



---

# Procesindicatoren PAS

Rapportage 2016

N.A.C. Smits, C.A. Mucher, W.A. Ozinga, R.W. de Waal & G.W.W. Wamelink



---

# Procesindicatoren PAS

Rapportage 2016

N.A.C. Smits, C.A. Mucher, W.A. Ozinga, R.W. de Waal & G.W.W. Wamelink

Dit onderzoek is uitgevoerd door Alterra Wageningen UR in opdracht van en gefinancierd door het ministerie van Economische Zaken, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'Terrestrische biodiversiteit' (projectnummer BO-11.019.01-012).

Wageningen Environmental Research  
Wageningen, december 2016

---

Rapport 2771  
ISSN 1566-7197

---

N.A.C. Smits, C.A. Mucher, W.A. Ozinga, R.W. de Waal & G.W.W. Wamelink, 2016. *Procesindicatoren PAS; Rapportage 2016*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2771. 62 blz.; 6 fig.; 8 tab.; 56 ref.

In het kader van het Programma Aanpak Stikstof (PAS) is in 2016 doorgewerkt aan een aantal onderwerpen rondom de ecologische onderbouwing van het PAS, waaronder de procesindicatoren. Binnen de PAS-monitoring is afgesproken dat het proces van natuurherstel ook op korte termijn gevolgd wordt om zo snel mogelijk de effectiviteit van de herstelmaatregelen in kaart te brengen. Hiervoor zijn de PAS-procesindicatoren ontwikkeld. Deze procesindicatoren zijn vooral bedoeld om een indicatie van het herstelproces te geven. Deze procesindicatoren kunnen verschillen per habitatype en per maatregel, maar ook per gebied. Om die redenen is een flexibel systeem ontworpen met diverse parameters: luchtfoto's, abiotische metingen, vegetatie en soorten. De huidige rapportage betreft de verslaglegging van de ontwikkelde systematiek van PAS-procesindicatoren.

Trefwoorden: Programmatische Aanpak Stikstof, Programma Aanpak Stikstof, PAS, monitoring, ecologische effecten, procesindicatoren

Dit rapport is gratis te downloaden van <http://dx.doi.org/10.18174/401546> of op [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research) (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2016 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E [info.alterra@wur.nl](mailto:info.alterra@wur.nl), [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research). Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Environmental Research Rapport 2771 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Nina Smits

---

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>PAS-procesindicatoren</b>	<b>6</b>
	2.1 Invulling van de procesindicatoren	6
	2.2 Randvoorwaarden voor gebruik	7
	2.3 Doel van deze studie	7
	2.4 Benodigde gegevens	9
	2.5 Te volgen stappen	9
<b>3</b>	<b>De systematiek</b>	<b>10</b>
	3.1 Totaaltabel	10
	3.2 Toelichting op de specifieke onderdelen	10
<b>4</b>	<b>Remote sensing</b>	<b>11</b>
	4.1 Luchtfoto's	12
	4.2 NDVI tijdseries	12
	4.3 ZHR-satellietbeelden	13
	4.4 Vegetatiehoogte (3D)	15
	4.5 UAV's	15
<b>5</b>	<b>Abiotische metingen</b>	<b>17</b>
	5.1 Uitgangspunten	17
	5.1.1 Standplaats en analyses	18
	5.1.2 Aantal monsters	18
	5.1.3 Diepten	18
	5.1.4 Frequentie van monitoring	18
	5.1.5 Uitgangssituatie	19
	5.1.6 Combinatie van analyses	19
	5.1.7 Ontwikkelingsrichting van de parameters	19
	5.2 Toelichting per habitatype/maatregelcombinatie	21
	5.2.1 Branden	21
	5.2.2 Uitmijnen	22
	5.2.3 Herstel water en winddynamiek	22
	5.2.4 Herstel waterhuishouding	24
	5.2.5 Strooisel verwijderen	27
	5.2.6 Plaggen en ontgronden	28
	5.2.7 Toevoegen basische stoffen	32
	5.2.8 Baggeren en verwijderen organisch sediment	34
	5.2.9 Chopperen	34
	5.2.10 Maaien	35
	5.2.11 Begrazen	35
	5.2.12 Verwijdering bos, struweel, selectief kappen en dunnen	35
	5.2.13 Hakhoutbeheer	36
	5.2.14 Diversen	36

---

<b>6</b>	<b>Vegetatie en soorten</b>	<b>37</b>
6.1	Afwegingskader voor de keuze tussen methoden (stap 4)	38
6.1.1	Vegetatie: keuze voor vegetatiekartering of permanente kwadraten	38
6.1.2	Soorten: keuze voor rastermethode of stippenmethode	39
6.2	Toelichting detailmodule vegetatie en soorten	39
6.3	Selectie van soorten (stap 5)	41
6.3.1	Kwaliteitsindicatoren	41
6.3.2	Synoptische tabel met trouwgraad van soorten per habitatype	41
6.4	Gebruik van plantensoorten als milieu-indicatoren	43
	<b>Relevante literatuur</b>	<b>45</b>
<b>Bijlage 1</b>	<b>Bijbehorende digitale bestand</b>	<b>48</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>Abiotische parameters</b>	<b>49</b>



---

# 1 Inleiding

De programmering van de BO-projecten is vastgesteld ten dienste van de decentralisatie van het natuurbeleid/het Natuurpact<sup>1</sup>. De te kiezen projecten zijn gericht op het oplossen van een aantal onderzoeksvragen die spelen rond de dossiers van het gedecentraliseerde natuurbeleid (Natuurpact) en gezamenlijke vraagarticulatie van de provincies. Met de beschikbaarstelling van het budget wordt gestreefd om een bijdrage te leveren aan een aantal urgente vraagstukken die door het rijk in samenwerking met provincies moeten worden opgelost om de decentralisatie te faciliteren.

In het kader van het Programma Aanpak Stikstof (verder afgekort als PAS) is in de periode 2010-2013 gewerkt aan herstelstrategieën voor stikstofgevoelige habitats. De studie geeft de huidige stand van zaken weer wat betreft de randvoorwaarden, effecten die de kwaliteit beïnvloeden en effectiviteit van herstelmaatregelen voor elk habitatype. De herstelmaatregelen zijn hierbij ingedeeld in drie categorieën: vuistregel (V), hypothese (H) en bewezen (B), naargelang er bewijs is voor de effectiviteit van de maatregel in dit type.

Vanuit het rijk is in het kader van het BO-onderzoek doorgewerkt aan een aantal onderwerpen rondom de ecologische onderbouwing van het PAS, waaronder monitoring. Om zo snel mogelijk de effectiviteit van de herstelmaatregelen in kaart te brengen, wordt het proces van natuurherstel gevolgd middels de 'PAS-procesindicatoren': indicatoren voor het detecteren van veranderingen op relatief korte termijn. De huidige rapportage betreft de verslaglegging van de ontwikkelde systematiek van PAS-procesindicatoren. Het doel hierbij was om te komen tot een gedragen gemeenschappelijke systematiek voor de PAS-procesindicatoren, gericht op het zichtbaar maken van het herstelproces op korte termijn.

---

<sup>1</sup> Zie <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2013/09/18/kamerbrief-natuurpact>.

---

## 2 PAS-procesindicatoren

Met het uitvoeren van de herstelmaatregelen in de PAS wordt het stoppen van de achteruitgang en vervolgens herstel beoogd van de stikstofgevoelige habitattypen en leefgebieden. Dat herstel zal in veel gevallen eerst zichtbaar zijn in de 'standplaatsfactoren' (abiotische condities) en specifieke soorten van habitattypen en leefgebieden en pas later zal het habitat als geheel verbeteren. Om toch zo snel mogelijk de effectiviteit van de herstelmaatregelen in kaart te brengen, is binnen de PAS-monitoring afgesproken dat het proces van natuurherstel gevolgd wordt door het bepalen en meten van 'PAS-procesindicatoren': indicatoren voor het detecteren van veranderingen op relatief korte termijn, vooral bedoeld om een indicatie van het herstelproces te geven. Deze procesindicatoren kunnen verschillen per habitatype en per maatregel, maar ook per gebied.

In het kader van de Natuurnetwerk-monitoring zullen vegetatiekarteringen om de twaalf jaar plaatsvinden. Bij veel PAS-gebieden dient vaker te worden gemeten hoe het er voor staat wat betreft ontwikkeling van natuurwaarden. Immers, als economische activiteiten worden toegestaan in de omgeving van een Natura 2000/PAS-gebied, moet de natuur wel voor verdere achteruitgang als gevolg van deze activiteiten worden behoed. Om tussentijds het herstel te kunnen volgen, zijn de procesindicatoren ontwikkeld. Met deze procesindicatoren kan in de meeste gevallen op korte termijn (< 6jr) iets gezegd worden of het gewenste proces op gang is gebracht.

De procesindicatoren behoren dus niet tot de standaard voor het meten van habitatkwaliteit, maar kunnen worden ingezet als gebiedsvragen daar aanleiding toe geven. Binnen het PAS is normaal gesproken altijd aanleiding om tussentijds aan de hand van procesindicatoren vast te stellen hoe het met de resultaten van de maatregelen gaat.

### 2.1 Invulling van de procesindicatoren

Naar aanleiding van de PAS-Monitoring is onder andere toegewerkt naar een verdere invulling van de PAS-procesindicatoren. In het door de Natura 2000 voortouwnemers ondersteunde document 'Werkwijze Monitoring en Beoordeling Natuurnetwerk Natura 2000/PAS' (Van Beek et al. 2014) is een stappenplan opgenomen voor het uitwerken van de PAS-procesindicatoren. Leidraad hierbij is Bijlage 15 van Deel II van dit Werkwijze-document. In het BO-onderzoek is in 2014 gestart met de hierin beschreven aanpak en gaandeweg zijn een aantal wijzigingen doorgevoerd.

Uit het onderzoek in 2014 is duidelijk naar voren gekomen dat niet voor alle herstelmaatregelen in elk habitatype geschikte soorten te vinden zullen zijn om herstel (op korte termijn) in kaart te brengen. Daarnaast hebben de provincies de wens geuit om ook andere parameters dan plantensoorten te mogen benutten als procesindicator en om, indien mogelijk, aan te kunnen sluiten bij bestaande monitoring.

Om die redenen is het systeem uitgebreid en zijn de volgende geschikte parameters geselecteerd:

- Luchtfoto's
- Abiotische metingen
- Vegetatie (totale soortensamenstelling of structuur)
- Soorten

In totaal zijn voor zestig (sub) habitattypen en veertien leefgebieden (voor soorten) maatregelen opgenomen in de herstelstrategieën. Vervolgens is voor elke combinatie (maatregel x habitatype) door diverse experts (Joop Schaminee, John Janssen, Han van Dobben, Wieger Wamelink, Sander Mucher en Nina Smits) bekeken welke parameter effectief is.



---

In 2015 is verder gewerkt aan de toelichting van de verschillende parameters (zowel algemeen als specifiek) voor de combinaties van maatregelen en habitattypen. Voor elke combinatie is een kansrijke procesindicator voorzien. Het is ook aangegeven wanneer er twijfel bestaat of een procesindicator binnen zes jaar een aantoonbare verandering zal laten zien.

## 2.2 Randvoorwaarden voor gebruik

Bij het gebruik van procesindicatoren wordt zo veel mogelijk aangesloten bij bestaande richtlijnen voor het monitoren van natuurkwaliteit. Voor achtergrondinformatie hierover wordt verwezen naar de handleiding 'Werkwijze Monitoring en Beoordeling Natuurnetwerk en Natura 2000/PAS' (Van Beek et al. 2014), met daarin onder andere een stappenplan voor het opzetten van een monitoringplan voor procesindicatoren op gebiedsniveau (Bijlage 15). Deze paragraaf sluit hierop aan. Er wordt achtereenvolgens ingegaan op de randvoorwaarden van stap 1, 2 en 3 van het stappenplan:

**Stap 1:** Het te volgen gebied is duidelijk omgrensd. De omgrenzing hangt af van de schaal van de te volgen ingreep en het hierdoor beïnvloede gebied.

**Stap 2:** Er is een landschapsecologische gebiedsanalyse (LESA) uitgevoerd, zodat er een duidelijk beeld is van de vegetatieontwikkeling en de trends van karakteristieke soorten, de sturende milieufactoren en de belangrijkste knelpunten. Zo is het bijvoorbeeld nodig om inzicht te hebben in de mate waarin stikstof in het gebied een knelpunt vormt (zo zijn er bijvoorbeeld bij een overschrijding van het kritische depositieniveau soms processen in het gebied aanwezig die bijdragen aan het in stand houden van populaties van stikstofgevoelige soorten). Op basis van deze analyse en de uit te voeren herstelmaatregelen wordt bepaald welke condities en processen gevolgd moeten worden.

