaiveld) nog enige buffering aanwezig, maar zeer beperkt.<sup>11</sup> Deze bufferende stoffen kunnen alleen in de toplaag terecht komen via soorten met rijk (goed afbreekbaar) strooisel. Meestal zijn op tal van dit soort plaatsen boomsoorten aangeplant met zuur en arm strooisel, waaronder grove den, lariks, beuk en eik, ten koste van boom- en struiksoorten met rijker strooisel die op deze groeiplaatsen ook voorkomen, zoals winterlinde, zomerlinde, zoete kers, gewone esdoorn, veldesdoorn, noorse esdoorn, haagbeuk, fladderiep, boskers, grauwe els, Europese vogelkers en es.

De oplossingsrichting voor deze matig rijke bodems is in ieder geval het vrijstellen en in jonge fase bevoordelen van dergelijke rijk-strooiselsoorten. Bij het ontbreken van rijk-strooiselsoorten is aanplant gewenst. Wanneer de pH van de toplaag onder de 4,2 is, levert dit grote risico's op voor verdere verarming van de bodem en het uitsterven van restpopulaties (o.a. dalkruid, lelietje-van-dalen, grote muur, witte klaverzuring, bosanemoon). Aanbrengen van bufferende stoffen als steenmeel om de uitgeloopte toplaag in de omgeving van dit soort restpopulaties aan te vullen is in die situaties (pH<4,2) het overwegen waard.

### 2.1.3 Arme (droge) bodems

Arme (droge) bodems zijn van nature relatief zuur en arm, maar als gevolg van de stikstofdepositie verder verzuurd. In **oude, historische bossen** (paweg <1850) is in de loop van de tijd een dik humuspakket ontstaan. Deze bevat een waardevol bodemarchief (pollen, koolstof) en zijn schaars vertegenwoordigd. In dergelijke bossen dient men daarom terughoudend te zijn met het verhogen van de zuurbufferende capaciteit. Daarbij kan onderscheid worden gemaakt tussen bodems die tot op grote diepte zuur zijn en bossen waar nog wel 'iets te halen valt' met rijk-strooiselsoorten, doordat er bepaalde afzettingen zoals leem- of kleilagen met enige buffering in de ondiepe ondergrond aanwezig zijn.

In **jonge bossen** op arme (droge) bodems is de situatie anders. Dit betreffen veelal heidebebossingen vanaf 1850. In de loop van de tijd is het organisch-stofgehalte toegenomen<sup>12</sup> door het ouder worden van het bos en extensiever beheer van de bosbodem (het laten liggen van dood hout). Hierdoor is de totale som van bufferende stoffen toegenomen. Echter is door verzuring ook meer aluminium vrijgekomen, hetgeen in lage concentraties al giftig is voor planten en bomen. Alleen het aanplanten van rijk-strooiselsoorten heeft naar verwachting vrijwel geen effect op herstel van de (van nature al geringe) buffering. De vermoedelijke oplossingsrichting is daarom het aanbrengen van bufferende stoffen zoals steenmeel. De positieve ontwikkeling van meer organische stof in de bodem wordt hiermee aangevuld met een hogere beschikbaarheid van mineralen, zonder dat het ten koste gaat van de afbraak van organische stof (zoals bij het uitstrooien van kalk het geval is). Om het effect van deze maatregel te verduurzamen (namelijk de mineralen in de bosbodem te behouden) kan het worden gecombineerd met het vrijstellen of in jonge fase bevoordelen van rijk-strooiselsoorten met lagere nutriënteneisen ("kwartiermakers") zoals berk, ratelpopulier, boswilg, lijsterbes en vuilboom. Bij afwezigheid van deze soorten kan herintroductie worden overwogen. Aanbrengen van

---

<sup>11</sup> Kieskamp & Smeenge, 2022.

<sup>12</sup> Smeenge & Kieskamp in voorbereiding.



bufferende stoffen als steenmeel om de uitgeloopte toplaag (pH<4,2) aan te vullen is nodig. Het positieve effect hiervan is een grotere beschikbaarheid van mineralen, zonder dat dit tot verzuuring of uitloggen van basen gaat (zoals bij het uitstrooien van kalk het geval is).

#### **2.1.4 Arme (vochtige) bodems**

Arme (vochtige) bodems zijn meestal van nature relatief zuur (veldpodzolgronden), soms zeer zwak tot zwak gebufferd (gooreerdgronden). Deze bossen liggen vaak op rabatten, omdat ze van nature in de winter nat zijn. Herstel van de waterhuishouding is de eerste stap richting een gezonde bosgroeiplaats. Dit betekent dat rabatsloten en overige ontwateringen in het bos worden gedempt. Een andere mogelijkheid is het verminderen van de verdamping door het bos in het voorjaar, door donker naaldhout om te vormen naar loofhout. Op plekken waar laagtes ontbreken en grondwater niet de wortelzone van de bomen beïnvloedt, speelt eenzelfde situatie als bij de arme droge bodems en is aanbrengen van bufferende stoffen zoals steenmeel een mogelijke oplossingsrichting.

## **2.2 Beslisboom Revitalisering Bosbodems**

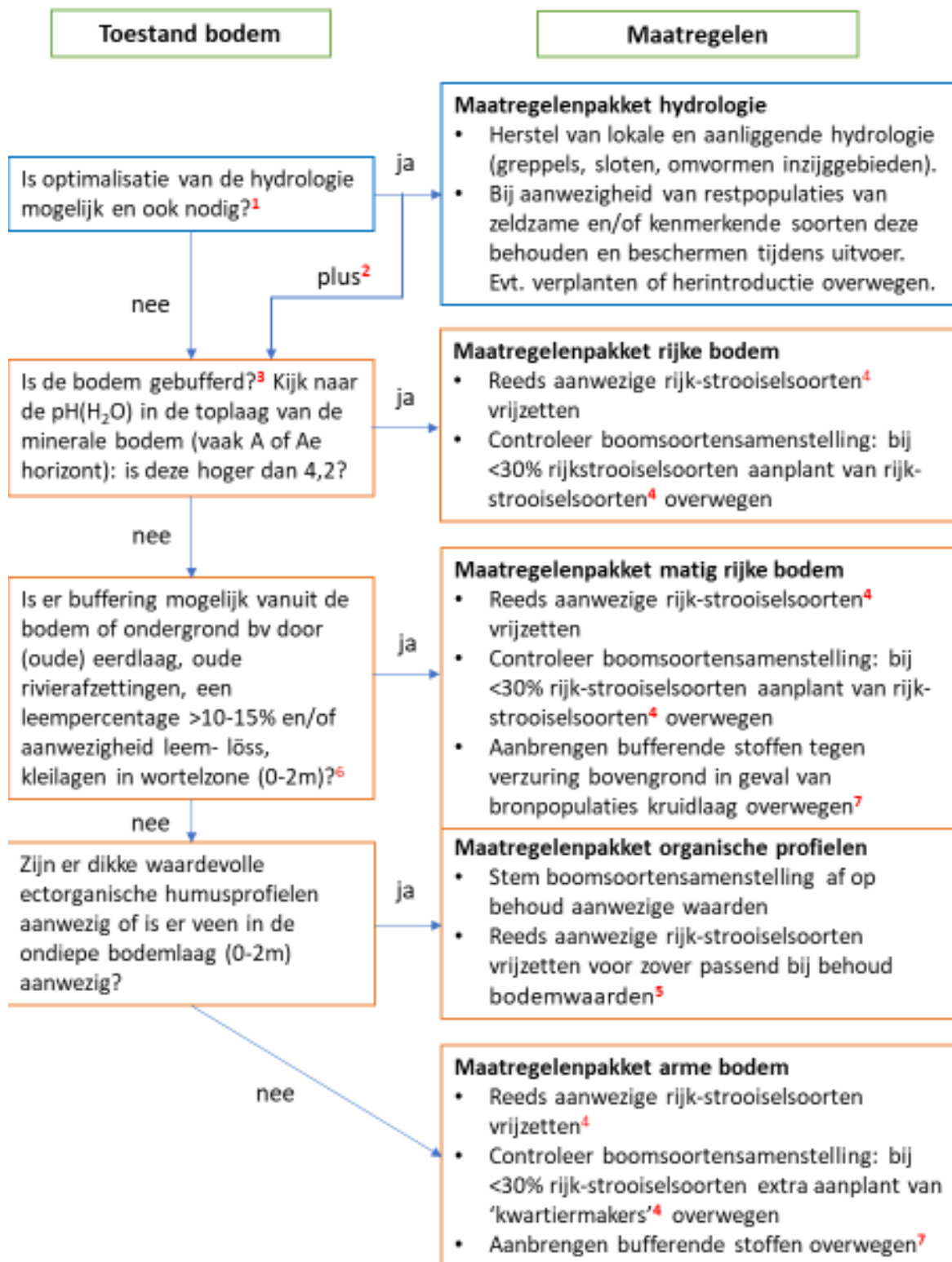
Nadat de natuurlijke bosgroeiplaats én de actuele situatie voor uw bos (mate van verzuring (pH), aanwezigheid van grondwaterinvloed, humusprofiel) is vastgesteld, kan onderstaande beslisboom worden doorlopen.

De maatregelen genoemd in deze beslisboom zijn *mogelijke* opties om toe te passen. Voor een besluit om de maatregel daadwerkelijk toe te passen is vaak nader onderzoek nodig, zoals een LESA (landschapsecologische systeemanalyse). Zo zal het bufferen van een arme bodem met steenmeel, alleen duurzaam zijn als het aandeel rijkstrooiselsoorten voldoende hoog is.

Opgenomen zijn maatregelen die gericht zijn op herstel van de mineralen- en waterhuishouding van de bosbodem. Daarnaast zijn ook andere maatregelen mogelijk voor versterking van de veerkracht van het gehele bosesysteem, zoals inrichten OAD-netwerk, ontwikkelen gemengd structuurrijk bos of kleinschalig bosbeheer.



## Beslisboom Bosbodem-Revitalisering



Figuur 3: Stappenschema om te komen tot passende, locatie-specifieke maatregelen voor een gezonde bosgroeiplaats voor een veerkrachtig bos.



### Opmerkingen bij de beslisboom

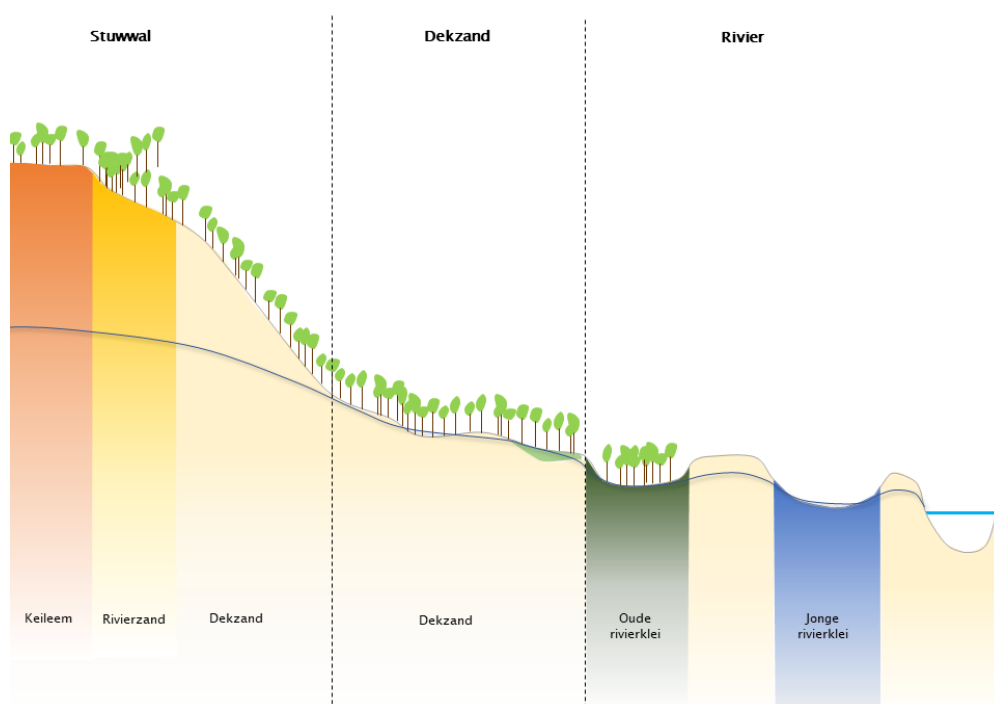
1. Hydrologie: de noodzaak voor optimalisatie hydrologie wordt bepaald na een onderzoek (LESA of soortgelijk). Het doel van hydrologische optimalisatie moet hierin naar voren komen. Maatregelen voor versterken buffering en vochtvoorzienig in het wortelpakket zijn soms andere maatregelen dan die voor vernatten.
2. De hydrologische maatregelen worden altijd in combinatie uitgevoerd met de andere bodem-maatregelen.
3. De vraag of een bodem gebufferd is kan gemeten worden aan diverse parameters. Onderzoek toont ons dat de mate van buffering sterk samenhangt met de pH, de basenverzadiging en de CEC. De pH is makkelijk te meten maar geeft een inschatting van de zuurgraad, niet per se de buffering. Het aantal bindingsplekken voor kationen (de CEC) en de bezetting daarvan door basische kationen (de basenverzadiging) zijn wellicht betere schattingen voor de buffering maar alleen te meten na chemische analyse. Een basenverzadiging van <20% toont ons dan dat de bodem verzuurd en weinig gebufferd is.
4. Rijk-strooiselsoorten stellen hoge tot weinig eisen aan de bodemrijkdom. Hier dient bij aanplant rekening mee gehouden te worden:
  - Rijk-strooiselsoorten voor rijke en matig rijke bodems: winterlinde, zomerlinde, gewone esdoorn, veldesdoorn, noorse esdoorn, haagbeuk, fladderiep, boskers, grauwe els, Europese vogelkers
  - Rijk-strooiselsoorten voor armere bodems met lagere nutriëntenbehoefte, ook kwartiermakers genoemd, zijn: berk, vuilboom, lijsterbes, ratelpopulier, boswilg (en Amerikaanse vogelkers daar waar deze aanwezig en in het boscosestroom in te passen is)
5. Ook gewenste zure bodems kunnen verzuurd zijn en verder verzuren. Een aandeel rijkstrooisel kan dit tegengaan.
6. De verschillen in buffering, mede als gevolg van historisch landgebruik kan op perceelniveau verschillen. Boringen in de bodem kunnen inzichtelijk maken of "rijkere" bodemlagen aanwezig zijn in de ondergrond. Op stuifzandruggen is het vaak arm maar in lager gelegen delen kan dit weer heel anders zijn. Dit maakt wel een verschil in maatregelen die hieruit voortvloeien.
7. Bufferende stoffen (zoals steenmeel) kunnen worden toegepast na zorgvuldig onderzoek van de bodemgesteldheid en de ecologische toestand van het betreffende gebied. De resultaten van het vooronderzoek worden vergeleken met de meest recente inzichten over de staat van de bodems en de effecten van bufferende stoffen op vergelijkbare bodems. Toepassing van bufferende stoffen gaat gepaard met een goede monitoring van de effecten op korte en lange termijn. Bij de toepassing van bufferende stoffen wordt rekening gehouden met de optimalisatie van lokale maar ook landschappelijke biodiversiteit.

### 3 Inleiding in bosgroeiplaatsen

Om het brede scala van bosgroeiplaatsen te identificeren en daarmee de meest passende maatregelen te kunnen opstellen voor een gezonder bos, is het vaststellen van het **bodemtype** een uitstekende ingang.

#### 3.1 Bodemtype als basis

Het bodemtype is namelijk een product van een combinatie van het geologisch substraat, het reliëf, het grond- en oppervlaktewater, de vegetatie en mens.<sup>13</sup> Grofweg zijn bodemtypen ontstaan door ofwel landijs (voorlaatste ijstijd), rivieren, wind of menselijke verstoringen. In Gelderland komen ze allemaal voor. Daarmee is er in potentie een heel grote ecologische variatie (Figuur 4).



*Figuur 4: Schematisch overzicht van de verschillende milieus van bossen, met de natuurlijke grondwaterspiegel als blauwe lijn weergegeven.*

Plekken buiten de invloed van grondwater zonder klei of leem verzuren van nature. Desondanks is de ene plek beter bestand tegen verzuring dan de andere. Dit komt door het verschil in geologische afzetting. Gestuwde rivierzanden op de Oost-Veluwe of lössafzettingen op de Zuid-Veluwe zijn rijker aan mineralen (holtpodzolgronden) dan kwartsrijke zanden van oostelijke herkomst of jong dekzand (haar- en veldpodzolgronden). Op deze haar- en veldpodzolgronden zijn minder mogelijkheden om middels systeemherstel (zoals herstel van de hydrologie) de verzuring tegen te gaan. In gebieden met een grote aardkundige variatie, zoals de Achterhoek, hoeft dit geen probleem te zijn. In grootschalige arme gebieden zoals delen van de centrale Veluwe zorgt het echter sneller voor het verdwijnen van bijzondere soorten.

<sup>13</sup> Jenny, 1941, 1980; Kemmers, 2002.



Niet alle plekken in het landschap zijn van nature even rijk aan mineralen. Op de droge delen van de hogere zandgronden komen overwegend zure ecosystemen voor door de beperkte aanwezigheid van mineralen in de bodem.<sup>14</sup>

Zure standplaatsen zijn kenmerkend voor de Nederlandse zandgronden en bestaan al sinds de prehistorie.<sup>15</sup> In Noord- en Oost-Nederland liggen de oudste boskernen vaak bij oude dorpen langs de es of individuele nederzettingen langs kampen. Ze worden holten genoemd en hebben vaak een ongestoorde bosbodem met een boomsoortensamenstelling van hoofdzakelijk eiken en in mindere mate beuken.<sup>16</sup> Kenmerkend voor deze bossen zijn holtpodzolgronden met dikke strooisel- en humuslagen die honderden jaren oud kunnen zijn.<sup>17</sup> Bossen met zo'n dik strooisel en humuspakket vormen daarmee een waar bodemarchief van pollen en koolstof. Ze dateren van ver voor de periode met stikstof- en zwaveldepositie.

Plekken die van nature (periodiek) invloed hebben van grondwater, zijn van nature minder gevoelig voor verzuring. Grondwater bevat namelijk dikwijls mineralen die zuren (H<sup>+</sup>) bufferen. Ontwatering door sloten of rabatten laat de invloed van deze bufferstoffen afnemen, met een verminderde bodemactiviteit van fauna als gevolg.<sup>18</sup> Het resulteert in dikke, onverteerde strooisellagen en afnemende beschikbaarheid van een minerale bodem waar de voor het bos kenmerkende flora van afhankelijk is. Deze ontwikkeling speelt vanaf de 19<sup>de</sup> eeuw en heeft samen met de verhoogde stikstofdepositie (vanaf de jaren '80) geleid tot een verdere verzuring van voorheen rijke bosgroeiplaatsen. Voor standplaatsen die van nature door grondwater zijn beïnvloed, liggen grote herstelkansen bij het uitvoeren van hydrologische maatregelen (zie 3.2; 3.3).

### 3.2 Bodemtypen en hun belangrijkste kenmerken

Binnen het in 3.1 geschetste landschap van stuwvallandschap, dekzandlandschap en rivierenlandschap zijn door processen zoals verwerking, roestvorming en overstroming verschillende bodemtypen ontstaan. Het bosbodemonderzoek in Gelderland, dat de basis vormt voor deze handleiding (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**), heeft zich gericht op **z even bodemtypen** (Figuur 5). Deze hebben allemaal een eigen water- en mineralenhuishouding.

---

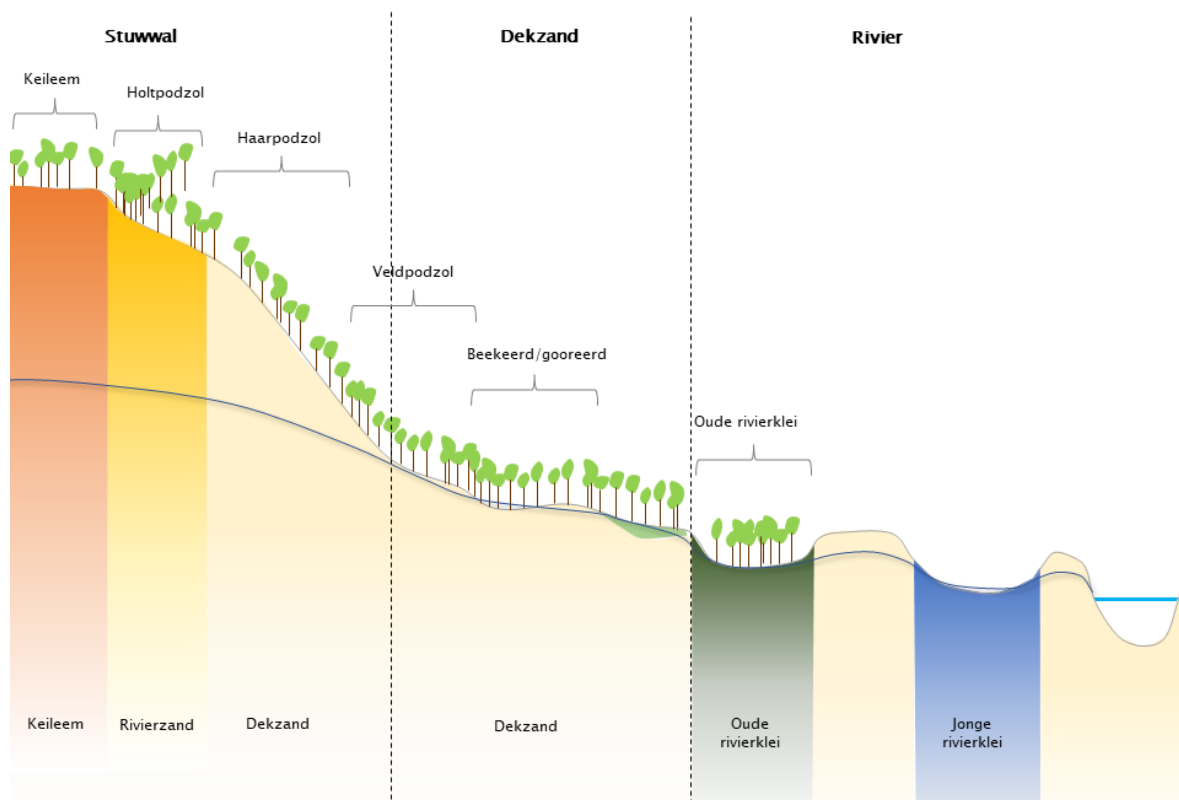
<sup>14</sup> Dit werd al vastgesteld in 1958 door Iversen. Ook werd het geconstateerd door Van Mourik et al. (2012) op basis van in reconstructies van historische (zandige) bodems zoals op de Maashorst.

<sup>15</sup> Stockmarr, 1975; Spek, 2004.

<sup>16</sup> Smeenge, 2006.