**Stap 3:** De wenselijkheid van de herstelmaatregel en de te verwachten effecten zijn goed onderbouwd. Op basis van de aard van de te verwachten effecten en de snelheid hiervan kan een inschatting gemaakt worden van de gewenste frequentie en planning van de monitoring (inclusief het vastleggen van de nul-situatie). Is een eenmalige effectmeting voldoende of is er sprake van een langdurig en/of geleidelijk proces? Hoe groter de onzekerheid in het te verwachten effect, hoe sterker het belang van scherpe monitoring en een 'hand aan de kraan' (wanneer en hoe kan er bijgestuurd worden?).

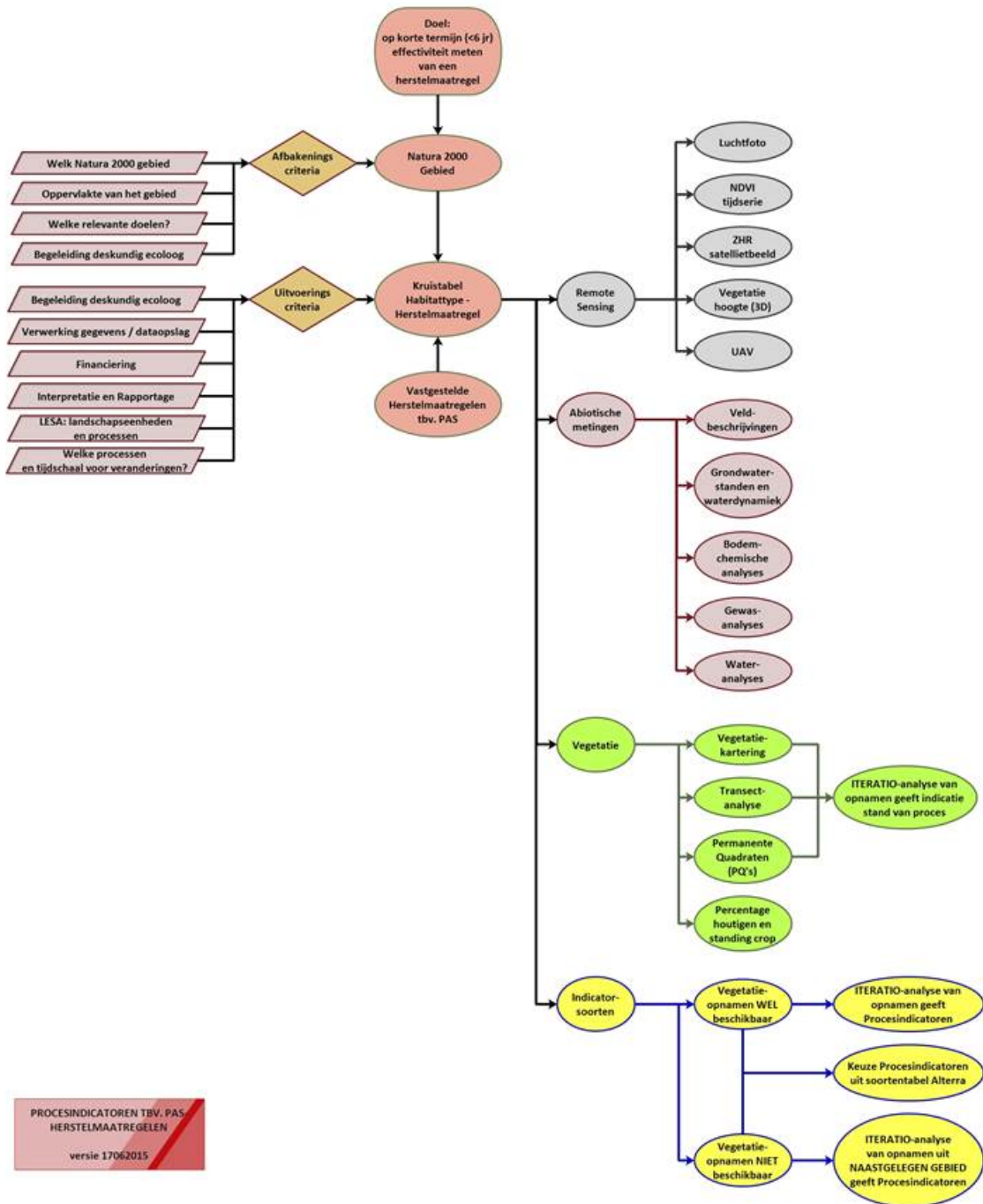
Voordat de procesindicatoren op een goede manier kunnen worden ingezet, is het verder belangrijk dat er voldoende ecologische expertise van dit specifieke gebied betrokken is. Overige afbakenings- en uitvoeringscriteria zijn opgenomen in het processchema (Figuur 2.1).

Om te komen tot een goede selectie van procesindicatoren is een compleet overzicht van de meetnetten die actief zijn en de monitoringsgegevens die al worden verzameld (soorten, vegetatie, peilbuizen, luchtfoto's etc.) essentieel.

## 2.3 Doel van deze studie

Uiteindelijk moeten deze rapportage en de bijbehorende totaaltabel voldoende handreikingen geven om te komen tot een set van procesindicatoren die inzicht geeft in de kwaliteit (de stand van zaken) van de habitattypen en binnen een gebied. Hiermee is in 2015 en 2016 in een aantal pilotgebieden geoefend.

# PROCESINDICATOREN



PROCESINDICATOREN TBV. PAS  
HERSTELMAATREGELLEN  
versie 17062015

Figuur 2.1 Processchema procesindicatoren (Peter van der Molen, juni 2015).

---

## 2.4 Benodigde gegevens

Om voor een specifiek gebied te komen tot een set van procesindicatoren zijn de volgende informatiebronnen nodig:

1. Gebiedskenner die de landschapsecologie van het gebied kent;
2. Terreinbeheerder;
3. Overzichtslijst habitattypen/leefgebieden en geplande herstelmaatregelen;
4. PAS-gebiedsanalyse, LESA;
5. Habitattypenkaart (liefst ook maatregelenkaart);
6. Luchtfoto;
7. Overzicht welke data nu al worden verzameld (natuurmonitoring, peilbuizen, luchtfoto's etc.), dus welke meetnetten zijn er en wat zijn de data die daaruit voortkomen;
8. Kosten herstelmaatregelen.

## 2.5 Te volgen stappen

1. Selectie van habitattypen en soorten die moeten worden gemonitord (PAS gebiedsanalyse en LESA).
2. Welke habitattypen/leefgebieden hebben de soorten nodig? (bron: Deel II, Bijlage I herstelstrategieën.)
3. Welke maatregelen worden voorzien voor de stikstofgevoelige habitattypen/leefgebieden? (Maatregelen uit de gebiedsanalyse, en koppeling met herstelstrategieën, inclusief toelichting experts.)
4. Welke procesindicatoren horen bij de set aan maatregel/habitattypen combinaties? (Totaaltabel.)
5. Waar worden de maatregelen voorzien? (Habitatkaart, maatregelkaart, luchtfoto's en experts.)
6. Welke procesindicatoren zijn optimaal voor deze locatie? (Habitatkaart/lokale experts.)
7. Welk set monitoringsactiviteiten voor het gebied zijn noodzakelijk? En zo mogelijk: welke geven aanvullend belangrijke informatie, maar zijn niet strikt noodzakelijk?
8. Wat is het bijbehorende kostenplaatje?
9. Conclusie en aanbevelingen.

# 3 De systematiek

## 3.1 Totaaltabel

Hart van het systeem is een totaaltabel (Excelandocument) waarin per combinatie van maatregel per habitatype/stikstofgevoelig leefgebied van soorten is aangegeven welke procesindicatoren mogelijk zijn, al dan niet geprioriteerd (zie Bijlage 1 voor digitale bestanden die bij deze rapportage behoren, Tabel 1 voor Legenda Totaaltabel).

**Tabel 1** Legenda Totaaltabel. \* Gebruikte indeling bij kolom G, H, I, J: bruikbaar = geschikt, evt. met nummering de prioritering aangegeven; nvt = niet geschikt; eventueel = eventueel geschikt (niet optimaal); f = faunasoorten.

Kolom	Kop	Toelichting
A	HT/leefgebied	Code Habitatype/leefgebied
B	Naam	Naam Habitatype/leefgebied
C	Deel I	Naam maatregel, zoals in Deel I gehanteerd in Tabel 3.1 (* = een specifieke invulling van de maatregel)
D	Tabel 9	Naam maatregel zoals in Tabel 9 (in elke Herstelstrategie) gebruikt
E	status	Status van de maatregel (B, V, H)
F	H/U	Gaat het om een herstelmaatregel (H), of uitbreidingsmaatregel (U)
G	Remote sensing	Remote sensing als PI *
H	abiotiek	Abiotiek als PI *
I	veg	Vegetatie als PI *
J	soort	Soort als PI *
K	opm	Opmerkingen

Let op: deze aanpak geeft dus de richtlijnen voor effectieve procesparameters, waarmee de gebruiker een optimale keuze voor een betreffend gebied moet maken. Kennis van het terrein en ecologische expertise blijft hierbij te allen tijde essentieel om tot de goede parameters te komen.

Met de huidige aanpak is zo veel mogelijk tegemoetgekomen aan de wensen van de gebruikers ten aanzien van een 'creatieve mix': er zijn zo veel mogelijk opties uitgewerkt, en in de lokale toepassing van het systeem wordt voldoende ruimte gegeven om per habitatype-herstelmaatregelcombinatie flexibele keuzen te maken.

## 3.2 Toelichting op de specifieke onderdelen

In de totaaltabel zijn de vier procesindicatoren benoemd: remote sensing, abiotiek, vegetatie en soorten. Voor elk van deze procesindicatoren zijn detailmodules uitgewerkt die werken als een uitbreiding van de basis totaaltabel. Deze procesindicatoren worden in de volgende hoofdstukken nader toegelicht.

## 4 Remote sensing

C.A. Mucher

In de totaaltabel is aangegeven in welke gevallen remote sensing kan worden ingezet als procesparameter (Mucher et al. 2015). De nadere uitwerking is te vinden in de specifieke detailmodule voor remote sensing (Excelandocument) waarin deze procesparameter gedetailleerd is uitgewerkt (zie Bijlage 1 voor digitale bestanden die bij deze rapportage behoren, Tabel 2 voor Legenda Remote sensing module).

**Tabel 2** Legenda Remote sensing module. \* Gebruikte indeling bij kolom G: bruikbaar = geschikt, evt. met nummering de prioritering aangegeven; nvt = niet geschikt; eventueel = eventueel geschikt (niet optimaal).\*\* gebruikte indeling bij kolom H: 1 = Visuele interpretatie luchtfoto's, 2 = NDVI tijdsseries uit satellietbeelden; 3 = Zeer hoge resolutie satellietbeelden; 4 = Hoogte vegetatie en andere vegetatiekenmerken uit LIDAR point cloud data; 5 = UAV's

Kolom	Kop	Toelichting
A	HT/leefgebied	Code Habitatype/leefgebied
B	Naam	Naam Habitatype/leefgebied
C	Deel I	Naam maatregel, zoals in Deel I gehanteerd in Tabel 3.1 (* = een specifieke invulling van de maatregel)
D	Tabel 9	Naam maatregel zoals in Tabel 9 (in elke Herstelstrategie) gebruikt
E	status	Status van de maatregel (B, V, H)
F	H/U	Gaat het om een herstelmaatregel (H), of uitbreidingsmaatregel (U)
G	Remote sensing	Remote sensing als PI *
H	RS methodiek	Remote sensing methodiek **
I	RS opmerkingen	Remote sensing opmerkingen
J	opm	Opmerkingen (uit totaaltabel)

Voor het onderdeel remote sensing wordt onderscheid gemaakt in de volgende bronnen en methodieken:

1. Visuele interpretatie luchtfoto's;
2. NDVI-tijdseries uit satellietbeelden met betrekking tot procesdynamiek (verruiging, verschraling, via bijvoorbeeld groenmonitor.nl);
3. Zeer hoge resolutie satellietbeelden (multi-spectraal);
4. Hoogte vegetatie en andere vegetatiekenmerken uit LIDAR point cloud data (voor AHN 1,2,3 komt bijna elke zes jaar een update). Ook stereo-interpretatie van luchtfoto's kan worden gebruikt om hoogte van de vegetatie te bepalen en daarmee een betere interpretatie van de vegetatie te verkrijgen;
5. Unmanned Airborne Vehicles (UAV's).