<sup>17</sup> Een koolstofdatering van zaden uit een H-laag in Noordoost-Twente leverde een 17de eeuwse datering op. Uit: Smeenge, 2020 (ongepubliceerd hoofdstuk).

<sup>18</sup> Van den Burg et al., 2016.



*Figuur 5: Overzicht van de hoofdlandschappen met de zeven onderzochte bodemtypen. Keileemgronden liggen in Gelderland hoofdzakelijk op het Oost-Nederlands plateau (omgeving Winterswijk).*

De belangrijkste kenmerken van de zeven onderzochte bodemtypen zijn als volgt:

- **Keileemgronden (KX):** tijdens de vergletsjering in de voorlaatste ijstijd zijn stenen verpulverd en vermengd met slib uit ijsstroompjes. Deze gronden zijn door het hoog aandeel leem veelal rijk aan bufferende stoffen (basische kationen). In de winter zijn deze gronden van nature nat door stagnatie, in de zomer kunnen ze hard uitdrogen. Wanneer er een laagje dekzand op deze keileemgronden aanwezig is, komen vaak heel rijke bostypen voor (Vogelkers-essenbos of Eiken-haagbeukenbos). Keileemgronden liggen hoofdzakelijk rondom Winterswijk (Oost-Nederlands plateau).
- **Holtpodzolgronden (Y)** werden vroeger bruine bosgronden genoemd. Ze liggen meestal op stuwwallen. Ze zijn gevormd in rivierzand van het Oer-Rijnsysteem dat door het landijs is verstuwd tot hoge heuvels. Door de rijkdom aan mineralen, deels van vulkanische oorsprong (Eifel) zijn holtpodzolgronden minder gevoelig voor uitloging. Ze liggen hoofdzakelijk langs de randen van de stuwwallen. Een actief bodemleven zorgt voor afgebroken humus ('moder'-vorm, zie hoofdstuk 4). Ze bevatten een A- en Bw- horizont en staan buiten de invloed van grond- en oppervlaktewater. Het zijn van nature Beuken-Eikenbossen. Holtpodzolgronden liggen hoofdzakelijk op gestuwde afzettingen zoals de randen van de Veluwe.
- **Haarpodzolgronden (Hd)** bezitten een klassieke A-, E- en B-horizont. De E-horizont is uitgeloozd, waarbij humus en ijzerdieper zijn ingespoeld in de B-horizont. Het zijn van nature zure gronden buiten de invloed van grondwater, met Berken-Zomereikenbossen of op iets rijkere locaties Wintereiken-Beukenbos.



Haarpodzolgronden zijn gevormd in de hoogste zandgronden en dekzandruggen van Oost-Nederland.

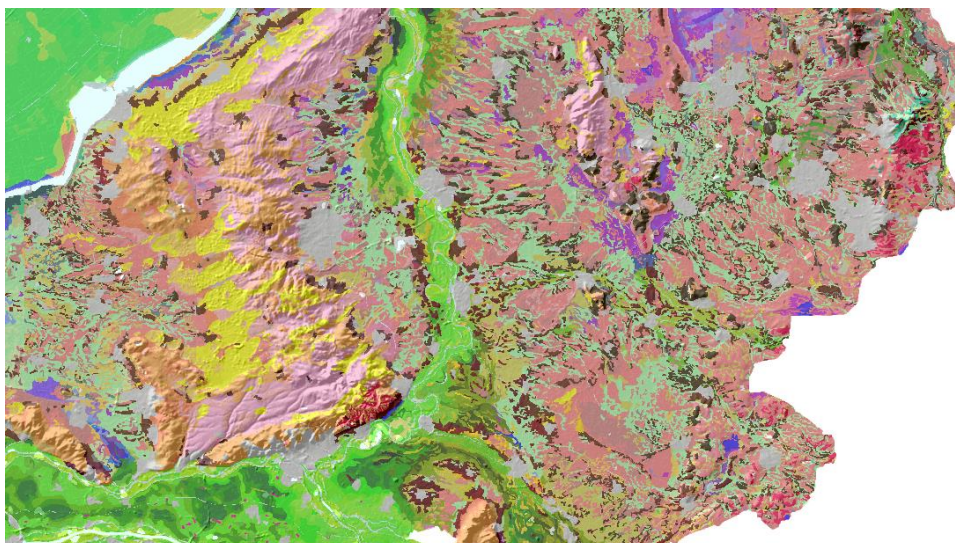
- **Veldpodzolgronden (Hn)** bezitten ook de klassieke podzolhorizonten, maar veelal is de E-horizont dunner en de B-horizont minder uitgesproken door enige invloed van grondwater. Ze liggen relatief hoog in het landschap waardoor er niet echt sprake is van gebufferd grondwater, maar van periodiek 'opbolling' van vaak redelijk arm grondwater dat 's zomers diep uitzakt. Meestal bevindt het grondwater zich buiten de wortelzone. Het zijn van nature Berken-Zomereikenbossen of op iets rijkere locaties Wintereiken-Beukenbos. Veldpodzolgronden zijn gevormd in lagere dekzandruggen en -vlakten.
- **Beekeerdgronden (pZg)** liggen in smeltwater- en beekdalen en zijn gekenmerkt door ijzernerslag in de bodem. Het ondiep voorkomende gele zand kleurt roestig doordat het ijzer dat via het grondwater wordt aangevoerd oxideert in de zomer. Door dit grondwater in de winter en voorjaar is de bodem van nature gebufferd met basen. Wanneer de roestverschijnselen (gley) dieper dan 35 cm onder maaiveld beginnen, wordt de bodem een **gooreerdgrond (pZn)** genoemd. Beek- en gooreerdgronden zijn van nature Vogelkers-Essenbossen, Elzen-Eikenbossen of Elzenbroekbossen. Gooreerdgronden liggen op flanken van beekdalen of slenken in dekzandvlakten en zijn geografisch aangeduid als goor, mars of flier. Beekeerdgronden liggen in beekdalmilieus en dragen dikwijls een veldnaam -broek.
- **Oude rivierkleigronden (KR)** zijn kenmerkend voor rivierdalen uit de laatste ijstijd (Weichselien). De Rijn stroomde toen in een brede vlechtende zone door het Ijsseldal, waaronder het dal van de Oude IJssel. Klei uit deze periode is mineralenrijk, maar sterk wisselvochtig van karakter. Kenmerkend zijn Eiken-Haagbeukenbossen of Vogelkers-Essenbossen.<sup>19</sup> Deze zijn hoofdzakelijk te vinden in het stroomgebied van Oude IJssel.

Wanneer arme en rijke groeiplaatsen door elkaar voorkomen (Achterhoek) zijn er diverse mogelijkheden om het probleem van verzuring op te lossen. In grootschalig arme en droge gebieden (Veluwe) zijn deze beperkt (Figuur 6).

---

<sup>19</sup> Naar De Bakker & Schelling, 1989.





*Figuur 6: Fragment van de bodemkaart 1:50.000. Alle groene en donkerrode delen zijn van nature rijke groeiplaatsen. De lichtrode/oranje delen waren van origine arm en zwak zuur, de licht roze en gele delen overwegend arm en zuur. In grote landschappelijke eenheden zoals de centrale delen van de Veluwe zijn er beperkte mogelijkheden om de effecten van verzuring op te lossen. Het schaal aspect is belangrijk bij de diagnosestelling en oplossingsrichtingen voor het verminderen van verzuring.*

### 3.3 Bodemtypen en bijbehorende waterhuishouding

Veel bodems die van nature periodiek of grotendeels door grondwater of stagnerend regenwater zijn gevormd, zijn door ontwatering verdroogd en verzuurd. Dankzij eerdere onderzoeken is bekend onder welke hydrologische omstandigheden elk bodemtype is ontstaan.<sup>20</sup> Daarmee is er een referentie voor herstel. De gemiddelde hoogste grondwaterstand, de GHG, is het gemiddelde van de drie hoogste waterstanden in het jaar (vaak vallen deze in januari–februari). De gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) is vanzelfsprekend het gemiddelde van de drie laagste waterstanden, die vaak in september–oktober worden gemeten. Als voorbeeld zijn voor enkele bodemtypen de ‘referentiewaarden’ voor de GHG en GLG opgenomen in onderstaande Tabel 2. In het volgende hoofdstuk volgt een instructie hoe deze referenties per bodemtype kunnen worden uitgezocht.

*Tabel 2: Gemiddelde GHG- en GLG-referentiewaarden van de meest voorkomende bodemtypen (bron: applicatie Water nood).*

Bodemtype	GHG cm onder maaiveld	GLG cm onder maaiveld
Keileem	25	120
Haarpodzolgrond	135	230
Holtpodzolgrond	135	230
Veldpodzolgrond	25	120
Beekeerdgrond	0	120
Gooreerdgrond	10	80
Oude rivierklei	30	105

<sup>20</sup> Dit is onderzocht door Staatsbosbeheer en Alterra (tegenwoordig Wageningen Environmental Research) tussen 1999 en 2007: het Referentiemeetnet Terreincondities.



## 4 Vaststellen van de natuurlijke groeiplaats en actuele situatie van uw bos

### 4.1 Inleiding

Het vorige hoofdstuk gaf een inkijk in de kenmerken van de diverse bosgroeiplaatsen in Gelderland en de bijbehorende referenties op hoofdlijnen. Komend hoofdstuk biedt handvatten om de natuurlijke groeiplaats van uw bos vast te stellen op een fijner schaalniveau, zoals een laagte of een rug, ofwel binnen de variatie van een bos. Deze meer lokale variatie kunt u in beeld brengen met een kaartenstudie, aangevuld met basaal veldonderzoek. Door de referentie vanuit de kaartenstudie en veldsituatie aan elkaar te spiegelen, wordt inzichtelijk in welke mate er effecten zijn van verzuring en verdroging. Op grond daarvan kunnen passende maatregelen worden geformuleerd (hoofdstuk 5).

Naast onderzoek aan de bodem levert het bos zelf ook aanknopingspunten voor inzicht in de diversiteit van de bosgroeiplaats. Te denken valt aan de boomsoortensamenstelling (natte of droge soorten), structuur (groei) en aanwezige flora die wijzen op oud of rijk bos. Hier zijn vaak gegevens over beschikbaar, die met veldgegevens kunnen worden aangevuld.