In Tabel 3 worden in het kort de belangrijkste verschillen in ruimtelijke en temporele resolutie en beschikbaarheid weergegeven van de verschillende informatiebronnen. Als temporele resolutie belangrijk is, zoals identificatie van het tijdstip van het maaien van grasland, dan kun je gebruikmaken van wekelijkse satellietbeelden zoals beschikbaar in bijvoorbeeld de groenmonitor ([www.groenmonitor.nl](http://www.groenmonitor.nl)). Als informatie over vegetatiehoogte of vegetatiestructuur erg belangrijk is, kun je beter gebruikmaken van LIDAR-puntenwolken (x, y, z). Afhankelijk van het proces dat we willen detecteren, moet een keuze gemaakt worden in informatiebron of een combinatie van verschillende digitale informatiebronnen. Daarnaast kunnen kosten ook een belangrijke rol spelen in de keuze van het informatiemateriaal.

**Tabel 3** Overzichtstabel van de verschillende bronnen/methodieken en de belangrijkste verschillen in ruimtelijke en temporele resolutie en beschikbaarheid.

Methodiek/bron	Ruimtelijke resolutie	Temporele resolutie	Beschikbaarheid
Luchtfoto's	~ 25 cm	Jaarlijks	'Open data'
NDVI-tijdseries	~ 25 meter	Wekelijks	'Open data', e.g. <a href="http://www.groenmonitor.nl">www.groenmonitor.nl</a>
ZHR-satellietbeelden	~ 1 meter	Wekelijks	Commercieel te bestellen via providers. Bijvoorbeeld: <a href="https://www.digitalglobe.com/contact-us/">https://www.digitalglobe.com/contact-us/</a>
Vegetatiehoogte (3D)	~ 50 cm (x, y) en hoogte in centimeters (3 cm nauwkeurig indien hoger dan 20 cm)	1 keer in de 6 jaar (gerelateerd aan AHN). Wanneer uit stereo luchtfoto's mogelijk elk jaar indien voldoende overlap luchtfoto's.	'Open data' afgeleid uit AHN LiDAR point clouds. Opmerking: wil men goed de vegetatiehoogte berekenen, dan is het vaak nodig om het maaiveld opnieuw te berekenen (is vaker uitgevlakt in natuurterreinen)
UAV's		Hoe vaak je maar wilt.	Eigen UAV aanschaffen of bedrijf inhuren. Kosten goede UAV zijn ongeveer 10.000 euro.

## 4.1 Luchtfoto's

Bij gebruik van luchtfoto's voor visuele interpretatie is er bij veel mensen een voorkeur voor 'true colour'-luchtfoto's (zoals als op Google Earth), omdat men hier in het algemeen meer ervaring mee heeft. False colour-luchtfoto's, waarbij gebruik wordt gemaakt van het nabij infrarood, zijn echter gevoeliger voor vegetatie en meten meer verschillen in intensiteit, waarbij water juist geen reflectie vertoont. Doordat de luchtfoto's een zeer hoog ruimtelijk detail kennen (25 cm of beter) zijn ook de toon, textuur en structuur goed te gebruiken bij de visuele interpretatie van de luchtfoto's. In het verleden werden luchtfoto's vooral in het vroege voorjaar in opdracht van topografische dienst gevlogen als er nog geen bladeren aan de bomen zaten, zodat men de infrastructuur goed in kaart kon brengen. Tegenwoordig wordt er niet alleen in het vroege voorjaar gevlogen, maar ook in andere seizoenen. Dit komt omdat er tegenwoordig meerdere partijen zijn betrokken, die consensus over de meetperiode moeten bereiken. De voorkeur voor een specifieke inwinperiode is ook afhankelijk van het vegetatietype. De kans op luchtfoto's in de gewenste periode is iets groter geworden, maar is kleiner in vergelijking met zeer hoge-resolutiesatellietbeelden.

Voor automatische classificatie kan men echter vaak slecht gebruikmaken van de beschikbare luchtfoto's, omdat deze tot een cosmetisch visueel aantrekkelijk product verwerkt zijn, waarbij de range in de originele reflecties vaak verloren is geraakt. Satellietbeelden zijn dus beter geschikt voor automatische classificatie, maar hebben niet zo'n hoge ruimtelijke resolutie als luchtfoto's (respectievelijk 45 cm en 25 cm). Daarmee zijn luchtfoto's en zeer hoge-resolutiesatellietbeelden complementair.

## 4.2 NDVI tijdseries

Een goed voorbeeld van een NDVI tijdserie is de groenmonitor ([www.groenmonitor.nl](http://www.groenmonitor.nl), Figuur 4.1). Deze satellietbeelden hebben een bijna wekelijkse opname frequentie en een ruimtelijke resolutie van 25 m. Je kunt met deze informatie de ontwikkeling van de vegetatie of een gewas in de tijd volgen. Wat je vooral meet met de NDVI of groenindex is de hoeveelheid groen of biomassa. Een zeer lage biomassa van minder dan 0.2 betekent bijvoorbeeld dat er geen gewas op staat en de grond kaal is of dat het perceel grotendeels onder water staat. Op het moment dat een grasland gemaaid wordt, neemt de hoeveelheid biomassa van de een op de andere dag enorm af en dit is meetbaar met deze satellietbeelden. Daarmee is deze bron vooral geschikt om processen zoals verruiging en verschraling op perceelniveau te kunnen monitoren.



Screenshot van de Groenmonitor.nl.

De 3 plaatjes laten Groenindex satellietbeelden zien van onbewolkte dagen van de afgelopen 3 jaren. Eroverheen liggen de perceelgrenzen met de jaarlijkse gewasopgave van de boeren.

Het kruisje is geplaatst in een weiland, waarna het verloop in de tijd zichtbaar wordt in de grafiek eronder. In dit geval is 2014 in beeld gebracht. In de winter staat de grasgroei nagenoeg stil met als gevolg lagere groenindex waarden. In februari begint het gras weer te groeien, waarna het gras voor de eerste keer gemaaid wordt rond 1 mei met als gevolg een sterke terugval in de groenindex waarden. Een tweede en derde maaisnede vonden plaats rond 10 juni en 20 juli.

**Figuur 4.1** Snapshot groenmonitor.nl.

### 4.3 ZHR-satellietbeelden

Satellietbeelden lenen zich beter voor semiautomatische verwerking en interpretatie. Indien er grote gebieden moeten worden geïnterpreteerd, kan dit zeer veel tijd schelen. Onder ruimtelijke resolutie verstaan we de grootte van het gebied dat een individuele pixel/punt vertegenwoordigt. Het bereik komt overeen met de grootte van het totale gebied dat door alle pixels/punten samen gedekt wordt. De grootte van de pixels, het aantal pixels en de afstand van de sensor tot de vegetatie bepalen dus de uiteindelijke resolutie en het bereik waarmee een gebied wordt vastgelegd.

Verschillende satellitsensoren zijn gevoelig voor verschillende delen van het elektromagnetisch spectrum (Tabel 4). Het totaal aan golflengten waarvoor een sensor gevoelig is, noemen we het spectrale bereik.

- Sensors die gevoelig zijn voor één breed bereik aan golflengten (1 band) maken zogenaamde panchromatische beelden. Voor iedere pixel is één waarde voor de hoeveelheid gereflecteerde straling gemeten. Deze beelden leveren dus altijd een monochromatisch beeld (1 kleur) op waarmee de aanwezigheid van vegetatie kan worden vastgesteld ten opzichte van bijvoorbeeld kale bodem.
- Multispectrale beelden worden verkregen door middel van een sensor met meerdere spectrale banden (2 tot ~10) waarin iedere band gevoelig is voor een eigen, smalle range aan golflengten. Deze beelden bevatten zowel informatie over de helderheid als de spectrale informatie van de waargenomen vegetatie. Dit maakt het mogelijk vegetaties te classificeren in groepen.
- Hyperspectrale beelden bevat nog smallere banden, het aantal loopt op tot boven de honderd. Deze unieke 'vingerafdruk' van een pixel maakt het mogelijk specifieke typen te identificeren. Hoe meer banden, hoe meer gezegd kan worden over de variatie en hoeveelheid van een bepaald type.

Naast het aantal en de breedte van banden, bepaalt het deel van het elektromagnetisch spectrum dat gemeten wordt welke biofysische eigenschappen van de vegetatie geobserveerd worden. Licht het bereik in het zichtbare tot korte golf infrarode gebied (400-3000 nm), dan worden vegetatiekleur, bedekking, vegetatiepatronen, structuur etc. zichtbaar. Banden in het thermische infrarode gebied (3000-14000 nm) geven informatie over de thermische dynamiek van vegetaties en kunnen bijvoorbeeld gebruikt worden voor het schatten van evapotranspiratie.



De frequentie waarmee beelden gemaakt worden, bepaalt de temporele resolutie, bijvoorbeeld: dagelijks, iedere paar dagen, iedere 10 dagen, enkele keren per seizoen, één keer per jaar etc. Een enkel beeld geeft alleen een momentopname. Meerdere beelden door de tijd maken het mogelijk veranderingen binnen het seizoen te karakteriseren. De toch al unieke spectrale 'vingerafdruk' verandert door het jaar heen op een unieke manier. Dit kan een juiste classificatie/identificatie van vegetatietypen positief beïnvloeden.

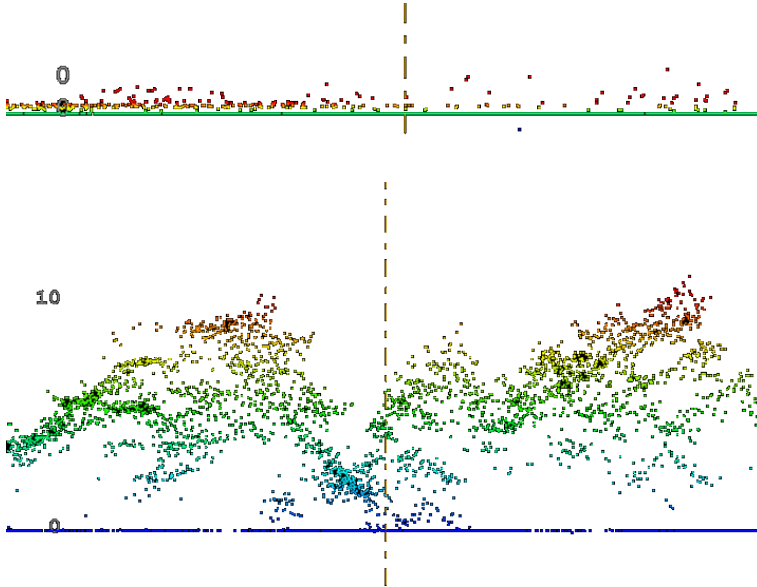
**Tabel 4** Spaceborne remote sensing bronnen die relevant kunnen zijn voor vegetatie monitoring. B: blauw; G: groen; R: rood; NIR: nabij infrarood; pan: panchromatisch; ms: multi-spectraal; VNIR: zichtbaar en nabij infrarood; SWIR: shortwave infrarood; TIR: thermisch-infrarood \* revisit time Once all 13 satellites are launched, Skybox (skystat compilation) will be able to revisit any point on Earth three times per day, \*\*can provide on demand a daily revisit everywhere on Earth with a total coverage of 6 million km<sup>2</sup> per day.

Satelliet sensoren	Lancering	Aantal banden	Ruimtelijke resolutie [m]	Revisit tijd [dagen]	Biophysical parameters
WorldView-2	2009	8 (B,G,R,coastal, yellow,NIR,RedEdge, NIR2)	0.46 (pan) 1.8 (ms)	1.1	Reflectie, NDVI, LAI, blad chlorofyl (en stikstof) concentratie Classificatie
WorldView-3	2014	8 (B,G,R,coastal, yellow,NIR, RedEdge,NIR2) 8 SWIR 12 CAVIS	0.31 (pan) 1.24 (ms) 3.7 (short wave IR)	<1	Reflectie, NDVI, LAI, blad chlorofyl (en stikstof) concentratie Classificatie
QuickBird	2001	4 (B,G,R,NIR)	0.65 (pan) 2.6 (ms)	1 - 3.5	Reflectie, NDVI, LAI Classificatie
GeoEye-1	2008	4 (B,G,R,NIR)	0.4 (pan)	~3	Reflectie, NDVI, LAI
GeoEye-2 (WorldView-4)	2016	4 (B,G,R, NIR)	0.3 (pan) 1.2 (ms)	<3	Reflectie, NDVI, LAI, blad chlorofyl (en stikstof) concentratie Classificatie
Ikonos	1999	4 (B,G,R,NIR)	1 (pan) 4 (ms)	~3	Reflectie, NDVI, LAI Classificatie
RapidEye (5 satelliet constellatie)	2008	5 (B,G,R,NIR, RedEdge)	5 (ms)	1	Reflectie, NDVI, LAI, blad chlorofyl (en stikstof) concentratie Classificatie
Pleiades-1A & B (2 satelliet constellatie)	2011/2012	4 (B,G,R,NIR)	0.5 (pan) 2 (ms)	1	Reflectie, NDVI, LAI Classificatie
SkySat-1 & 2	2013/2014	4 (B,G,R,NIR)	0.9 (pan) 2 (ms)	*	Reflectie, NDVI, LAI, blad chlorofyl (en stikstof) concentratie Classificatie
SPOT-6 & 7 constellatie	2012/2014	4 (B,G,R,NIR)	1.5 (pan) 8 (ms)	1	**
Landsat-8	2013	11 (VNIR,SWIR,TIR)	15 (pan) 30m (ms) 100m (TIR)	16	Reflectie, NDVI, LAI, temperatuur Classificatie
Aster	1999	3, 6, 5 (VNIR,SWIR,TIR)	15 (VNIR) 30 (SWIR) 90 (TIR)	16	Reflectie, NDVI, LAI, blad chlorofyl (en stikstof) concentratie Classificatie
Sentinel-2A & B (2 satelliet constellatie)	2015/2016	13 (VNIR, NIR, SWIR)	10, 20, 60	< 5	Reflectie, NDVI, LAI, blad chlorofyl (en stikstof) concentratie Classificatie

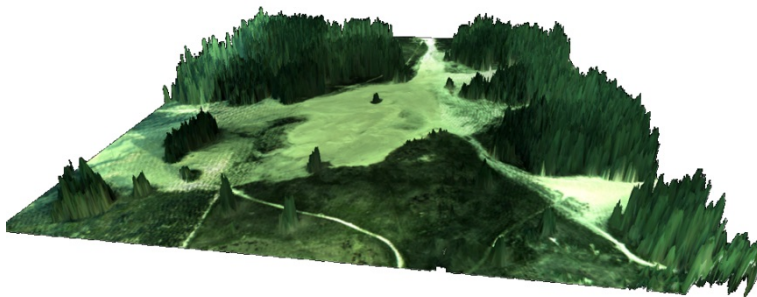
---

## 4.4 Vegetatiehoogte (3D)

Vegetatiehoogte kan uit het OHN-(Object Hoogte Nederland)bestand worden gehaald, welke weer is afgeleid uit het AHN-2 bestand. AHN-1 is in 2003 opgenomen, AHN-2 rond 2009-2010 en AHN-3 is sinds 2015 beschikbaar. Zie ook Figuur 4.2 en 4.3 voor toepassingen van remote sensing voor vegetatiehoogte.



**Figuur 4.2** Een tweedimensionaal (2D) beeld van een LIDAR-scan over lage vegetatie (bovenste figuur) en hoge vegetatie (onderste figuur).



**Figuur 4.3** Een driedimensionaal (3D) beeld op basis van LIDAR-metingen.

## 4.5 UAV's

Met de inzet van Unmanned Airborne Vehicles (UAV's) kan een nog hogere ruimtelijke en temporele resolutie worden behaald dan met airborne- of spaceborne-systemen. Echter, dit is afhankelijk van het type camera dat wordt gebruikt. Op dit moment is het al mogelijk om met multispectrale of hyperspectrale camera's onder bijvoorbeeld een multicopter te werken (zie ook als bijvoorbeeld <http://www.wageningenur.nl/uarsf>).

Het multicopter (Figuur 4.4) of vliegtuig UAV platform kan meestal volledig autonoom gevlogen worden. Dat houdt in dat de UAV een vooraf aangegeven pad met routepunten volgt (x, y en z) die als GPS-punten in het vliegsysteem geladen kan worden. De piloot beperkt zich hierbij tot het veilig in de

lucht brengen en landen van de UAV. Een octocopter kan met maximaal 2 kg aan camerasystemen vliegen, terwijl dit voor verschillende vliegtuigen, zoals fixed wing Mavinci, soms maar een paar honderd gram is. Echter een vliegtuigje kan wel langer in de lucht blijven (tot veertig minuten) en kan zo veel grotere oppervlaktes in kaart brengen. In één dag kan een vliegtuigje van vijf vierkante kilometer foto's maken. De multicopter met 2 kg lading kan slechts 5 tot 10 minuten vliegen. Met deze vliegtijd kan in de praktijk een traject met een lengte van maximaal 1 km gevlogen worden of een oppervlakte van ongeveer 5 ha worden opgenomen. Daarna wordt de accu door een nieuwe vervangen en kan na 5 minuten het volgende traject gevlogen worden. Voordeel van een multicopter is dat die beter manoeuvreerbaar is. Als je bijvoorbeeld een open plek in het bos in kaart wil brengen, is het handig dat je verticaal kunt opstijgen en landen en dat je obstakels kunt ontwijken.



**Figuur 4.4** Multicopter met hyperspectrale camera en een fixed wing vliegtuigje met fotogrammetrische camera.

Het detail van de opgenomen beelden is afhankelijk van de hoogte waarop wordt gevlogen. Tabel 5 geeft een overzicht van de mogelijke pixelgrootte en breedte van de opname bij verschillende hoogtes. Om de vegetatie in natuurterreinen goed te kunnen volgen, is een resolutie van 20 cm vaak al ideaal. Een orthofoto heeft in meeste gevallen 3 of 4 banden (true colour- of false colour-foto's) en geeft voor veel doeleinden voldoende informatie. Wil men echter ook dominante plantensoorten kunnen onderscheiden, dan moet men vaak ook naar specifieke spectrale banden kijken en kunnen we dus gebruikmaken van hyperspectrale beelden met bijvoorbeeld 100 banden (let wel, lang niet alle dominante soorten kunnen worden onderscheiden). Specifieke banden rond de red-edge kunnen ook iets zeggen over het chlorofylgehalte van de vegetatie en dus bijvoorbeeld of er bemest is.

**Tabel 5** Haalbare pixelgrootte en opnamebreedte bij gegeven vlieghoogte UAV.

Hoogte (m)	Pixelgrootte hyperspectrale camera (cm)	Breedte opname hyperspectrale camera (m)	Pixelgrootte Orthofoto (cm)	Max. vliegsnelheid (m/s)
20	5.3	16	0.52	1.1
40	11	32	1.0	2.1
60	16	48	1.6	3.2
80	21	64	2.1	4.3
100	27	80	2.6	5.3
120	32	96	3.1	6.4

# 5 Abiotische metingen

R.W. de Waal & G.W.W. Wamelink

In de totaaltabel is aangegeven in welke gevallen abiotische metingen kunnen worden ingezet als PAS-procesindicator. De nadere uitwerking is te vinden in de specifieke detailmodule voor abiotiek (Excellendocument) waarin deze procesindicator gedetailleerd is uitgewerkt (zie Bijlage 1 voor digitale bestanden die bij deze rapportage behoren, Tabel 6 voor Legenda Abiotiek module).

**Tabel 6** Legenda Abiotiek module. \* Gebruikte indeling bij kolom G: bruikbaar = geschikt, evt. met nummering de prioritering aangegeven; nvt = niet geschikt; eventueel = eventueel geschikt (niet optimaal). \*\* gebruikte indeling bij kolom I t/m BH: u= alleen uitgangssituatie: is geen procesindicator; m= monitoring frequent; p= monitoring met beperkte frequentie; d= voor en na de ingreep. Gehanteerde prioritering (kolom M, R, AF, AN, AR, BG): 1 = eerste prioriteit, altijd doen; 2 = tweede prioriteit, belangrijk, maar niet noodzakelijk; 3 = derde prioriteit, aan te bevelen.

Kolom	Kop	Toelichting
A	HT/leefgebied	Code Habitatype/leefgebied
B	Naam	Naam Habitatype/leefgebied
C	Deel I	Naam maatregel, zoals in Deel I gehanteerd in Tabel 3.1 (* = een specifieke invulling van de maatregel)
D	Tabel 9	Naam maatregel zoals in Tabel 9 (in elke Herstelstrategie) gebruikt
E	status	Status van de maatregel (B, V, H)
F	H/U	Gaat het om een herstelmaatregel (H), of uitbreidingsmaatregel (U)
G	Abiotiek	Abiotiek als PI *
H	opm	Opmerkingen (uit totaaltabel)
I t/m BH	divers	Detailtering abiotische metingen
J	opm	Opmerkingen (uit totaaltabel)

De toelichting voor de abiotische metingen is zo veel mogelijk gegroepeerd vanuit specifieke maatregelen waarbij, indien noodzakelijk, eventuele specificatie per habitatype is aangegeven. In Bijlage 2 is een totaaloverzicht opgenomen van abiotische metingen die uitgevoerd kunnen worden bij de verschillende beheermaatregelen onder de PAS. Dit is een technische toelichting waarom bepaalde metingen noodzakelijk zijn. Voor 268 (van de 460) combinaties is een abiotische meting bruikbaar en voor 101 zou een meting eventueel kunnen worden uitgevoerd. Voor deze in totaal 369 combinaties is in beeld gebracht om welke metingen het zal gaan.

## 5.1 Uitgangspunten

De benodigde monitoring voor regulier beheer is in deze studie buiten beschouwing gelaten. Ook bij regulier beheer is het echter verstandig om het effect van het beheer te monitoren door middel van periodieke inventarisaties en bodemanalyses. Vaak kan dat in een lagere frequentie dan hier voorgesteld. Maatregelen die pas na een periode van zes jaar (de maximale horizon van dit onderzoek) effecten in metingen laten zien, zijn niet opgenomen. Daarnaast is het in een aantal gevallen zeer aan te raden om de uitgangssituatie voor de ingreep, zeker bij ingrepen als plaggen, afgraven of grondwaterstandsverhoging, goed vast te leggen. In een aantal gevallen is het daarna niet meer nodig om die analyses te herhalen (Bijlage 1, 2 en Excel-document). Omdat het belangrijk is dat deze analyses wel worden uitgevoerd, zijn de initiële analyses wel opgenomen in de Exceltabel (met een "u" gemarkeerd).

---

Er worden op twee manieren verdere handvatten geboden om te verfijnen in de uit te voeren abiotische metingen. Allereerst is voor alle bodemchemische, gewas- en wateranalyses per specifieke parameter aangegeven over welk proces de parameter informatie verschaft, zodat nut en noodzaak kunnen worden afgeleid uit het doel van de maatregel ter plekke (rij 2 in de Excel). Daarnaast is van elke groep abiotische metingen in de Excelfile (achter de kolommen met parameter) aangegeven hoe belangrijk het is om de meting daadwerkelijk uit te voeren. Hierbij is de volgende codering gehanteerd: 1 = altijd doen, 2 = belangrijk, maar niet noodzakelijk, 3 = aan te bevelen). Hiermee wijkt de gehanteerde codering voor abiotiek dus af van die voor de andere procesindicatoren.

Het is verder van groot belang dat analyses vergelijkbaar zijn. Zo zijn de pH\_KCl en pH\_CaCl<sub>2</sub> niet direct vergelijkbaar met pH\_H<sub>2</sub>O, maar wel in elkaar om te rekenen, terwijl het Pw-getal moeilijk te vergelijken is met het PSI-getal of P-Olsen.

### 5.1.1 Standplaats en analyses

Welke bodemanalyses gebruikt worden, is locatie-specifiek en afhankelijk van het standplaatstype (bodem, hydrologie geomorfologie). Een standplaats op kalkrijke kleigronden heeft een ander analysepakket nodig dan droge kalkarme stuifzandgronden (zie 5.2 Toelichting per habitatype/maatregelcombinatie). De aangegeven analyses zijn dan ook een richtlijn. In de praktijk zal op grond van de bodemkaart, de geomorfologische kaart en het habitatype een snelle inschatting gemaakt worden van de standplaats, waarna een beter gespecificeerd onderzoekpakket kan worden samengesteld. Ook de door beheerders genoemde specifieke problemen zoals een te hoog stikstof- en/of fosfaatoverschot en verzuring vereisen een meer gerichte analyse. Na een snelle vaststelling van het standplaatstype via kaartmateriaal is altijd een korte veldcontrole van geomorfologie en bodem aan te raden, omdat het kaartmateriaal over het algemeen te grof is. Voor een deel van de maatregelen zijn metingen van de uitgangssituatie onderdeel van deze nadere specificatie.

### 5.1.2 Aantal monsters

Er worden geen uitspraken gedaan over het aantal monsters (en ruimtelijk spreiding) dat moet worden genomen. Het uiteindelijke aantal hangt mede af van de complexiteit van het gebied en de grootte van het gebied. Er kan normaal gesproken volstaan worden met enkele volledige bodemprofielbeschrijvingen voor de ingreep (om de ingreep goed te kunnen uitvoeren) en na de ingreep ter controle. Het zal duidelijk zijn dat hoe gevarieerder het gebied is waar de maatregelen wordt genomen, hoe meer monsters er genomen moeten worden. Met behulp van een ruimtelijk statistische methode kan worden bepaald hoeveel monsters er genomen moeten worden om een betrouwbaar beeld te krijgen.