### 4.2 Bureaustudie

#### 4.2.1 Vaststellen van diverse aardkundige bosgroeiplaatsen

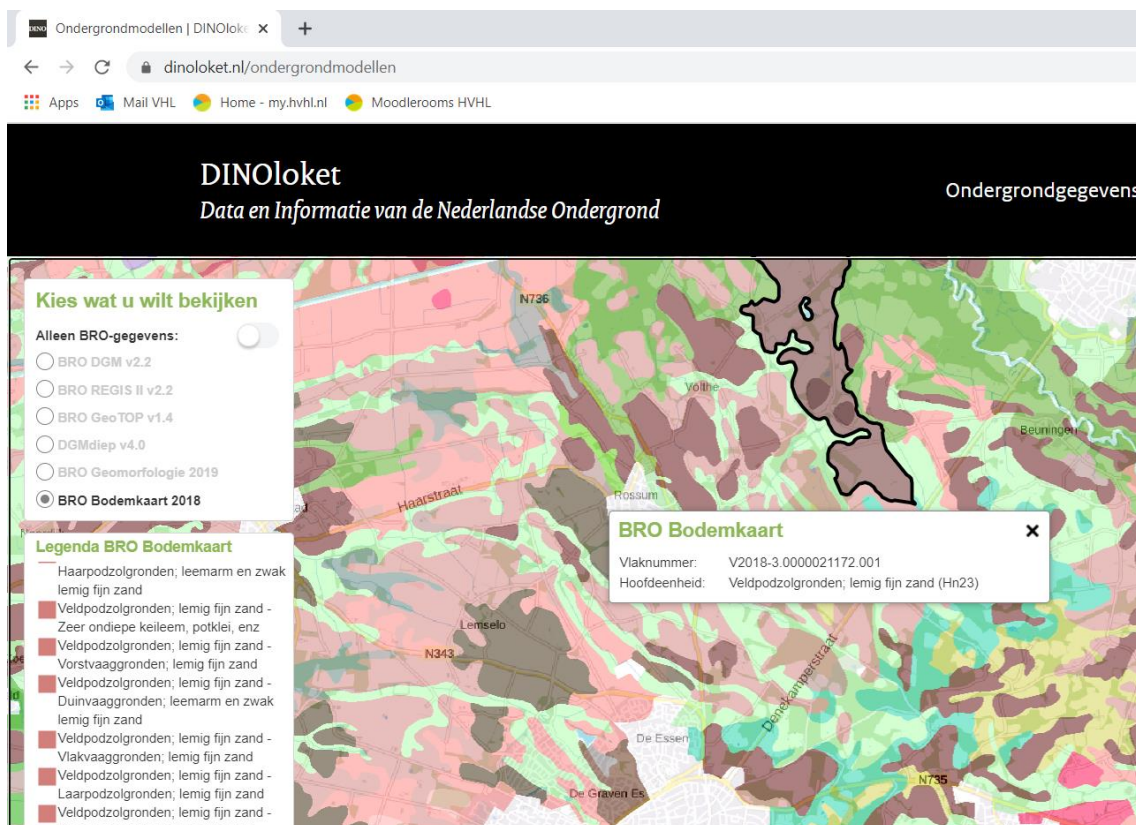
##### **Bodemkaart**

Welke bosgroeiplaats(en) er in uw gebied voorkom(en), kan van een bodemkaart worden afgeleid. Landelijk is er een bodemkaart met een schaal van 1:50.000.<sup>21</sup> Vanzelfsprekend is het schaalniveau van deze kaart niet toereikend voor een studie op perceelsniveau. Voor een aantal gebieden zijn gedetailleerdere bodemkaarten met een schaal van 1:10.000 voorhanden.

Via de applicatie <https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen> kunt u de bodemkaart 1:50.000 aanklikken en op een vlak klikken om te zien welk bodemtype voorkomt (Figuur 7). Deze kaart is door allerlei karteringen in de jaren '80-'90 tot stand gekomen, waarbij ook de grondwatertrappen (afgeleid van de gemiddelde hoogste en laagste grondwaterstand) zijn geschat. Doordat deze grondwatertrappen door ontwatering sterk zijn gedaald is deze hydrologische informatie niet meer betrouwbaar om de actuele situatie af te leiden. In de volgende paragraaf worden handvatten gegeven om inzicht te krijgen in de actuele hydrologische situatie.

---

<sup>21</sup> Bij het maken van de 1:50.000 bodemkaart is gestreefd naar een kaartzuiverheid van 70% en zijn gebieden met afwisselende bodemeenheden onder de tien hectare samengevoegd tot associaties. De Bakker en Locher, 1990, p. 88-91, 94-98; Van Dommelen *et al.*, 1990, p. 102-114.



Figuur 7: De landelijke bodemkaart 1:50.000 uit de jaren '80-'90 bevat een landsdekkend beeld over de bodemtypen.

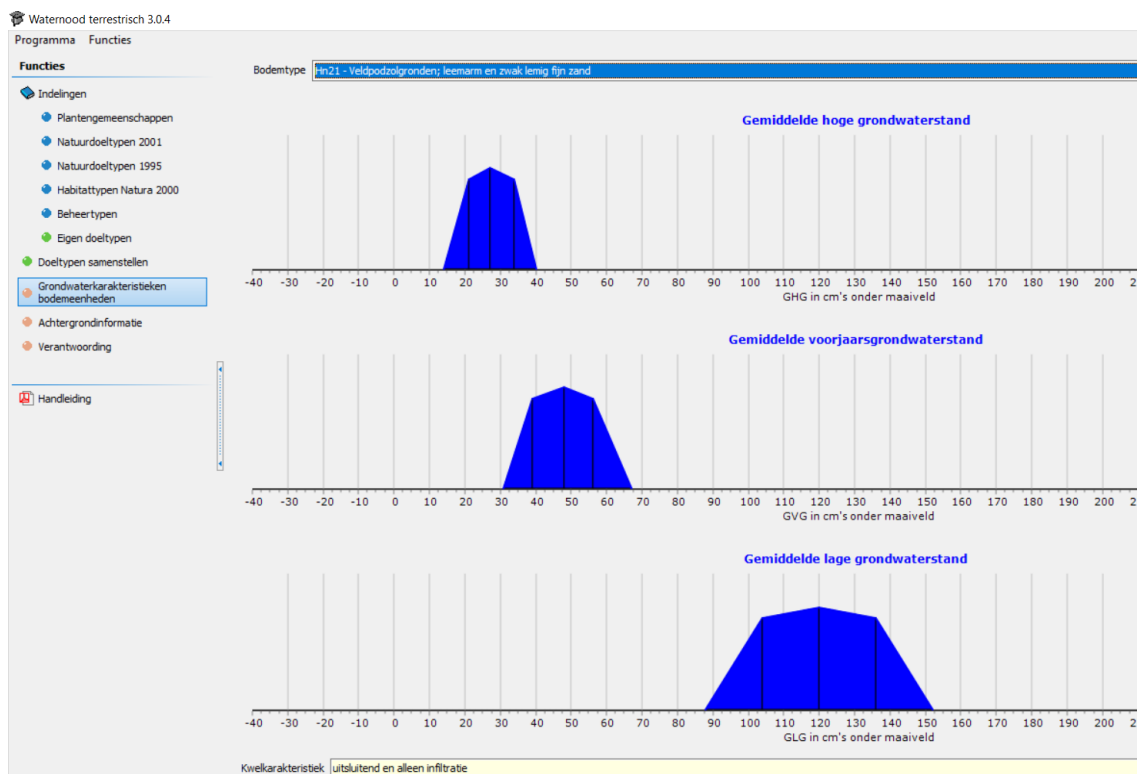
## Waterhuishouding

Met het project 'Referentiemeetnet Terreincondities' hebben Staatsbosbeheer en Alterra in het verleden de standplaatseisen van vegetatietypen kunnen afleiden.<sup>22</sup> Dit is van grote meerwaarde, omdat nu per bodemtype bekend is onder welke waterstanden deze bodem zich heeft kunnen vormen: een 'referentie' als het ware. Deze gegevens zijn per bodemtype handig te bekijken via de applicatie Waterlood (Alterra). Een aantal referentiewaarden zijn opgenomen in 3.3

Waterlood is gratis te installeren: <https://www.synbiosys.alterra.nl/waterlood/>

In Waterlood is het tabblad 'bodemeenheden' aan te klikken. Bij het balkje 'bodemtype' kunt u de code selecteren (Hn21; veldpodzolgronden met leemarm en zwak lemig fijn zand) en krijgt u de betrouwbaarheidsintervallen voor zowel de GHG als GLG (Figuur 8).

<sup>22</sup> Beets et al. 2000 t/m 2005.



*Figuur 8: Natuurlijke grondwaterstanden per bodemtype via Waterlood (Alterra). Neem de top van de curve als ijkpunt.*

In sommige gebieden zijn peilbuizen aanwezig. Deze bevatten meetreeksen van meerdere jaren en geven daarmee een gedetailleerd beeld over de grondwaterstanden op die exacte plek. De zeggingskracht is beperkt tot de directe omgeving van de peilbuis. Verderop kan de waterstand door een andere ondergrond en hoogteligging weer anders zijn. Het daarom alleen nuttig om peilbuisgegevens te raadplegen wanneer deze buizen representatief zijn voor de bosgroeiplaats.

Op de website <https://www.grondwatertools.nl/grondwatertools-viewer> kunt u via de knop 'grondwaterdynamiek' een peilbuis selecteren en de GHG en GLG aflezen (Figuur 9).

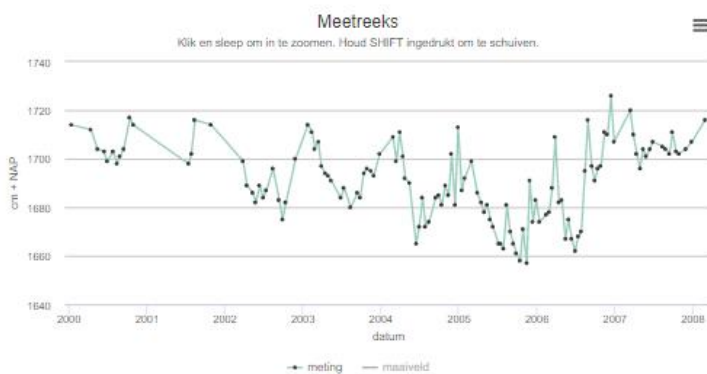


## Putlocatie B27D0413

Analyse individuele filters

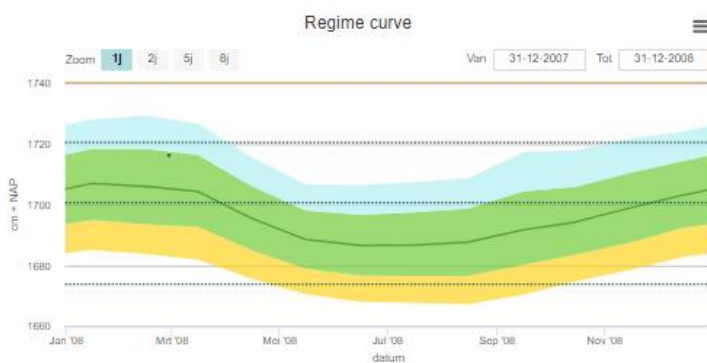


Filters in peilbuis	Bovenkant filter cm + NAP	Onderkant filter cm + NAP
Filter 001	1624	1524



#### Eigenschappen meetreeks voor analyse periode

Startdatum analyse periode	14-01-2000
Einddatum analyse periode	28-02-2008
Aantal waarnemingen	128
Gemiddelde	1691.7
Standaard deviatie	15.6
Minimum	1657
10-percentiel	1670.0
50-percentiel (mediaan)	1693.0
90-percentiel	1711.0
Maximum	1728



#### Klimaatrepresentatieve grondwaterdynamiek

	cm + NAP	cm - mv
GHG	1720.4	19.6
GLG	1673.6	66.4
GVG	1700.6	39.4
RHG	1716.3	23.7
RLG	1676.8	63.2
Grondwatertrap	II	

Figuur 9: De website Grondwatertools bevat actuele hydrologische gegevens.  
<https://www.grondwatertools.nl/grondwatertools-viewer>