### 5.1.3 Diepten

Meestal volstaat monsternamen van de wortelzone (0-20cm). Onder verzurende omstandigheden moet zowel op een diepte van 0-10 cm als 10-20 cm een monster genomen worden. De humusvorm is daarbij een goede indicator van verzurende processen. In minerale bodems met een strooisellaag is het raadzaam om bij monsternamen het strooisel en de minerale bovengrond niet te mengen, maar aparte monsters te nemen. Bij maatregelen als plaggen en afgraven is het ook van belang om op grotere diepten te bemonsteren om te controleren tot hoe diep het profiel eventueel verwijderd moet worden en of de beoogde nieuwe wortelzone voldoet aan de eisen voor het desbetreffende habitatype. De veldbeschrijving van de bodem gaat meestal tot een diepte van 1,50 m. Daar waar het grondwaterniveau hoog is of zelfs semi-terrestrische omstandigheden heersen, kan met een geringere diepte worden volstaan. Soms is alleen het humusprofiel (max. 40 cm diepte) voldoende.

### 5.1.4 Frequentie van monitoring

Monitoring van de abiotiek heeft meestal een geringere frequentie nodig dan biotische metingen. Uitzondering hierop vormt het registreren van de grondwaterfluctuaties. De veldbodemkundige beschrijving is zonder grote ingrepen weinig veranderlijk. Wel is ze van groot belang bij de beschrijving van de uitgangssituatie en eventueel van de nieuwe bodemkundige omstandigheden na

---

plaggen, afgraven en ophogen. De humusvorm (het humusprofiel; Van Delft et al. 2006) is echter wel veranderlijk. Processen als verzuring, verdroging, ver- en ontziltting kunnen binnen een tijdsbestek van enkele jaren al tot een zichtbaar effect leiden in de humusvorm (De Waal & Kemmers 2000). De effecten van maaien en uitmijnen vereisen een langdurige, maar matig frequente monitoring (hooguit eens in de vijf jaar; Van Eekeren et al. 2016). Alle ingrepen met belangrijke gevolgen voor het terrein zoals afgraven, plaggen, veranderen van de hydrologie, inunderen, droogleggen en het op gang brengen van dynamiek vereisen een frequentere controle (2-5 jaar).

### 5.1.5 Uitgangssituatie

Bij plaggen/ontgronden en branden moeten standaard direct voor en direct na de ingreep bodemonsters genomen worden om de effectiviteit in kaart te brengen. Meten na de ingreep heeft alleen zin als op  $t = 0$  (de uitgangssituatie) ook daadwerkelijk een meting is gedaan, zodat vergelijking mogelijk is. Voor alle duidelijkheid wordt met de uitgangssituatie de situatie voor de ingreep bedoeld. Het geeft vooraf een indicatie of het herstel van de abiotiek kansrijk genoeg is om tot volledig habitatherstel te komen en erna zicht op de effectiviteit van de maatregel.

### 5.1.6 Combinatie van analyses

Een goede veldbodemkundige beoordeling van het standplaatstype (bodem, humusvorm en geomorfologie) kan helpen om te bepalen welke analyses nodig zijn. Zo heeft het op een kalkrijke standplaats (kalkhoudend tot aan het maaiveld) vaak weinig zin om de basenverzadiging te analyseren (wel op brakke kalkrijke standplaats) of hoeft op zeer arme standplaatsen met een overeenkomstig habitatype meestal niet op fosfaatbeschikbaarheid geanalyseerd te worden. Bij analyse van beschikbaar fosfaat zijn de overige P-gerelateerde bepalingen van minder belang. Hetzelfde geldt voor de groep stikstof- en kationenanalyses. Een goede analyse van de uitgangssituatie in een landschappelijke context kan op de lange termijn op deze wijze kostenbesparend werken, doordat de juiste maatregelen gekozen kunnen worden en voorkomen wordt dat irrelevante analyses uitgevoerd worden.

Soms kunnen verschillende analyses na eenzelfde voorbehandeling worden uitgevoerd of volgens dezelfde methode tegelijkertijd geanalyseerd worden. Niet alle in de kolommen genoemde analyses staan laboratorium-technisch op zichzelf: soms zijn parameters zonder of met weinig meerkosten samen met een andere te analyseren. Zo kunnen tegelijkertijd met de analyses gericht op CEC-bepaling een deel van de genoemde kationen zonder meerkosten geanalyseerd worden.

### 5.1.7 Ontwikkelingsrichting van de parameters

Bij de beschrijving van de habitatypen is aangegeven welke pH, grondwaterstand en nutriëntenrijkdom range bij de typen hoort (zie 'Werkwijze Monitoring en Beoordeling Natuurnetwerk' (Van Beek et al. 2014)). In Tabel 7 zijn de te meten abiotische parameters beschreven, samen met het (belangrijkste) achterliggende proces waarop zij van invloed zijn. In de laatste kolom is de globale gewenste ontwikkeling die wordt nagestreefd aangegeven. Voor een uitgebreide toelichting zie ook Bijlage 2.

**Tabel 7** Abiotische metingen, (belangrijkste) achterliggende proces waarop zij van invloed zijn en de globale gewenste ontwikkeling die wordt nagestreefd met herstel (voor verdere uitleg zie Bijlage 2). Daar waar in de kolom globale gewenste ontwikkeling staat 'afh. Van situatie' moet voor de richting naar de specifieke habitatmaatregelcombinatie worden gekeken voor de gewenste richting. Dit staat in paragraaf 5.2 verder toegelicht per combinatie.

Subgroep	Afkorting	Abiotische meting	Proces	Globale gewenste ontwikkeling
<b>Veldbeschrijvingen</b>				
	Bodpr	Bodemprofiel	Algemeen	Uitgangssituatie
	Humpr	Humusprofiel	Algemeen	Afh. van situatie
	GT	Grondwatertrap	Hydrologie	Toename
	pH-pr	pH-profiel	Basen	Afh. van situatie
<b>Grondwaterstanden</b>				
	GS	Grondwaterstanden	Hydrologie	Toename
	OF	Overstromingsfrequentie	Hydrologie	Toename
	IN	Inundatieduur	Hydrologie	Toename
	SL	Opslibbing	Nutriënten	Toename
<b>Bodemchemische analyses</b>				
	OS%	Gloeiverlies (organisch stofgehalte)	Overig	Afh. van situatie
	pH	Zuurgraad	Basen	Toename
	Pt	totaal fosfor gehalte	P	Afname
	Nt	totaal stikstof gehalte	N	Afname
	Panorg	P beschikbaarheid in extract	P	Afname
	Pbes	P beschikbaarheid	P	Afname
	Pw	P gehalte in waterextractie	P	Afname
	C/P	koolstof-fosfor verhouding	P	Afname
	C/N	koolstof-stikstof verhouding	P	Afname
	NH4 en NO3	ammonium, nitraat en nitriet	N	Afname
	Ca	Ca-gehalte (CaCO3)	Basen	Toename
	Zn	Zinkextractie	Overig	Toename
	Mg	Mg-gehalte	Basen	Afh. van situatie
<b>CEC bepalingen</b>				
	CEC	Kationen uitwisselings- capaciteit	Basen	Afh. van situatie
	Basvrz	Basenverzadiging	Basen	Toename
	Cavrz	Ca-verzadiging	Basen	Toename
	Kvrz	K-verzadiging	Basen	Afh. van situatie
	Navrz	Na-verzadiging	Basen	Afh. van situatie
	Mgvrz	Mg-verzadiging	Basen	Afh. van situatie
	Alvrz	Al-verzadiging	Basen	Afname
<b>Gewasanalyse</b>				
	Nt	totaal stikstof	N	Afname
	Pt	totaal fosfor	P	Afh. van situatie
	Kt	totaal kalium	Basen	Afh. van situatie
<b>Wateranalyses</b>				
	pH	Zuurgraad	Basen	Toename
	EC	elektrisch geleidend vermogen (EGV)	Basen	Toename
	Cl	Chloride	Overig	Toename
	TOC of DOC	totale org. C gehalte of opgeloste gehalte	Overig	Afname
	NH4, NO3	ammonium, nitraat en nitriet	N	Afname
	PO4	Fosfaat	P	Afname
	Na	Natrium	Overig	Afname
	Ca	Calcium	Basen	Toename
	Mg	Magnesium	Basen	Afname
	Fe	IJzer	Overig	Toename
	Al	Aluminium	Basen	Afname
	SO4	Sulfaat	Overig/S	Afname
	Zn	zink	Overig	Toename
	ALK	Alkaliniteit	Basen	Toename



---

## 5.2 Toelichting per habitatype/maatregelcombinatie

Voor alle maatregelen worden in deze paragraaf de te monitoren abiotische metingen, gegroepeerd per overeenkomstig habitatype, toegelicht. Dit is terug te voeren op de wijze van formuleren van de maatregel. Op gebiedsniveau zijn de maatregelen concreet omschreven, bijvoorbeeld "plaggen" of "maaieren" (Bijlage 2 en sheet 1 Excelbijlage). Op landschapsniveau wordt het doel van de maatregel omschreven, bijvoorbeeld "herstel van waterhuishouding" of "herstel waterdynamiek". In de categorie "herstel waterhuishouding" kan "plaggen" dan de concrete maatregel zijn om dit te bereiken (Bijlage 2 en sheet 1 Excelbijlage). Soms is er binnen een habitatype een overlap in maatregelen aanwezig. Dit kan consequenties hebben voor de te bepalen abiotische parameters en dus de metingen. Aan de andere kant kunnen de procesindicatoren voor een en dezelfde concrete maatregel per doelstelling verschillen. Voor plaggen met als doel nutriëntenafvoer zijn andere abiotische parameters nodig dan voor plaggen met als doel de vochtahuishouding te verbeteren of de successie terug te zetten. Dezelfde ingreep kan dus binnen een en hetzelfde habitatype verschillende doelen dienen. Voor meer specifieke informatie bij de abiotische parameters wordt verwezen naar Bijlage 2.

### 5.2.1 Branden

*Habitattypen: H2130A, H2130C, H2140B, H2150, H2310, H2320, H2330, H4010A, H4030, H6230, H7120, LG09*

Branden is meestal bedoeld om de stikstofvoorraad in de bodem te verminderen. Er kan kort na het branden een versnelling van de mineralisatie plaatsvinden, waardoor er tijdelijk een verhoogde nutriëntenbeschikbaarheid kan ontstaan (Kemmers et al. 2005a, Davies et al. 2010). Het effect van branden is seizoenafhankelijk, het geeft andere resultaten in de zomer dan in de winter. Het effect van branden is nog niet eenduidig. Bij branden verandert naast de nutriënten-, basen- en koolstofhuishouding ook het bodemleven. Stikstof verdwijnt grotendeels in de atmosfeer; de P-voorraad blijft echter meestal aanwezig in de bodem. Bij een gecontroleerde brand verbrandt vooral de vegetatie en, indien aanwezig, het losse, luchtige deel van de humuslaag (L en F-laag; Van Delft et al. 2006). Het organische stofgehalte (OS%) en de minerale inhoud van de bovengrond veranderen daarmee (tot circa 10 cm diepte). Niet alleen de hoeveelheid organische stof verandert, maar ook de aard. De asresten hebben meestal hogere concentraties basen en koolstof. Bovendien zijn de asresten meer inert, d.w.z. zijn ze minder gevoelig voor mineralisatie dan het uitgangsmateriaal waardoor ze beter N en P vastleggen. Het mineralenaanbod, de verhouding en de pH veranderen na branden. Door de NH<sub>4</sub>/NO<sub>3</sub> verhouding te meten, de gebufferde basenverzadiging en de pH van de bovengrond te bepalen, is dit te kwantificeren. Allereerst is een beschrijving van de bodem en het humusprofiel nodig. De beschrijving van de bodem kan beperkt blijven tot de bovengrond inclusief het daarop liggende strooisel (in feite de beschrijving van het humusprofiel). Het vaststellen van de N-, P- en organische stofgehalten en de pH verdienen hierbij de hoogste prioriteit. Analyse van de basenverzadiging kan belangrijke aanvullende informatie opleveren en heeft daarom prioriteit 2. Analyses en veldbeschrijving dienen voor en na de ingreep plaats te vinden en eventueel na vijf jaar herhaald worden.

#### **Specificatie per habitatype**

*Habitattypen: H2130A, H2130C*

Deze habitattypen worden gekenmerkt door organisch-stofarme humusvormen. De verbrande vegetatie zal leiden tot een lichte verhoging van het organische stofgehalte, voornamelijk in de vorm van asresten.

*Habitattypen: H2140B, H2150, H2310, H2320, H2330, H4010A, H4030, H6230, LG09*

Deze typen hebben in het algemeen een bovengrond die matig arm is aan organische stof. De door verbranding verdwenen organische stof van het humusprofiel wordt grotendeels gecompenseerd door de verbrandingsresten van de vegetatie.

---

### *Habitatype: H7120*

Branden is in combinatie met plaggen in het herstellend hoogveen bedoeld om Pijpenstrootje te bestrijden. Voorzichtigheid is hier geboden. Er komen binnen dit habitatype nog dikke veenpakketten voor die het onder controle houden van branden moeilijker maken dan in een habitatype met een dunne organische laag. Bovendien zijn horsten van Pijpenstrootje relatief resistent voor branden.

## 5.2.2 Uitmijnen

*Habitatypen: H6510A, H6510B (Aantal habitatypen dat geschikt is voor deze maatregel is hier ondervertegenwoordigd; overal waar verschrallend geplagd wordt, de voormalige productiegraslanden en akkers in het bijzonder, kan uitmijnen een alternatief zijn.)*

Uitmijnen is een methode om de standplaats van habitatypen te verschrallen d.w.z. de beschikbaarheid van de macronutriënten te verminderen (Chardon et al. 2009). Het kan ook worden ingezet om de nutriëntenbalans weer op orde te brengen, bijvoorbeeld door met P te bemesten als N in overmaat aanwezig is of omgekeerd (Ham et al. 2005). Door inzaaien, oogsten en afvoeren van gewassen met een hoge opname aan N en/of P (bijvoorbeeld klaversoorten) wordt verschrallend. In effectiviteit houdt deze maatregel het midden tussen maaien en plaggen met als voordeel ten opzichte van plaggen dat de bodemopbouw nauwelijks verstoord wordt. Uiteraard geniet het vaststellen van nutriëntenbeschikbaarheid in de bovengrond (wortelzone) de hoogste prioriteit. Vooral de P-beschikbaarheid (Oxalaat-methode of P-Olsen) is een belangrijke parameter om zowel de uitgangssituatie als de ontwikkeling in de jaren erna te controleren (Smolders et al. 2006, Van Delft et al. 2014). Omdat de afvoer van de nutriënten via het gewas plaatsvindt, heeft de gewasanalyse (N en P) een even hoge prioriteit.

## 5.2.3 Herstel water en winddynamiek

*Herstel water en winddynamiek aan de kust (dynamisch kustbeheer, ontpolderen)*

*Habitatypen: H1310A, H1310B, H1320, H1330A, (H2110)*

Bij deze habitatypen gaat het vooral om herstel van overstromingsdynamiek onder invloed van getijdewerking en secundair ook winddynamiek (embryonale duinvorming op drogere plekken, Arens et al. 2005). Deze dynamiek gaat gepaard met erosie (zowel water- als winderosie), dus afvoer van materiaal en/of met sedimentatie (afzetting van door water of wind meegevoerd materiaal).

Door de dynamiek kan successie teruggezet worden en door aanvoer van vers sediment kan de buffercapaciteit of de saliniteit gehandhaafd of hersteld worden. Deze dynamiek wordt binnen een vrij kort tijdsbestek zichtbaar in de bovenkant van het bodemprofiel (hier identiek aan het humusprofiel). Er ontstaat op deze locaties een zichtbare afwisseling van humushoudende en humusarme laagjes die eenvoudig en zonder specifieke kennis zijn waar te nemen. Bij het ontbreken van deze dynamiek of bij een te geringe toename van de dynamiek ontbreekt deze gelaagdheid. De erosie-effecten zijn ook goed herkenbaar aan het ontstaan van terreinvormen als geulen, laagten en erosierandjes. Bij bovenstaande habitatypen gaat toename van dynamiek behalve met afzetten van vers materiaal ook gepaard met toename van zoutinvloed. Dit is meetbaar aan de basenbezetting van het bodemmateriaal, waarbij vooral gekeken moet worden naar de Na- en Mg-verzadiging (Beets et al. 2000 t/m 2005). Uiteraard is de toename ook te koppelen aan toename van overstromingsfrequenties en overstromingsduur. De grondwaterstanden zijn minder relevant in het getijdegebied. Bij afname van de overstromingsdynamiek kan de invloed van de wind toenemen en kan er embryonale duinvorming plaatsvinden. Binnen een vrij kort tijdsbestek kan dan vanuit bovenstaande habitatypen het habitatype embryonale duinen (H2110) ontstaan. In deze overgangssituatie zullen de grondwaterkarakteristieken veranderen en zal er ontzilting plaatsvinden. Deze situatie is gemakkelijk aan het reliëf en het humusprofiel en de veranderende vegetatie te herkennen (De Waal & Hommel 2009). Bodemanalyses zijn in dit soort situaties in veel gevallen niet nodig.

---

### *Herstel winddynamiek*

*Habitattypen: H2110, H2120, H2130A, H2130B, H2130C, H2160, H2170, H2180A, H2180B, H2180C, H2190A, H2190B, H6430C, LG12*

Ook winddynamiek laat zich aflezen aan de bovenkant van de bodem (humusprofiel) door middel van enerzijds een afwisseling van humushoudende lagen met humusarm stuifzand, anderzijds door het ontbreken van enige ontwikkeling van een humushoudende bovengrond (Sevink & De Waal 2010). In de bos-habitattypen is het herkenbaar door menging van ingewaaid zand met het strooisel. Op zeer arme zandgronden met korte vegetaties kan het op- of instuiven van vers materiaal de bovengrond mineralogisch iets verrijken. De zo ontstane verschillen zijn niet binnen enkele jaren te meten. Op lange termijn kan vooral bij uitstuiven van laagten de grondwaterstand veranderen. Dit valt echter meestal niet binnen een tijdsbestek van vijf jaar. Bovendien stagneert bij een grondwaterstand nabij het maaiveld het uitstuiven. Overstuiven vanuit drogere habitattypen kan echter nog wel plaatsvinden. Kruiwilgstruweel (H2170) is een vochtig tot nat habitatype waar instuif kan plaatsvinden. De instuif van vers kalkrijk zand zorgt voor verhoging van het bufferend vermogen en bevordert daarmee de instandhouding van de kalkrijke habitattypen waartoe ook de Grijze duinen, kalkrijk (H2130A) behoren. De effectiviteit van deze instuif is door analyses van de CEC en basenverzadiging te controleren. Een goedkopere, maar minder nauwkeurige methode is de pH en het organisch stofgehalten van de bovengrond (humusprofiel) te bepalen. Bij de kruiwilgstruwelen (H2170), de vochtige duinbossen Duinbossen (H2180B) en de duinvalleien (H2190A en H2190B) kan instuiving leiden tot verandering in de grondwaterstanden. De monitoring hiervan kan een goede indicator zijn. Bij de kalkarme en de heischrale Grijze duinen (resp. H2130B, C) kan men volstaan met de organische stof- en de pH-bepaling. Controle van de bovengrond (humusprofiel) en een ondiep pH-profiel gelden als een belangrijke aanvullende indicator. Bij de embryonale duinen (H2110) en de witte duinen (H2120) is het herstel van de dynamiek af te lezen aan het ontstaan of het veranderen van het reliëf. De aard van de minerale bovengrond of het humusprofiel (overigens hier vrijwel zonder humus) geeft ook hier een indicatie van de voortgang van het stuifproces. Bij de bossen in de duinrand heeft herstel van de dynamiek herstel van het reliëf ten doel. Hier volstaan bodem en humusprofiel als indicator.

### *Herstel waterdynamiek, overstromingsdynamiek in het Binnenland*

*Habitattypen: H6120, H6130, H6410, H6510A, H6510B, H7140B, H91E0C, H91F0*

Onder het herstel van waterdynamiek in fluviaale milieus vallen ingrepen als verlagen oeverwallen, aanleg nevengeulen, uitdiepen geulen, kribverlaging, verwijdering bestorting, peilbeheer en hermeandering. Het is bedoeld om de overstromingsprocessen op gang te brengen of te houden. Door de bijbehorende dynamiek wordt de successie teruggezet en door aanvoer van vers sediment wordt de basenhuishouding op peil gehouden. Overstromingsdynamiek kan gemeten worden in termen van overstromingsfrequentie, overstromingsduur en fluctuaties van grondwaterstanden. Het laatste is direct meetbaar; de eerste twee zijn meestal grove schattingen. Ook de gelaagdheid, gevormd door recente sedimentatie, is een zekere maat voor de dynamiek; deze is vooral aan de hand van het humusprofiel (de bovenkant van het bodemprofiel) waar te nemen. De hoeveelheid sediment is meer exact te meten door het opvangen van het sediment op slibmatjes. Correlaties tussen de hoeveelheid slib en de geschiktheid voor het habitatype zijn echter onbekend. De reguliere bodemanalyses (OS%, pH, Nt, Pt etc.) geven meestal een goed beeld van de veranderende overstromingsinvloed (Wolf et al. 2001). De bovenkant van de minerale bodem (hier identiek aan het humusprofiel) en het verloop van de veld-pH (pH-profiel; Van Delft, Stoffelsen & Brouwer 2007) zijn hier goede, aanvullende indicatoren evenals de bepaling van de basen- en of calciumverzadiging. Bij de overgangsvelden en trilvelden (H7140B) wordt herstel van de verticale waterdynamiek nagestreefd. In dit geval is monitoring van de grondwaterstanden via peilschalen en peilbuizen voldoende. Een bijzonder type zijn hier de Zinkweiden (H6130). Het herstel betreft hier overstroming met zinkrijk water (specifiek voor de Geul) met als maatregel het kappen van bomen en bosjes langs de Geul om dit te bevorderen (Klimkowska et al. 2011). Belangrijkste analyse is in dit geval het zink en fosfaatgehalte in de bodem en het overstromende water. Overigens is bevordering van overstromingen met zinkrijk water met de huidige waterkwaliteit van de Geul problematisch door een te hoog fosfaatgehalte (Lucassen et al. 2009; zie ook volgende paragraaf).

---

## 5.2.4 Herstel waterhuishouding

*Habitattypen: H1330B, H2130C, H2140A, H2170, H2180B, H2180C, H2190A, H2190, H2190C, H3110, H3130, H3140, H3150, H3160, H4010A, H4010B, H6130, H6230, H6410, H6510A, H6510B, H7110A, H7110B, H7120, H7140A, H7140B, H7150, H7210, H7220, H7230, H9160A, H91D0, H91E0B, H91E0C, LG01, LG02, LG03, LG05, LG06, LG07, LG08, LG10, LG11*

Voor "herstel van de waterhuishouding" geldt hetzelfde als het begrip "herstel water- en winddynamiek"; het is meer een doel dan een maatregel. Ditzelfde geldt ook voor het meer specifieke begrip vernatting. De waterhuishouding heeft een kwalitatief en een kwantitatief karakter. Elders beschreven ingrepen als plaggen, afgraven en bekalken kunnen impact hebben op zowel de waterkwaliteit als de kwantiteit en kunnen daarmee onderdeel zijn van deze ingreep. Kwantitatief herstel is meetbaar aan de waterstanden die vastgesteld kunnen worden met behulp van peilbuizen (grondwaterpeil) en peilschalen (peil oppervlaktewater). De bij de waterpeilen behorende fluctuaties horen ook bij de kwantitatieve aspecten. Kwantitatieve aspecten als overstromingsfrequentie en inundatie behoren bij de waterdynamiek (zie vorige paragraaf "herstel waterdynamiek"). Bij zeer lage overstromingsfrequenties, die overigens een belangrijke ecologische functie kunnen vervullen, zijn lange waarnemingsreeksen nodig. Ze zijn daarom niet binnen een termijn van zes jaar te monitoren. Herstel van de waterkwaliteit heeft betrekking op de chemische en/of organische samenstelling van het grond- en oppervlaktewater. Herstel van de kwaliteit van het grondwater dient echter niet alleen met behulp van wateranalyses gecontroleerd te worden. Om na te gaan of de vegetatie profiteert, dient men ook in veel gevallen na te gaan in hoeverre het grondwater een positieve invloed op de wortelzone heeft. De pH, nutriëntenrijkdom en basenhuishouding van de bodem moet daarom bepaald worden. Ook grondwaterstanden dienen opgenomen te worden, het liefst in combinatie met bepaling van het pH-profiel. Een peilbuis is echter niet altijd zo te plaatsen dat het representatief is voor het gehele oppervlak van het habitatype. Het plaatsen van veel buizen is praktisch slecht uitvoerbaar. Door af en toe het pH-profiel op grotere afstand van buis te bepalen, kan toch een goed inzicht worden verkregen in het doorwerken van de herstelmaatregel in het gehele gebied. Ook een beschrijving van de bodem en het humusprofiel (uitgangssituatie) maakt interpretatie van de grondwaterstandgegevens gemakkelijker. Als om bepaalde redenen het plaatsen van een peilbuis in het geheel niet mogelijk is, kan met veldbodembondige gegevens (o.a. GT-schatting) inclusief het pH-profiel toch een indruk verkregen worden van het herstel.