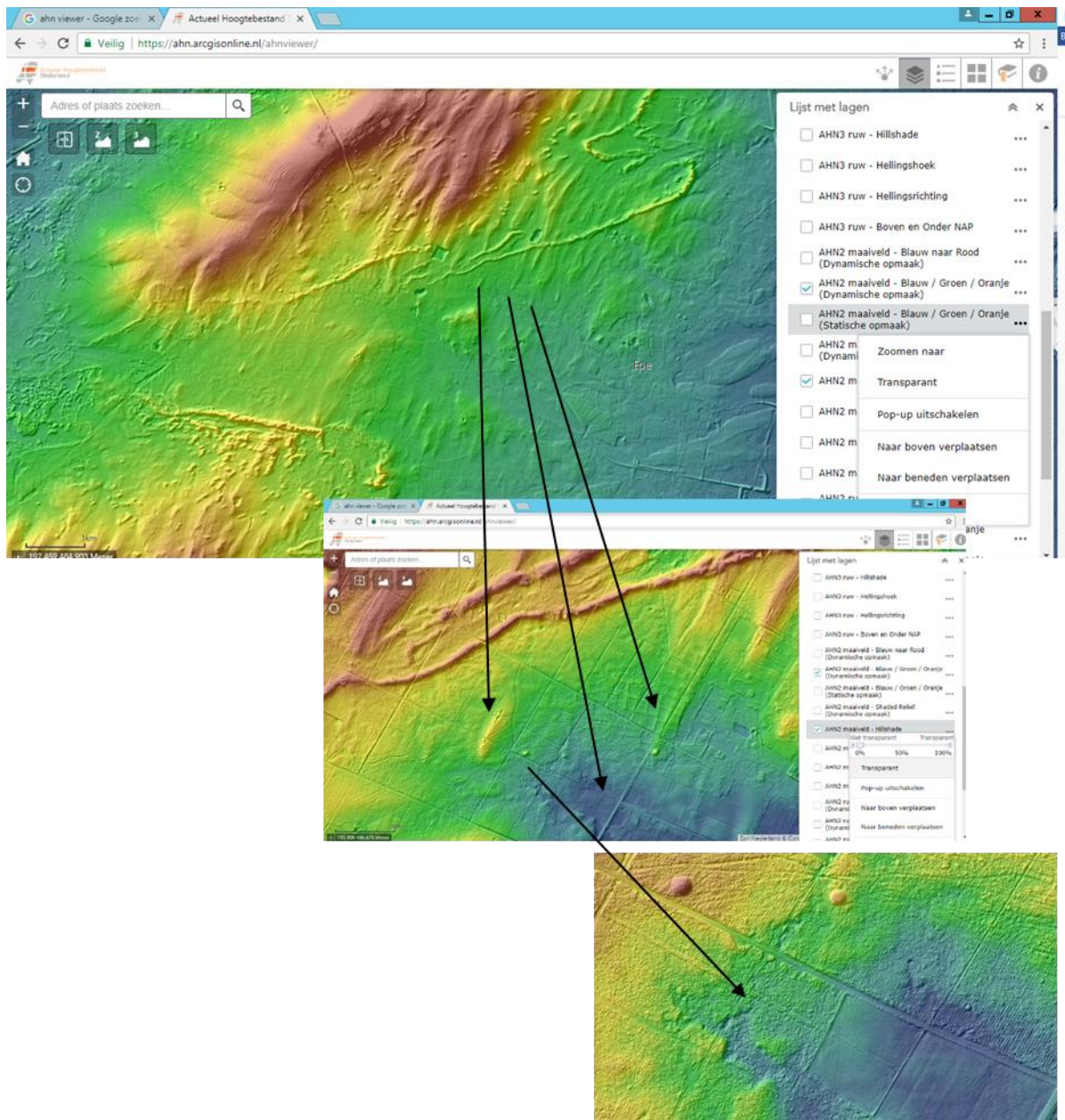


### **Hoogtekaart (AHN)**

De bodemkaart geeft inzicht in de bosgroeiplaats, maar is gebaseerd op één boring per 6,25 ha. Het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) is een zeer nauwkeurige hoogtekaart van Nederland. Met deze kaart kan de bodemkaart nauwkeuriger worden geïnterpreteerd. Dit levert een schaalniveau op dat beter aansluit bij de schaal waarop bosgroeiplaatsonderzoek wordt uitgevoerd.

Het AHN is te raadplegen via de volgende link: <https://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer>

Naast de kaart verschijnt een lijst met lagen. Het is aan te bevelen om te kiezen voor een dynamische opmaak, zodat de kaart automatisch de legenda aanpast bij het in- en uitzoomen. Door de lagen op 50% transparant te zetten kunnen verschillende kaartlagen worden gecombineerd. Een combinatie waarbij het meest duidelijke beeld ontstaat, is het AHN-maaiveld in kleur gecombineerd met de AHN-hillshade. Door op diverse schaalniveaus in te zoomen ontstaat een beeld over de systeemgrootte (Figuur 10).



*Figuur 10: Onderzoek op het AHN3 naar aanwezigheid van kansrijke plekken zoals een natte laagte (blauw) of verstuwde rug, waarin oude Rijnklei is opgestuwd tot verticaal gestuwde kleischubben. Op een kleiner schaalniveau (inzet) zijn kleinere schubben, smeltwatergeulen, maar ook ca. 2.000 jaar oude Celtic Fields zichtbaar. Op een nog finer schaalniveau blijkt er een slenkenpatroon in de laagte te liggen, omgeven door grafheuvels, houtwal en in het zuidoosten een verkavelingspatroon. Het onderzoeken van een gebied op verschillende schaalniveaus geeft inzicht in zowel de landschapsvorming, variatie aan standplaatsen en aardkundige en cultuurhistorische waarden.*



## Historische kaarten

Historische topografische kaarten zijn te raadplegen via de intuïtieve website [www.topotijdreis.nl](http://www.topotijdreis.nl). Met name de kaarten uit de periode tussen 1850 en 1900 geven een breed scala aan terreintypen weer. Groene vlekken waren grondwatergevoed, terwijl witte en paarse patronen vooral droge gebieden waren. Later zijn deze open gebieden bebost en is deze aardkundige variatie aan standplaatsen minder goed zichtbaar (Figuur 11).



*Figuur 11: Diversiteit aan bosgroeiplaatsen op basis van historische kaarten (1930 en 1990, uit topotijdreis). Diverse veentjes zijn tussen 1930 en 1990 ontgonnen en bebost na aanleg van een rabattenstelsel.*

Met name de groene zones op de historische kaarten van omstreeks 1900–1930 geven aanwijzingen voor de van nature wat rijkere groeiplaatsen.

### 4.2.2 Vaststellen van diverse ecologische groeiplaatsen

De floristische samenstelling (bodem, struiken, planten, mossen) geven een indruk van de standplaats, door de ecologische eisen die ze stellen aan de groeiplaats (vocht, zuurgraad, voedselrijkdom). Wanneer inventarisatiegegevens ontbreken kan de landelijke vegetatiedatabank worden geraadpleegd om een overzicht te krijgen van de omgeving van het studiegebied: <https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/googlemaps/lvd.aspx>

Klik op tabblad “kaart”, klik op een vlak en vervolgens op “selectie uitvoeren”. Diverse data kunnen worden geraadpleegd, zoals de voorkomende plantengemeenschappen en de beschikbare vegetatie-opnamen (Figuur 12). Wanneer u toegang heeft tot de NDFF (Nationale Database Flora en Fauna) dan biedt deze ook inzicht in het voorkomen van rijke groeiplaatsen.





## Selectie onderzoeksgebied

Landelijke Vegetatie Databank **kaart** periode habitattypen plantengemeenschappen vegetatieopnamen

**Zoek naar vegetatieopnamen Databank binnen een door...**

1. Klik op de kaart om het studiegebied aan te geven.
2. Geef met het zoveelste punt het studiegebied aan.
3. Sluit de omgrenzing van het studiegebied af.
4. Selecteer de minimale resolutie van de gegevens wilt opvragen.
5. Voer de selectie uit.

**Minimale resolutie**

- Punt
- Decameterhok (10x10 m)
- Hectometer (100x100 m)
- Kilometerhok (1x1 km)
- Uurhok (5x5 km)

Jaargrenzen Min:

Selectie uitvoeren

Het aantal opnamen binnen het studiegebied zijn nu geladen. U kunt de gegevens gebruiken om de verschillende vegetatieopnamen te bekijken.

Zoek een locatie a.d.v. adres of coördinaten

## Tabblad plantengemeenschappen

Landelijke Vegetatie Databank **kaart** perioden **habitattypen** plantengemeenschappen vegetatieopnamen

### Plantengemeenschappen

Code	Naam	Periode	Aantal
34AA01C	34AA01C - Senecion-Epilobietum Inops	(1983)	1
42AA01C	42AA01C - Betulo-Quercetum vacciniotusum	(1983)	1
42AA02A	42AA02A - Fago-Quercetum vacciniotusum	(1983)	1
42AA03A	42AA03A - Deschampsio-Fagetum leucobryetosum	(1983)	2
42AA03B	42AA03B - Deschampsio-Fagetum typicum	(1983)	5
42RG01	42RG01 - RG Holcus-Dryopteris-[Quercion roboris]	(1983)	1
<b>Totaal aantal opnamen toegewezen aan een plantengemeenschap</b>			<b>11</b>

## Tabblad vegetatieopnamen

Landelijke Vegetatie Databank **kaart** perioden habitattypen plantengemeenschappen **vegetatieopnamen**

### Vegetatieopnamen

U kunt onderstaande tabel sorteren op verschillende criteria. Kies uit de kopregel een aspect waarop u de tabel wilt sorteren. Kies het opnamennummer voor gedetailleerde informatie.

**Let op:** cursief geschreven namen voor plantengemeenschappen en Natura 2000-gebieden betreffen onzekere toekenningen.

Geselecteerd aantal opnamen: 25

PlotObsID	Bronhouder	Jaar	Plantengemeenschap	Natura 2000-gebied	Resolutie
53561	WENR, VBL	2001	42AA03B - Deschampsio-Fagetum typicum	Veluwe	Punt
353617	Bas Klaver	1983	42AA02A - Fago-Quercetum vacciniotusum	Veluwe	Decameterhok

Opnameschaal: Ordinale schaal (vd Maarel)

Soortnaam	Vegetatielaag	Bedekking
Acer pseudoplatanus (Gewone esdoorn)	kl	2
Acer pseudoplatanus (Gewone esdoorn)	s1	1
Agrostis capillaris (Gewoon struisgras)	kl	1
Carex pilulifera (Pilzegge)	kl	2
Carpinus betulus (Haagbeuk)	s1	3
Deschampsia flexuosa (Bochtige smeete)	kl	4
Dicranella heteromalla (Gewoon pluistsjemos)	ml	1
Fagus sylvatica (Beuk)	s1	5
Galium saxatile (Liggend walstro)	kl	1
Leucobryum glaucum (Kussentjesmos)	ml	2
Polytrichum formosum (Fraai haarmos)	ml	1
Prunus serotina (Amerikaanse vogelkers)	s1	1
Quercus robur (Zomereik)	b1	8
Quercus robur (Zomereik)	kl	1
Quercus rubra (Amerikaanse eik)	kl	1
Rubus idaeus (Framboos)	s1	3
Rubus subgen. Rubus (Braam)	kl	2
Vaccinium myrtillus (Blauwe bosbes)	kl	6

Figuur 12: Werken met de Landelijke Vegetatiedatabank.



### 4.3 Verkennend veldonderzoek

Aanvullend op de bureaustudie is een verkennend veldonderzoek van belang. Dit levert een 'check' op van de bureaustudie en geeft meer details over de actuele groeiplaats op perceelsniveau. In bijlage 1 is een veldformulier met toelichting opgenomen, waarbij de actuele groeiplaats kan worden samengevat. De volgende aspecten zijn veelzeggend en relatief eenvoudig te beschrijven:

- Grondsoort en bodemtype
- Humusvorm
- Zuurgraad (pH) van de bodem
- Aanwezige plantensoorten
- Waterstanden

#### 4.3.1 Grondsoort en bodemtype

Om de bodemsoort (leem/klei, zand) en bodemtype te bepalen, is het nodig om het profiel bloot te leggen. Dit kan door middel van een grondboring, met als voordeel dat gemakkelijk een grote diepte kan worden bereikt, en bijzonderheden zoals leemlaagjes in beeld komen. Dit kan worden gedaan met een speciale bodemboor (zoals Edelman) maar een palenboor voldoet ook. In het voorbeeld in Foto 1 is het profiel in klassen van 40 cm. Omdat niet elke grondlaag eenzelfde dichtheid heeft, zijn soms meerdere 'broodjes' nodig om tot 40 cm te komen. Een alternatief voor een grondboring is het graven van een 'profielkuil' (Foto 2), dit geeft een mooi beeld van het bodemprofiel, maar het is arbeidsintensiever en minder diep.