### **Specificatie per habitatype**

#### *Herstel toevoer brak water*

*Habitattypen: H1330B, H2190A (brakke onderdelen)*

Door de standplaats met de zee te verbinden, kan de toevoer van brak water plaatsvinden. Hetzelfde kan bereikt worden door de bevordering van brakke kwel door maaiveldverlaging. Een combinatie van bepaling van het grondwaterpeil (peilbuizen of bij open water peilschalen) en waterkwaliteit is de beste methode om het herstel van de standplaats te controleren. Bij toevoer van zout water of brakke kwel zal ontkalking en ontzilting worden voorkomen. Dit is allereerst waar te nemen aan de kwaliteit van het grondwater en de effecten daarvan op de bovengrond (verhoging pH, en de CEC, en verhoging basenverzadiging en het chloride gehalte). PH en CEC van het water kunnen overigens ook eenvoudig met veldapparatuur gemeten worden. Bij de basenverzadiging is de Ca-, Na- en Mg-verzadiging van speciaal belang. Bij hoge grondwaterpeilen heeft bepaling van de waterkwaliteit een hogere prioriteit dan de CEC-basenbepaling. Bij de toename van zoutinvloed zullen er ook veranderingen plaatsvinden in de bodem en het humuscompartiment. De afbraak van organische stof wordt geremd door zoutwaterinvloed (geringe activiteit bodemfauna) en kan aanleiding geven tot de vorming van een veenachtig dode wortelzone (Beets et al. 2002). Deze ontwikkeling is op korte termijn in het humus- en bodemprofiel zichtbaar. Ook zal het pH-profiel veranderen (diepte verloop van de pH). Bij het herstel van kwel tot in de wortelzone kan ook naar de kwaliteit van het kwelwater worden gekeken en naar de bodemkwaliteit in de wortelzone. Voor het habitatype Vochtige duinvalleien (H2190A) gelden deze indicatoren alleen voor de vrij zeldzame brakke, open-water component van dit grotendeels zoete milieu.

---

### *Herstel basenhuishouding (terrestrisch)*

*Habitattypen: H2130C; H2170, H2180B, H2180C, H4010A, H4010B, H6230, H6410, H7140A, H91E0B, H91E0C, LG12*

Hydrologische herstelmaatregelen zijn gericht op herstel van de vochtvoorziening en de basenvoorziening. Het kan hierbij, meer specifiek, gaan om het herstel van (basenrijke) kwel, wat soms maatregelen in het inrijingsgebied vergt. Allereerst kan door bepaling van veldbodemkundige parameters de uitgangssituatie bepaald worden; aan de hand van het pH-profiel, regelmatig opgenomen grondwaterstanden en analyse van de grondwaterkwaliteit kan het herstel gemonitord worden. Analyse van de grondwaterkwaliteit moet op zijn minst gecombineerd worden met grondwaterstandgegevens (peilbuis of peilschaal) om te controleren of het herstel in de wortelzone effectief is. De vochtigste variant van de Grijze duinen, heischraal (H2130C), is in tegenstelling tot de kalkrijke (H2130A) en de kalkarme (H2130B) plaatselijk wel grondwaterafhankelijk. De effectiviteit van het herstel kan plaatsvinden door grondwaterstanden (verhoogd) en de grondwaterkwaliteit periodiek te meten. Beschrijving van het humusprofiel en het pH-profiel zijn de veldwaarnemingen, die eveneens van nut zijn om het verloop van het verzuringsproces vast te stellen. Ook de bodemchemische parameters en/of de basenverzadiging leveren bruikbare metingen op om het herstel naar een meer gebufferde situatie te kunnen volgen. Deze parameters genieten voor de grijze duinen (H2130) echter een lagere prioriteit.

Bij herstel van verzuurde standplaatsen is de grondwaterkwaliteit een goed controlemiddel voor Duinbossen(vochtig), Heischrale graslanden en Blauwgraslanden (H2180B, H6230, H6410). Naast de aanvoer van de juiste kwaliteit grondwater is de invloed daarvan op de wortelzone van cruciaal belang, vooral in Blauwgraslanden (H6410) en de vochtige variant van de heischrale graslanden (H6230). Hiervoor is de periodieke bepaling van de CEC-basenverzadiging van belang. Bij plaggen of afgraven wordt het maaiveld verlaagd en kan daardoor zowel de vocht- als basenhuishouding hersteld worden (zie 5.2.6 Plaggen en ontgronden). De uitgangssituatie dient dan echter veldbodemkundig beschreven te worden om vooraf de effectiviteit van de maatregel in te kunnen schatten. Als door het plaggen of afgraven de standplaats zo nat wordt dat het grondwater voor lange perioden boven maaiveld staat, volstaat wateranalyse in combinatie met waterpeilbepalingen (zie hieronder). In zwak gebufferde habitattypen als Vochtige heide is ook het controleren van verdroging en verzuring van belang in verband met de mineralisatie van N en P. Over het algemeen zullen bepaling van pH, N-, P- en Panorg gehalten voldoende zijn. Er zijn echter uitzonderlijke omstandigheden denkbaar waarbij een meer exacte bepaling van de beschikbare P nodig is. Bijvoorbeeld Blauwgraslanden (H6140) zijn gevoelig voor een te grote beschikbaarheid van P (Lamers et al. 1997). Voor alluviale Essen-Iepenbossen (H91E0B) en Vochtige alluviale bossen (H91E0C) zijn naast grondwaterpeilen, de bodemchemische parameters (vooral P-bepalingen) en waterkwaliteitsbepalingen van belang (Stortelder et al. 1998, Wolf et al. 2001). De zomen, mantel en droog struweel van de duinen (LG12) zijn vooral gedefinieerd als habitat van de Nauwe korfslak. Deze slak is gebaat bij een vochtige, basenrijke omgeving. Grondwaterstanden en eventueel meting van inundatieduur geven het beste inzicht in de status van dit habitatype. Daarnaast kan het vochtig milieu bevorderd worden door een hoog humusgehalte (hoge vochthoudende capaciteit). Dit betekent dat ook de humusvorm als indicator kan dienen.

### *Herstel waterpeil en waterkwaliteit voor semi-terrestrische en aquatische habitattypen*

*Habitattypen: H3110, H3130, H3140, H3150, H3160, H7140A, H7140B, H7150, H7210, H7220, H7230, H91D0, LG01, LG02, LG03, LG04, LG05*

In de habitattypen van natte standsplaatsen en open water is de waterkwaliteit de bepalende factor en er kan daarom volstaan worden met waterkwaliteitsbepalingen in combinatie met (grond)waterpeilbepalingen. Bij inlaat van gebufferd water om de buffering op het gewenste peil te krijgen, kan monitoring van de waterpeilen achterwege blijven. Ditzelfde geldt voor tril- en overgangsvenen (H7140A, B) zowel in laagvenen als beekdalen. Een uitgebreide wateranalyse inclusief alkaliniteit is hier de belangrijkste indicator. Voor Galigaanmoerassen (H7210) is daarbij vooral een matig fosfaatgehalte van belang. Bij kalktufbronnen en kalkmoerassen (H7220, H7230) is de alkaliniteit (in het bijzonder het bicarbonaatgehalte) bepalend. De voornamelijk aquatische habitattypen LG 01 t/M LG05 zijn gevoelig voor eutrofiëring en moeten daarom vooral op pH, EG, chloriden en nutriënten onderzocht worden.

---

## *Herstel vochthuishouding en vernatting*

### *Habitattypen: H2140A, H2180B, H7110A, H7110B, H7120*

Het herstel van de vochthuishouding en waterverzadigde toestand laten zich het best bepalen door grondwaterstanden in een peilbuis te meten. Bodem- en humusprofiel (synoniem in veengronden) en schatting van de grondwatertrap zijn eveneens goede hulpmiddelen, die echter minder prioriteit hebben. Verdroging is goed vast te stellen door veranderingen in het humusprofiel. De veraarding en mineralisatie van organische stof zal dan toenemen en daarmee de beschikbaarheid van N en P. Door het organisch stofgehalte N-totaal en P-totaal en P-organisch te analyseren kunnen eventueel de C/N en C/P-verhouding, beide een maat voor mineralisatie, berekend worden. De bepaling van de basenverzadiging heeft geen hoge prioriteit. De waterkwaliteit hoeft normaliter niet geanalyseerd worden zolang er geen gebiedsvreemd water aangevoerd wordt. In Hoogvenen (H7110A, H7110B, H7120) is het opvoeren van het grondwaterpeil mogelijk door vermindering van drainage. Waterkwaliteit is hier de indicator en dient geanalyseerd te worden. De eenvoudige bepalingen van de pH en de EGV (Van Wirdum 1991) volstaan hier in een deel van de gevallen als controle op de waterkwaliteit. Bij de aanleg van bufferzones (o.a. voormalig landbouwgebied), gecombineerd met de aanvoer van water van buiten het gebied, kan eutrofiëring plaatsvinden; dit moet gecontroleerd worden door uitgebreide waterbemonstering waarbij naast pH en EGV o.a. ook naar sulfaat en fosfaat gekeken moet worden. In bijzonder gevallen kan slecht doorlatende spalterveen (veelal *S. cuspidatum*) ontstaan, waardoor langs natuurlijke weg herstel van het hoogveen kan ontstaan (Hommel & De Waal 2013). In deze situaties ontwikkelt zich een specifiek en goed herkenbaar humusprofiel.

### *Verzuren en terugdringen inundatie*

#### *Habitatype: H6130*

Zinkweiden vormen een sterk afwijkend habitatype dat alleen in Zuid-Limburg langs de Geul (nog) voorkomt. De hoeveelheid beschikbaar zink is hier van het grootste belang. Herstel van de waterhuishouding wijkt sterk af van wat men elders onder herstel zou verstaan. Door verandering in de loop der tijd van de waterkwaliteit van de Geul (verhoogd fosfaatgehalte naast een hoog kalkgehalte) is overstroming met dit water niet gewenst, tenzij ook de waterkwaliteit van de Geul wordt aangepakt (zie hierboven). In tegenstelling tot veel andere habitattypen is hier het streven een lichte verzuring waardoor Zn beschikbaar komt (Lucassen et al. 2009). Te veel fosfaat en kalk bevoordeelt concurrerende soorten boven de zinksoorten. De verhouding tussen de Zn en Ca-concentraties (Zn/Ca ratio: >0.8) is een goede maat voor het monitoren van de gewenste ontwikkeling. Daarnaast zijn pH, C/P en beschikbaar fosfaat belangrijke controleparameters.

### *Buffering fosfaat*

#### *Habitatype: H6510A*

Herstel van de aanvoer van ijzerrijk grondwater kan de beschikbaarheid van P in hoge mate beperken. Om de effectiviteit te controleren moeten vooral de bodemchemische P-parameters geanalyseerd worden (P, Panorg, C/P en P-beschikbaar). Daarnaast zijn het bodemprofiel (met kenmerken van ijzeraanrijking), de grondwatertrap en de meting van de grondwaterstanden van belang.

### *Herstel grondwaterpeilwisselingen*

#### *Habitatype: H6510B*

Habitatype Glanshaver- en vossenstaart hooilanden (grote vossenstaart) (H6510B) is gebaat bij een seizoensmatig afwisseling van waterpeilen boven maaiveld (kortstondige inundaties met vrij lage grondwaterstanden in het groeiseizoen). Dit is het best te monitoren door peilbuismetingen. Daarnaast zijn grondwatertrapschattingen en bodembeschrijvingen van belang om peilbuisgegevens voor het hele habitatgebied te kunnen extrapoleren.

*Habitatype: H7150*

Dit habitatype is gebaat bij een langdurige winterstagnatie. Hierbij speelt de aanwezigheid van stagnerende lagen hoog in het bodemprofiel een belangrijke rol. Voor men besluit om maatregelen te treffen om de stagnatie te bevorderen, is beschrijving van het bodem- en humusprofiel van groot belang. Plaggen ter bevordering van stagnatie is onverstandig zonder veldbodemkundig onderzoek. Stagnatie is bij dieper stagnerende lagen goed te meten met behulp van een ondiepe grondwaterpeilbuis. Van de waterstanden is de inundatieduur af te leiden. In sommige gevallen zit de stagnerende laag echter dicht onder maaiveld. In deze gevallen zou een directe inschatting van de inundatieduur gemaakt moeten worden (Hommel & De Waal 2013).