Vervolgens is van belang, en dit is zeker al opgevallen bij het boren of graven, vast te stellen of er klei of leem aanwezig is. Klei is door water afgezet, leem door wind. Het verschil is in het veld lastig vast te stellen en ook niet erg relevant voor de bosgroeiplaats. Wel is relevant in welke mate er leem of klei aanwezig is (fractie en dikte van de laag). Een vrij eenvoudige manier om de fractie te schatten is opgenomen in Tabel 3 (zie ook bijlage 1). Ook de aanwezigheid van leem-/kleibandjes in een verder zandig profiel is relevant: hier kan regenwater op blijven staan.

Tabel 3: Bepaling van de leem-/kleifractie.

Structuur	Klasse (klei)	Klasse (leem)
Onsamenhangend	Kleiarm zand	Leemarm zand
Iets te verknedden, maar geen samenhangend bolletje van te maken	Kleiig zand	Zwak lemig zand
Wel samenhangend bolletje van te maken, zandkorrels sterk voelbaar	Lichte zavel	Sterk lemig zand
Goed smerend, zandgehalte nog hoog bij proeven, lijkt laag bij voelen	Zware zavel	Zeer sterk lemig zand
Al vrij stug smerend zandkorrels meestal alleen merkbaar bij proeven	Lichte klei	Zandig leem
Zeer stug smerend bijna geen zandkorrels meer	Zware klei	Siltig leem



Foto 1: Bodemprofiel, uitgelegd in klassen van 40 cm.



Foto 2: Profielkuil.

Daarna kan het bodemtype worden vastgesteld. In ieder geval tot welke 'hoofdorde' de bodem behoort. Een nadere specificatie is met name relevant omdat die aangeeft in hoeverre er grondwaterinvloed is. Zo zijn haarpodzolgronden onder droge omstandigheden gevormd, maar veldpodzolgronden onder invloed van grondwater. Een beschrijving van in Gelderland belangrijke bosbodemtypen zijn eerder beschreven in hoofdstuk 3.



#### 4.3.2 Humusvorm

Het bodemtype geeft een goed beeld van de bosgroeiplaats, maar wel vooral van lange-termijngeschiedenis. Voor het in beeld brengen van milieuveranderingen zijn de humuskenmerken belangrijk. Veranderingen in organisch-stofgehalte, pH en voedingsstoffen komen op relatief korte termijn (decennia) in het humusprofiel tot uiting, terwijl dat in het bodemprofiel honderden tot duizenden jaren kan duren.<sup>23</sup> Schimmels en micro-organismen zorgen ervoor dat strooisel wordt gefragmenteerd, afgebroken, gehumificeerd en al dan niet met de minerale ondergrond wordt vermengd (bioturbatie). Strooiselomzetting gaat snel en weerspiegelt de actuele bodemtoestand.

Op het hoogste niveau zijn er drie humusvormen (Foto 3):

- **Mor**, waarbij vers strooisel, gefragmenteerd strooisel en geheel afgebroken humus op de onderliggende bodem liggen. Ze zijn uitwendig en niet door het bodemleven gemengd. Er zijn vooral schimmels aanwezig.
- **Moder**, waarbij een deel van de organische stof in het minerale deel van de bodem opgenomen.
- **Mull**, waar het bodemleven zo actief is dat de organische stof geheel in de minerale bodem is opgenomen. Het totale humuspakket is dunner dan 2 cm. De voedingsstoffenkringloop verloopt bij de laatste vorm zeer snel, zodat er in de nazomer geen oud strooisel meer aanwezig is.



Foto 3: De drie humusvormen. Links een mor, met een dik pak strooisel en een zwarte 'schoensmeer'-laag. In het midden een moder, waar een deel van het strooisel is opgenomen in de bodem. Rechts een mull, waarbij het bodemleven zo actief is dat de organische stof volledig in de minerale bodem is opgenomen.

Voor verdere specificatie van humusvormen zijn gebruikelijke typologieën die van Van Delft et al. (2004) of Zanella et al. (2011). Het determineren is zeker nuttig, maar niet eenvoudig.

Binnen de mor-humusvorm kan zich op lange termijn een "H-laag" ontwikkelen: een ectorganisch humusprofiel. Deze schoensmeerachtige laag ontstaat doordat langdurig organische deeltjes zich hebben opgehoopt in het humusprofiel. Door de slechte doorlatendheid van deze H-laag kan regenwater blijven staan, wat leidt tot vochtige condities.

---

<sup>23</sup> Van Delft et al., 2002.



### 4.3.3 Zuurgraad

De zuurgraad (pH) van de bodem zegt ook iets over de gesteldheid van een bosgroeiplaats. Droge, zandige bosgroeiplaatsen zijn vaak relatief zuur, terwijl grondwatergevoede of leemhoudende bodems sterker 'gebufferd' zijn en dus een hogere pH hebben.

Er zijn diverse vormen van pH bepaling die elk hun eigen schaal hebben.<sup>24</sup> Voor dit onderzoek is pH-H<sub>2</sub>O van belang!

pH H <sub>2</sub> O	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
pH KCl		0,0	1,5	2,9	3,8	4,8	6,6	7,9	9,1	
pH NaCl				3,0	4,1	5,2	6,3	7,4	8,5	9,6

Figuur 13. Verschillende pH bepalingen en onderlinge verschillen. Wij gebruiken de pH-H<sub>2</sub>O schaal.

De pH is in het veld te bepalen door pH-indicatorstrips in de humus- of het bodemprofiel te drukken en nat te maken met gedemineraliseerd water (Foto 4). Voor bossen met den, eik, berk en beuk, duidt een pH-H<sub>2</sub>O van pakweg <4,0 op verzuring. Dit is een waarde waarbij aluminium vrij komt in de bodem, een stof die al in lage concentraties giftig is voor planten en dieren.



Foto 4: pH H<sub>2</sub>O-indicatorstrips voor de bodem (links) en de strips in het humus- en bodemprofiel.

### 4.3.4 Plantensoorten

Ook de vegetatie, de samenstelling van bomen, struiken en kruiden geven aanwijzingen voor de kwaliteit van de bosgroeiplaats.<sup>25</sup> Hierbij kan met name worden gelet op het voorkomen van rijk strooiselsoorten (o.a. iep, es, haagbeuk, esdoorn, linde, hazelaar, lijsterbes, vuilboom, boswilg, ratelpopulier) en 'indicatorsoorten' voor bijvoorbeeld oud bos, buffering of juist vermesting. Soorten van ouder, rijker bos zijn bijvoorbeeld lelietje-van-dalen, dalkruid, grote muur, bosgierstgras, zevenster, bosgierstgras, bosanemoon en gele dovenetel.

<sup>24</sup> Op basis van metingen Onderzoekscentrum B-ware en eigen data Bosgroepen

<sup>25</sup> Bijlsma, 2002; Hommel et al., 2002, 2007; Jansen *et al.*, 2018 (eds).



#### 4.3.5 Waterstanden

In 4.2. is uitgelegd hoe peilbuisgegevens kunnen worden ingezien, om een indruk te krijgen van de waterhuishouding van uw bos. Daarnaast, of in plaats van (bij het ontbreken van peilbuizen), kan handmatig de waterstand worden gemeten. Met een boor kan een gat worden geboord en de waterstand worden gemeten met een dompelklokje (Figuur 14). U dient dan te boren tot u de grondwaterspiegel hebt bereikt (dit is niet in alle gebieden mogelijk, zoals op de hoge Veluwe). Idealiter gebeurt dit einde winter (februari) en einde zomer (september) om een jaarrond beeld te krijgen.



*Figuur 14: Dospelklokje voor het vaststellen van de diepte van het grondwater in een boorgat of peilbuis.*

#### 4.4 Uitgebreid veldonderzoek

De vorige paragraaf gaf aan hoe betrekkelijk eenvoudig een verkennend veldonderzoek kan worden uitgevoerd, om gevoel te krijgen of het bos te maken heeft met verzuring en verdroging. Met name in bepaalde situaties kan het wenselijk zijn om de knelpunten in meer detail vast te stellen. Denk bijvoorbeeld aan bossen met bijzondere soorten die sterk onder druk staan en oude bosgroeiplaatsen met ongeschonden bodems (holten, strubben, akkermaalsbos, spaartelgenbos, middenbos). In de bijlage 2 is een protocol opgenomen hoe uitgebreider veldonderzoek kan worden uitgevoerd. Dit houdt onder andere in het uitgebreider beschrijven van de humus- en bodemopbouw en met name het bepalen van de bodemchemie, om verzuring kwantitatiever te kunnen vaststellen.<sup>26</sup> Dit geeft meer richting aan welke maatregelen passend en noodzakelijk zijn.

---

<sup>26</sup> M. de Graaf, P. Sauren en L. van den Berg, 2020.



## Literatuur

- Bakker H. de & J. Schelling, 1989. *Systeem van bodemclassificatie voor Nederland De hogere niveaus*. Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie Wageningen-1989
- Bakker H. de & W.P. Locher, 1990. *Bodemkunde van Nederland. Deel 2 Bodemgeografie*. Tweede druk, Malmberg Den Bosch.
- Beets, C. P., P. W. F. M. Hommel & R. W. de Waal, 2000 t/m 2005. *Selectie van referentiepunten t.b.v. het SBB-project terreincondities: Resultaten inventarisatie 1999 – 2004*. Driebergen, Staatsbosbeheer, afdeling Terreinbeheer.
- Bijlsma, R.J. 2002. *Bosrelicten op de Veluwe. Een historisch-ecologische beschrijving*. Alterra-rapport 647. Alterra Research Instituut voor de Groene Ruimte. Wageningen.
- Cate J.A.M. ten, A.F. Holst, H. Kleijer & J. Stolp, 1995. *Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften. Deel A: bodem*. Technisch document 19A. Wageningen (The Netherlands), 1995.
- Delft, S.P.J. van., R.H. Kemmers & R.M. De Waal, 2002. *Ecologische typering van bodems onder korte vegetaties. Het humusprofiel als graadmeter voor standplaatsontwikkeling*. Landschap, 19-3.
- Delft S.P.J. van, 2004. *Veldgids Humusvormen; Beschrijving en classificatie van humusprofielen voor ecologische toepassingen*. Wageninge, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte.
- Desie, E., K. Vancampenhout, B. Nyssen, L. van den Berg, M. Weijters, G.-J. van Duinen, J. den Ouden, K. van Meerbeek & B. Muys, 2019. *Litter quality and the law of the most limiting: Opportunities for restoring nutrient cycles in acidified forest soils*. *Science of The Total Environment*: 134383.
- Desie, E., K. Vancampenhout, L. van den Berg, B. Nyssen, M. Weijters, J. den Ouden & B. Muys, 2020. *Litter share and clay content determine soil restoration effects of rich litter tree species in forests on acidified sandy soils*. *Forest Ecology and Management* 474: 118377.
- Dommelen L. van, A.F. van Holst & K.R. van Lynden, 1990. *Hoofdstuk 30, het gebruik van bodemkaarten*. In: Bakker H. de & W.P. Locher, 1990. *Bodemkunde van Nederland. Deel 2 Bodemgeografie*. Tweede druk, Malmberg Den Bosch.
- Hommel P.W.F.M., Th Spek & R.W. de Waal, 2002. *Boomsoort, strooiselkwaliteit en ondergroei in loofbossen op verzuringsgevoelige bodem. Een verkennend literatuur- en*



veldonderzoek. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 509.

Hommel P.W.F.M, R.W. de Waal, B. Muys, J. den Ouden en Th. Spek., 2007. Terug naar het lindewoud strooiselkwaliteit als basis voor ecologisch bosbeheer. KNNV-uitgeverij.

Iversen J, 1958. The bearing of glacial and interglacial epochs on the formation and extinction of plant taxa. Systematics of today (ed. O. Hedberg). Uppsala Univ., Uppsala.

Jansen P., M. Boosten, M. Cassaert, J. Cornelis, E. Thomassen, M. Winnock, 2018 (eds). Praktijkboek bosbeheer. Inverde & Stichting Probos, Wageningen.

Jenny H. 1941. Factors of soil formation. McGraw-Hill. New York.

Jenny, H., 1980. The Soil Resource. Origin and Behavior. Ecological Studies 37. Springer-Verlag, New-York.

Kemmers R.H., R.W. de Waal, S.P.J. Van Delft, P. Mekking, 2002. Ecologische typering van bodems. Actuele informatie over bodemkundige geschiktheid voor natuurontwikkeling. Landschap 19.

Koop H.G.J.M. & H. Smeenge, 2016. Het 3- Markenboek De Lutte, Berghuizen, Beuningen. Transcriptie en omzetting naar het hedendaags Nederlands vanuit de eeuwenoude markeboeken die zich bevinden in het archief Historisch Centrum Overijssel. 1402-1856. Historische Vereniging De Dree Marken.

Pabian, S.E., Ermer, N.M., Tzilkowski, W.M., Brittingham, M.C., 2012. Effects of Liming on Forage Availability and Nutrient Content in a Forest Impacted by Acid Rain, Plos One 7(6), 1-10.

Smeenge, H., 2006. Holten en strubben in het stroomgebied van de Drentse Aa. De Levende Natuur, 107(1), 8-12.

Smeenge H., 2020. Historische landschapsecologie van Noordoost-Twente: acht interdisciplinaire studies op het snijvlak van aardkunde, ecologie en cultuurhistorie (ca. 13.000 BP - heden). Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen.

Spek, TH., 2004. Het Drentse Esdorpenlandschap; een historisch-geografische studie. Proefschrift, Wageningen Universiteit. Utrecht.

Stockmarr J., 1975. Retrogressive forest development, as reflected in morr pollen diagram from Mantingerbos, Drenthe, The Netherlands. Paleohistoria 17.

Van den Berg, L., B. Nyssen, E. Desie, G.-J. van Duinen, E. Al, M. Weijters, E. Verbaarschot, R. Bobbink & A. van den Burg, 2018. Correlatief onderzoek Rijk-strooiselsoorten in Natuurgericht Bosbeheer-Fase 1. Bosgroep Zuid Nederland. Heeze.





Van den Burg, A., 2017. Rammelende eieren en brekebenen bij de koolmees: verzuring terug bij af? Vakblad natuur bos en landschap 14, 3-7.

Van den Burg, R.F., R.J. Bijlsma, E. Brouwer & R.W. de Waal, 2016. Vochtige bossen, tussen verdrogen en nat gaan OBN Deskundigenteam Nat zandlandschap. OBN / VBNE, Driebergen.

Van Mourik, J., A. Seijmonsbergen, R. Slotboom & J. Wallinga, 2012. Impact of human land use on soils and landforms in cultural landscapes on aeolian sandy substrates (Maashorst, SE-Netherlands). Quaternary International 265: 74-89.

Werkgroep Canon- Geoheritage NL en Buro Explanation Design, 2008. Het ontstaan van het Nederlandse landschap. Een canon in 12 thema's en 50 vensters. Werkgroep Canon – Geoheritage NL en Buro voor Explanation Design.



Bijlage 1 **Veldformulier met toelichting**

<b>Project</b>						
<b>Locatie</b>						
<b>Datum</b>						
<b>VEGETATIE (zie I)</b> proefvlak vegetatie: ... meter x ... meter						
<b>Boomlaag</b>						
<b>Struiklaag</b>						
<b>Kruidlaag</b>						
<b>GRONDSOORT EN BODEMPROFIEL (zie II)</b>					<b>pH-PROFIEL (zie IV)</b>	
<b>X</b>	<b>Y</b>					
<b>Diepte in cm.</b>	<b>Horizont</b>	<b>Klasse klei/lutum</b>	<b>Klasse leem</b>	<b>Toelichting</b>	<b>cm</b>	<b>pH</b>
<b>Humusopbouw (zie III)</b>					<b>pH-PROFIEL (zie IV)</b>	
<b>Humustype (Van Delft, 2004)</b>						
<b>diepte</b>	<b>Horizont</b>	<b>Toelichting</b>			<b>cm</b>	<b>pH</b>
<b>Waterstanden boorgat (zie V.)</b>						
<b>Dompelklokje</b>	<b>cm- mv</b>					



## Toelichting op veldformulier

Aanvullend op de bureaustudie is een verkennend veldonderzoek van belang. Dit levert een 'check' op van de bureaustudie en geeft meer details over de actuele groeiplaats op perceelsniveau. In bijlage 1 is een veldformulier waarbij de actuele groeiplaats kan worden samengevat. De volgende aspecten zijn veelzeggend en relatief eenvoudig te beschrijven:

- I. Vegetatie
- II. Grondsoort en bodemtype
- III. Humusvorm
- IV. Zuurgraad (pH) van de bodem
- V. Waterstanden

Na het invullen van het veldformulier, wordt de informatie uit bureaustudie en veldonderzoek gebruikt om de beslisboom te doorlopen.

### I. Vegetatie

Ook de vegetatie, de samenstelling van bomen, struiken en kruiden geven aanwijzingen voor de kwaliteit van de bosgroeiplaats.<sup>27</sup> Hierbij kan met name worden gelet op het voorkomen van rijk strooiselsoorten (o.a. iep, es, haagbeuk, esdoorn, linde, hazelaar, lijsterbes, vuilboom, boswilg, ratelpopulier) en 'indicatorsoorten' voor bijvoorbeeld oud bos, buffering of juist vermessing. Soorten van ouder, rijker bos zijn bijvoorbeeld lelietje-van-dalen, dalkruid, grote muur, bosgierstgras, zevenster, bosgierstgras, bosanemoon en gele dovenetel.

Om de grip te krijgen op de vegetatiestructuur kan met de Braun-Blanquet methode per vegetatielaag de bedekkingsgraad - in combinatie met onder de 5% het aantal individuen - weer te geven.

symbool	bedekking	abundantie	numerieke transformatie
r	≤1%	1 individu	1
+	≤1%	2-5 individuen, aanwezig	2
1	≤5%	6-50 individuen, duidelijk aanwezig	3
2m	≤5%	>50 individuen, sterk aanwezig	4
2a	5% - 15%	-	5
2b	16% - 25%	-	6
3	26% - 50%	-	7
4	51% - 75%	-	8
5	76% - 100%	-	9

### II. Grondsoort en bodemprofiel

Om de bodemsoort (leem/klei, zand) en bodemtype te bepalen, is het nodig om het profiel bloot te leggen. Dit kan door middel van een grondboring, met als voordeel dat gemakkelijk een grote diepte kan worden bereikt, en bijzonderheden zoals leemlaagjes in beeld komen. Dit kan worden gedaan met een speciale bodemboor (zoals Edelman) maar

<sup>27</sup> Bijlsma, 2002; Hommel et al., 2002, 2007; Jansen *et al.*, 2018 (eds).



een palenboor voldoet ook. In het voorbeeld in is het profiel in klassen van 40 cm. Omdat niet elke grondlaag eenzelfde dichtheid heeft, zijn soms meerdere 'broodjes' nodig om tot 40 cm te komen. Een alternatief voor een grondboring is het graven van een 'profielkuil'. Dit geeft een mooi beeld van het bodemprofiel, maar het is arbeidsintensiever en minder diep.

Vervolgens is van belang, en dit is zeker al opgevallen bij het boren of graven, vast te stellen of er klei of leem aanwezig is. Klei is door water afgezet, leem door wind. Het verschil is in het veld lastig vast te stellen en ook niet erg relevant voor de bosgroeiplaats, wel of er leem of klei aanwezig is en in welke mate. Een vrij eenvoudige manier om dit te schatten is opgenomen in onderstaande tabel. Ook de aanwezigheid van leem-/kleibandjes in een verder zandig profiel zijn relevant: hier kan regenwater op blijven staan.

<b>Structuur</b>	<b>Klasse (klei/lutum)</b>	<b>Klasse (leem)</b>
Onsamenhangend	Kleiarm zand	Leemarm zand
Iets te verknedden, maar geen samenhangend bolletje van te maken	Kleiig zand	Zwak lemig zand
Wel samenhangend bolletje van te maken, zandkorrels sterk voelbaar	Lichte zavel	Sterk lemig zand
Goed smerend, zandgehalte nog hoog bij proeven, lijkt laag bij voelen	Zware zavel	Zeer sterk lemig zand
Al vrij stug smerend zandkorrels meestal alleen merkbaar bij proeven	Lichte klei	Zandig leem
Zeer stug smerend bijna geen zandkorrels meer	Zware klei	Siltig leem

Daarna kan het bodemtype worden vastgesteld. In ieder geval tot welke 'hoofdorde' de bodem behoort (zie par. 3.3) een nadere specificatie is met name relevant omdat die aangeeft in hoeverre er grondwaterinvloed is. Zo zijn haarpodzolgronden onder droge omstandigheden gevormd, maar veldpodzolgronden onder invloed van grondwater. Een beschrijving van in Gelderland belangrijke bosbodemtypen zijn eerder beschreven in par. 3.3.



### Hoofdhorizonten bodemprofiel

- O Een moerige horizont, die boven een A- of een E-horizont ligt en die bestaat uit in een aëroob milieu opgehoopte resten van voornamelijk bovengrondse plantendelen in verschillende stadia van omzetting (strooisellaag).
- A Een minerale of moerige horizont waarin de organische stof geheel of vrijwel geheel is omgezet.
- E Een minerale horizont die door het verticaal (soms lateraal) uitspoelen is verarmd aan kleimineralen en/of sesquioxyden. Meestal heeft de E-horizont een lager humusgehalte dan de erboven liggende horizont. Deze eluviale horizont (vandaar de E) heet ook wel uitspoelingshorizont.
- B Een minerale (soms moerige) horizont, waarin één of meer van de volgende kenmerken voorkomen:  
— inspoelen van kleimineralen, sesquioxyden of humus uit hoger liggende horizonten, al dan niet in combinatie; of  
— (nagenoeg) volledige homogenisatie met bovendien zodanige veranderingen dat:  
\* nieuwvorming van kleimineralen is opgetreden; en/of:  
\* sesquioxyden zijn vrijgekomen; of:  
\* een blokkige of samengesteld prismatische bodemstructuur is ontstaan.
- C Een moerige of minerale laag (vast gesteente uitgezonderd), die weinig of niet is veranderd door bodemvormende processen die een O-, A-, E- en B-horizont zouden kunnen doen ontstaan.
- R Vast gesteente

### III. Humusvorm

Het bodemtype geeft een goed beeld van de bosgroeiplaats, maar wel vooral van lange-termijngeschiedenis. Voor het in beeld brengen van milieuveranderingen zijn de humuskenmerken belangrijk. Veranderingen in organisch-stofgehalte, pH en voedingsstoffen komen op relatief korte termijn (decennia) in het humusprofiel tot uiting, terwijl dat in het bodemprofiel honderden tot duizenden jaren kan duren.<sup>28</sup> Schimmels en micro-organismen zorgen ervoor dat strooisel wordt gefragmenteerd, afgebroken, gehumificeerd en al dan niet met de minerale ondergrond wordt vermengd (bioturbatie). Strooiselomzetting gaat snel en weerspiegelt de actuele bodemtoestand.

Op het hoogste niveau zijn er drie humusvormen:

- Mor, waarbij vers strooisel, gefragmenteerd strooisel en geheel afgebroken humus op de onderliggende bodem liggen. Ze zijn uitwendig en niet door het bodemleven gemengd. Er zijn vooral schimmels aanwezig.
- Moder, waarbij een deel van de organische stof in het minerale deel van de bodem opgenomen.
- Mull, waar het bodemleven zo actief is dat de organische stof geheel in de minerale bodem is opgenomen. Het totale humuspakket is dunner dan 2 cm. De

---

<sup>28</sup> Van Delft et al., 2002.



voedingsstoffenkringloop verloopt bij de laatste vorm zeer snel, zodat er in de nazomer geen oud strooisel meer aanwezig is.

Hoofdhorizont	Toevoeging	toelichting
L (bladlaag)	n (new)	Voor herfst bepalen
	v (variative)	Stukjes afgebroken
F (fragmentatielaag)	m	Afbraak door schimmels (draden)
	z	Afbraak door dieren (moderbolletjes)
H (humus)	h	Volledig afgebroken (zwart)
	r	Nog enkele herkenbare resten
	Z	Zaagselstructuur door uitwerpselen
S (veenmos)		
M (mat van wortels)	f	Dode en levende wortels
	M	Wortels + fijn organisch materiaal
	H	Grotendeels gehumificeerd materiaal
O (organisch)	f, m, h (zie boven)	
	D	Veraarding van veenmosveen
	g	Gyttja

Voor verdere specificatie van humusvormen zijn gebruikelijke typologieën die van Van Delft et al. (2004) of Zanella et al. (2011). Het determineren is zeker nuttig, maar niet eenvoudig.

#### IV. Zuurgraad – pH profiel

De zuurgraad (pH) van de bodem zegt ook iets over de gesteldheid van een bosgroeiplaats. Droge, zandige bosgroeiplaatsen zijn vaak relatief zuur, terwijl grondwatergevoede of leemhoudende bodems sterker 'gebufferd' zijn en dus een hogere pH hebben. Er zijn diverse vormen van pH bepaling die elk hun eigen schaal hebben. Voor dit onderzoek is pH H<sub>2</sub>O van belang!

pH H <sub>2</sub> O	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
pH KCl		0,0	1,5	2,9	3,8	4,8	6,6	7,9	9,1	
pH NaCl				3,0	4,1	5,2	6,3	7,4	8,5	9,6

*Verschillende pH bepalingen en onderlinge verschillen. Wij gebruiken de pH-H<sub>2</sub>O schaal.*

De pH is in het veld te bepalen door pH-indicatorstrips in de humus- of het bodemprofiel te drukken en nat te maken met gedemineraliseerd water. Voor bossen met den, eik, berk en beuk, duidt een pH H<sub>2</sub>O van pakweg <4,0 op verzuring. Dit is een waarde waarbij aluminium vrij komt in de bodem, een stof die al in lage concentraties giftig is voor planten en dieren.

#### V. Waterstanden

Om naast, of in plaats van een analyse van de peilbuisgegevens een beeld te krijgen van de waterhuishouding van het bos, kan op verschillende plekken in het bos met een boor een gat worden geboord en de waterstand worden gemeten met een dompelklokje. U dient dan te boren tot u de grondwaterspiegel hebt bereikt (dit is niet in alle gebieden mogelijk, zoals op de hoge Veluwe). Idealiter gebeurt dit einde winter (februari) en einde zomer (september) om een jaarrond beeld te krijgen.



## Bijlage 2 Protocol uitgebreid veldonderzoek

### Bodemtypologie

De bodem bestaat vaak uit een strooisellaag (humus) en een minerale bodem. Kennis van deze lagen is wel handig/noodzakelijk om zeker te zijn dat de goede laag wordt bemonsterd. Op hoofdlijnen zijn de volgende horizonten te onderscheiden:

- Humusprofiel
  - o L-horizont (vers blad en takmateriaal)
  - o F-horizont (gefragmenteerd blad en tak materiaal)
  - o H-horizont (zwart, gehumificeerd blad- en takmateriaal, niet meer herkenbaar als zodanig).<sup>29</sup>
- Bodemprofiel (minerale bodem)
  - o A-horizont (humeuze minerale laag)
  - o E-horizont (uitspoelingshorizont waar grijskleuring plaatsvindt omdat humeus materiaal en nutriënten als ijzer etc. uitspoelen naar de B)
  - o B-horizont (inspoelingshorizont waar humeus materiaal inspoelt vanuit de A; vaak bruin)
  - o C-horizont (moedermateriaal, vaak geelwit of grijs).<sup>30</sup>

### Bemonstering

Wanneer de kennisvraag gerelateerd is aan standplaatsen van een bepaalde soort, of wanneer een globaal beeld van een gebied wenselijk is, is het nodig om de bodemchemie te vergelijken tussen locaties. In eerste instantie gaat het dan om vergelijkingen tussen de locaties per bodemlaag. Omdat planten veelal in de bovenste 10 cm van de bodem wortelen (het gaat hier vooral om actieve wortels, voor stevigheid gaan veel soorten dieper) en er ook veel referentiedata zijn van deze laag, gaat dit protocol ook uit van een bemonstering van de A horizont op 0–10 cm onder maaiveld.

Wanneer eveneens interesse is in de processen die plaatsvinden in verschillende horizonten, wordt elke horizont apart bemonsterd. Per locatie zijn dat dan de volgende horizonten:

- A-horizont op 0–10 cm–mv
- B-horizont op elke locatie (als er meerdere locaties per bos zijn dan op elke locatie een B bemonsteren). Mocht de B niet duidelijk herkenbaar zijn, dan 20–30 cm–mv bemonsteren.
- C-horizont op één plek per bos, er vanuit gaande dat dit materiaal (het moedermateriaal van de bodem) per bos niet veel verschilt. Bemonsteren op de diepte waar geen bodemvormende processen meer waarneembaar zijn, zoals ca. 1 m onder maaiveld. Een uitzondering hierop zijn locaties waar je verschillen verwacht in het moedermateriaal doordat afzettingen vrij jong zijn en op korte afstand van elkaar kunnen verschillen.

---

<sup>29</sup> Van Delft, 2004.

<sup>30</sup> Ten Cate *et al.*, 1995.



Bij het maken van een bemonsteringsplan is een aantal zaken van belang:

- Bodems zijn vaak erg heterogeen. Dit betekent dat voor een goed beeld een bepaald gebied, meerdere monsters moeten worden genomen, denk aan minimaal 1 per hectare voor een gebiedsscan wanneer het gaat over 1 bodemtype en 1 vegetatietype. Echter wanneer er veel vegetatietypen of bodemtypen zijn dan in elk bodem/vegetatietype minimaal 1 monster van de bovenste laag.
- Het is, zoals gezegd, zo dat binnen een gebied met twee vegetatietypen (bijvoorbeeld bos en heide) het zeer waarschijnlijk is dat deze vegetatietypen wel hetzelfde moedermateriaal hebben (dus de C-horizont). Deze diepere bodem hoeft niet meerdere keren te worden bemonsterd.
- Een bodemonster bestaat zelf weer uit een menging van 5 sub-monsters.

### **Overige metingen op dezelfde locatie**

Naast het bemonsteren voor bodemchemische analyse, worden ook het bodem- en humusprofiel in het veld beschreven. Ook worden vegetatie en vitaliteit beschreven om een relatie tussen bodem en vegetatie te kunnen leggen. In natte gebieden wordt ook de grondwaterkwaliteit bepaald.

Bodemprofiel: tot de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) indien mogelijk, of tot minimaal 1,2 m-mv. De bodem wordt geclassificeerd aan de hand van de Nederlandse Classificatie Bodem (ten Cate et al. 1995).

Humusprofiel: per locatie wordt tevens het humusprofiel bepaald (sleutel van de Franse school: meer functioneel georiënteerde classificatie (Jabiol et al., 2004)). Gebruik een maatlat en beschrijf de L, F en H horizont en noteer of er menging van de lagen is.

Vegetatie: per locatie een beschrijving van de vegetatie en vitaliteit. De vegetatiesamenstelling wordt beschreven aan de hand van één representatieve Braun Blanquet opname (10x10m bos) per locatie.

### **Locatiekeuze**

Vervolgens kunnen locaties voor bemonstering worden geselecteerd volgens de volgende stappen:

1. AHN, vegetatietypen, grondwatertrappen en bodemtypen bestuderen
2. Bepalen hoeveel monsters er nodig zijn. In het veld wil de werkelijke situatie nog wel eens afwijken van wat de kaarten suggereren. Laat je de vegetatie en het reliëf leidend zijn voor het aantal bodemonsters.
3. Denk aan de kennisvraag:
  - a. Is de vraag een gebiedsscan dan volstaat vaak een minder intensieve bemonstering. Is het gebied erg heterogeen dan zullen veel monsters nodig zijn.
  - b. Is de vraag gerelateerd aan een bepaalde behandeling dan moet deze behandeling EN de controle(s) worden bemonsterd.

### **Bepalen van de te bemonsteren laag**

Bepaal of er meerdere diepten moeten worden bemonsterd per locatie. Bij een scan volstaat vaak de minerale bodemlaag (0-10 cm-mv) en de B-horizont. De C-horizont is niet altijd nodig (of één keer per bosgebied).





### **Bemonsteren van de bodem**

Bemonsteren kan met een guts of boor. Een monster bestaat uit vijf sub-monsters, genomen op willekeurig geselecteerde plekken, telkens 3–5 meter van elkaar. In totaal is ongeveer 100 gram bodem nodig, dat is ongeveer een boterhamzakje halfvol. Liever wat meer dan wat minder. Monsters moeten zo snel mogelijk na bemonsteren koel worden bewaard, dus bij 4 graden. Ook is van belang dat ze zo snel mogelijk worden geanalyseerd. Van de 0–10 cm laag per locatie en de B-horizont wordt tevens een bulk density monster genomen met een bulk density ring, om later de concentraties per kilo om te rekenen naar liter bodem. Alle bodems moeten luchtdicht in een zakje worden bewaard en goed worden gecodeerd.

### **Bodemchemische analyse**

Van mengmonsters van de bodem wordt in het lab het organisch-stofgehalte bepaald. Bulk density wordt bepaald aan het bulk density monster. Bodemchemie zal worden bepaald op gehomogeniseerde mengmonsters. De bodems worden geanalyseerd op zuurgraad (pH), organisch stof gehalte, basische kationen (Ca, K, Mg, Na), stikstof ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), fosfor (P), buffering (CEC) en metalen (Al, Fe). Afhankelijk van de vraag worden de volgende analysepakketten aanbevolen:

- een quickscan van zandbodems (natuur) of een standplaatsonderzoek: dan is pH, basische kationen, stikstof genoeg. Dit gaat dan in een water- en zoutextract. In natte bodems ook fosfor meten (Olsen-extractie).
- een volledig onderzoek in natuurbodems dan wordt bovenstaande allemaal gemeten inclusief ook totaalgehalten van elementen als mangaan (Mn), Silicium (Si) en zink (Zn). Met andere woorden, het gehele elementenpakket dat wordt aangeboden door bedrijven als B-WARE of Bargerveen. Dan is een zoutextract, een strontiumextract en een destructie nodig.