## 5.2.5 Strooisel verwijderen

*Habitattypen: H5130, H7210, H9120, H9190, H91E0B, H91E0C, LG13, LG14*

Voordat men op strooiselverwijdering overgaat, moet men beschikken over goede humusvormbeschrijvingen. Strooisel wordt meestal verwijderd om de hoeveelheid beschikbare stikstof (nutriënten) op de standplaats te verminderen. De mate waarin N beschikbaar is, hangt grotendeels van de aard van de humus af (Bijlsma et al. 2014). Amorfe humus en humus vastgelegd in moderdeeltjes zijn relatief stabiel; de N-voorraad is grotendeels geïmmobiliseerd. Half verteerd strooisel (de zogenaamde F-laag) is echter instabiel en genereert een hoge N-beschikbaarheid. Overigens kan door roering van de humushoudende bovengrond bij het verwijderen van het strooisel een verhoogde mineralisatie van organische stof plaatsvinden en daarmee een verhoging van het nutriëntenaanbod. Daarnaast kan excessieve stikstofdepositie het N-gehalte verhogen, waardoor de mineralisatie van humus sneller gaat verlopen en er meer nutriënten vrijkomen. Bij monsternamen voor beschrijving van de uitgangssituatie is de bodemchemie van de strooisellaag niet te vergelijken met die van de minerale bovengrond. Het is beter om de minerale bovengrond onder de strooisellaag te vergelijken met de minerale bovengrond na de ingreep.

### **Specificatie per habitatype**

*Strooiselverwijdering voor het creëren van open plekjes*

*Habitattypen: H5130, H7210*

Het gaat hier vooral om het verbeteren van de vestigings- en uitbreidingskansen van de doelsoort. Hier is beschrijving van de strooisellaag en, met een lagere prioriteit, de bepaling van de basale bodemchemie voldoende (OS%, pH, Nt, Pt).

*Strooiselverwijdering voor afvoer van nutriënten en tegengaan van verzuring*

*Habitattypen: H9120, H9190, H91E0B, H91E0C, LG13, LG14*

Naast de nutriënten N en P worden met het strooisel ook basen verwijderd en vermindert bovendien de vochthoudende capaciteit van de bodem (Bijlsma et al. 2014). In hoeverre deze nadelen optreden, is afhankelijk van de textuur en het organische stofgehalte van de bovengrond. Dit is goed in te schatten door veldinventarisatie van de bodem (minerale bovengrond) en het humusprofiel. Bij zeer arme minerale bovengronden (uitgeloopte horizonten in leemarme zanden), zoals bij habitatype Eikenbossen (LG13), kunnen zelfs tekorten ontstaan in de macronutriënten na strooiselverwijdering (vooral P; uitputting van de bodem). Een nauwkeuriger beeld kan worden verkregen door zowel de strooisellaag als de minerale bovengrond (beide onderdeel van het humusprofiel) bodemchemisch te onderzoeken (pH, Nt, Pt, C/N, C/P en OS% etc.). In Oude eikenbossen (H9190) op arme gronden komen veelal relatief stabiele dikke amorfe humuslagen (H-laag) voor die een belangrijke ecologische functie vervullen. Bij herstel van de dynamiek zal de strooiselvorming zich automatisch aanpassen (het humusprofiel kan zelfs een graadmeter zijn voor het herstel van het habitatype). In bossen op lemige gronden (LG14) is de vorming van een instabiele verzurende strooisellaag sterk afhankelijk van de boomsoort (Hommel et al. 2007). In de meeste gevallen kenmerken deze bossen zich door een vrij dunne moderachtige humusvorm.



---

## 5.2.6 Plaggen en ontgronden

*Habitattypen: H1330A, H1330B, H2130A, H2130B, H2130C, H2140A, H2140B, H2150, H2170, H2190A, H2190B, H2190C, H2310, H2320, H2330, H3110, H3130, H3160, H4010A, H4010B, H4030, H6110, H6120, H6130, H6210, H6230, H6410, H6510A, H6510B, H7120, H7140A, H7140B, H7150, H7210, H7230, LG06, LG07, LG09, LG10, LG13*

Plaggen en afgraven dienen diverse doelen. Eutrofe lagen (meestal organisch stofrijke lagen en/of bemeste bovengronden) kunnen zo verwijderd worden. Daarnaast wordt het maaiveld verlaagd waardoor grondwater relatief dicht bij de wortelzone kan komen. Dit kan de nalevering van basen (inclusief brakke invloeden) bevorderen en/of de vochttoestand verbeteren. Ook kan plaggen de invloed van het basenrijkere moedermateriaal in de ondergrond vergroten en zo de basenvoorziening herstellen. In overstromingsmilieu's kan de hydrodynamiek weer tot zijn recht komen, waardoor de concurrentieverhoudingen tussen plantensoorten weer hersteld kunnen worden. Ook kunnen door plaggen open plekken ontstaan, waardoor de successie teruggezet wordt en kenmerkende kwetsbare soorten meer kans krijgen.

Plaggen en ontgronden zijn maatregelen die het meest bodemkundige veldonderzoek en bodemanalyses vereisen. Dit komt mede door het ingrijpende en onomkeerbare karakter van deze maatregelen. Ook kunnen door plaggen en afgraven, zoals gezegd, de grondwaterstanden veranderen door daling van het maaiveld. Vooral in laagdynamische milieus is de maatregel ingrijpend. In dynamische milieus kan plaggen of afgraven een methode zijn om de dynamiek te herstellen (zie 5.2.3 Herstel kustdynamiek).

Vanwege de grote invloed van de maatregel heeft veldbodemkundig en bodemchemisch onderzoek van de uitgangssituatie de hoogste prioriteit. Het al dan niet plaggen en de diepte van het plaggen zijn sterk afhankelijk van zowel de opbouw van het bodem- als het humusprofiel. Daarbij moet zowel de te verwijderen bodemlaag als de bodemlaag die na de ingreep aan het oppervlak komt en het toekomstige wortelsubstraat gaat vormen, beschreven en geanalyseerd worden. In grondwaterafhankelijk systemen en dynamische systemen is het weliswaar van minder belang, maar is het ook daar raadzaam om de bodem en de humusvorm voor en na de ingreep te beschrijven. Daarnaast moeten algemene bodemchemische parameters als pH, organisch stofgehalte en de totale hoeveelheden van de macronutriënten N en P bepaald worden. Bij habitattypen met een grote bandbreedte aan standplaatseisen geven deze parameters een voldoende indicatie van het te verwachten effect van de herstelmaatregel. Bij habitattypen met een veel nauwer spectrum aan eisen in verzurende van oorsprong basenrijke systemen, in zwak gebufferde systemen en verzurende leem- en kleihoudende standplaatsen zijn nauwkeurige analyses nodig. In deze kwetsbare habitattypen zijn vooral de bepalingen rond de basenhuishouding (CEC en div. verzadigingen) van belang. De pH alleen is hier onvoldoende. In arme, zure, zandige systemen liggen de verzadigingen rond de detectiegrens van de analysemethode en zijn daardoor niet altijd haalbaar. Ook zijn in deze categorie van schralere habitattypen N- en P-totaal bepalingen niet informatief genoeg. Hier zijn bepalingen van beschikbaar fosfaat en verhoudingen tussen  $\text{NH}_4$  en  $\text{NO}_3$  indicierend.

In grondwaterafhankelijke habitattypen kan plaggen de vocht en/of basenvoorziening sterk beïnvloeden. Daardoor is monitoring van de grondwaterstanden en soms de inundatieduur in deze habitattypen nodig. In natte, waterverzadigde habitattypen is wateranalyse nuttiger en voordeliger dan bodemanalyses.

### **Specificatie per habitatype**

*Plaggen en afgraven om de zoutwaterinvloed te herstellen*

*Habitattypen: H1330A, H1330B*

Het plaggen is hier bedoeld om de voortschrijdende successie terug te zetten door de stabiliserende vegetatie te verwijderen en het maaiveld te verlagen, zodat de zoutwaterinvloed weer hersteld kan worden. In die zin is dit ook onderdeel van de maatregel "dynamisch kustbeheer" (paragraaf 5.2.3). Herstel van de benodigde dynamiek is makkelijk af te lezen aan de sedimentatie aan de bovenkant van de bodem (hier identiek aan het humusprofiel). Ook het verloop van de veld-pH (bij lichte

---

verzuring en ontzilting in de uitgangssituatie) van de bovenkant van het bodemprofiel is hier van nut. Waterstanden, inundatiefrequentie en -duur zijn ook indicatief voor het herstel van deze habitattypen. Bodemchemische analyses en basenbezetting geven aanvullende informatie over herstel van de invloed van zout water. Deze methoden zijn echter in deze gevallen duur en omslachtig en hebben daardoor een lagere prioriteit.

*Plaggen om windynamiek te behouden*

*Habitatype: H2330*

Plaggen in stuifzanden hebben tot doel om de stuifprocessen in gang te houden. Door verstuing kunnen de accumulatie van nutriënten in de bovengrond en extreme verzuring voorkomen worden. Het humusprofiel (de minerale bovengrond) geeft een goede indruk van de dynamiek van het milieu en daarmee de noodzaak van het plaggen (Sevink & De Waal 2010). In oudere, gestabiliseerde stuifzanden kan een extreem arme uitlogingslaag zijn ontstaan (ontwikkeling naar een podzol) die minder geschikt is als nieuwe bovengrond. Door middel van bodemchemische analyses als pH, Nt en Pt is dit goed in de gaten te houden. In stuifzanden kan een te hoge ammoniumconcentratie de typische vegetatie-ontwikkeling verhinderen. Dit betekent dat de NO<sub>3</sub>- en NH<sub>4</sub>-concentraties bepaald moeten worden.

*Plaggen en afgraven om surplus aan nutriënten te verwijderen (verschralen en antivergrassing) in (matig) zure, natte habitattypen*

*Habitattypen: H7120, H7140A, H7140B, H7150*

Plaggen is (net zoals) branden voor habitattypen Herstellende hoogvenen en Overgangs- en trilvenen (7120, H7140A en 7140B) een secundaire maatregel die in combinatie met begrazing toegepast kan worden. Veldbodembkundige beschrijving voor en na de ingreep geeft een beeld van het effect en helpt de benodigde plagdiepte te bepalen. Daarnaast geeft de grondwaterkwaliteit een goed inzicht in de omstandigheden van dit habitatype. Omdat deze maatregelen voor deze habitattypen altijd in combinatie met andere maatregelen genomen worden, hebben de metingen een lage prioriteit. In habitatype Pioniervegetaties met Snavelbies (H7150) houdt plaggen de pioniervegetatie in stand. Ook hier is de bodem-humusbeschrijving belangrijk om de plagdiepte (alleen de organisch- stofrijke laag moet verwijderd worden) te bepalen. De bodemchemische bepalingen zijn vooral gericht op het monitoren van de nutriëntenrijkdom (te hoge rijkdom versneld de ongewenste successie). Daarnaast is de mate van herstel van de waterstand van belang voor het habitatype, omdat dit grote invloed heeft op de nutriëntenbeschikbaarheid.

*Plaggen en afgraven om surplus aan nutriënten te verwijderen (verschralen en antivergrassing) in (matig) zure droge habitattypen*

*Habitattypen: H2140B, H2150, H2310, H2320, H4030, LG09, LG13*

Het gaat hierbij om zure fosfaatarme habitattypen. Het doel is om vooral stikstof af te voeren door het verwijderen van de humuslaag en de bovenste minerale bodemlaag. Hier moeten de bodem en het humusprofiel beschreven worden om de plagdiepte te kunnen bepalen en om de nieuwe uitgangssituatie te bepalen. Bij oude stuifzanden en podzolgronden kunnen bij verwijdering van bovengronden deels uitgespoelde en verarmde lagen aan het oppervlak komen, waardoor op de lange termijn degradatie van de standplaats kan optreden (sterke verarming van vooral P, verzuring en achteruitgang in het vochthoudend vermogen). Door voor en na de ingreep bodemchemische analyses (pH, OS%, Nt, Pt) te verrichten, kan hiervan een beeld verkregen worden. CEC en basenverzadiging hebben een lagere prioriteit of kunnen zelfs in sommige gevallen achterwege gelaten worden. Stuifzandheiden (H2310) kenmerken zich door pleksgewijze verschillen in vegetatie en humusontwikkeling (Bijlsma et al. 2014; Nijssen et al. 2011). Hier moeten profielbeschrijvingen en monsters van zowel de stuifzandplekken als heideplekken verzameld worden. Bij Droge heiden (H4030) kan als eenvoudiger, maar onnauwkeuriger alternatief gewas op N en P geanalyseerd worden; bodemchemische bepalingen genieten echter de voorkeur. Bij het afgraven van landbouwgronden ten behoeve van uitbreiding voor dit habitatype moeten de uitgangssituatie en het vervolg, naast de algemene bodemchemie, op beschikbaar fosfaat geanalyseerd worden.

---

Voor het Droge eikenbos (LG13) is plaggen min of meer synoniem met strooiselverwijdering (zie paragraaf 5.2.5). De beschrijving van de humusvorm (strooisellaag en minerale bovengrond) moet gecombineerd worden met bodemchemische bepalingen.

*Plaggen en ontgronden om fosfaat en andere nutriënten te verwijderen in vochtige periodiek geïnundeerde habitattypen*

*Habitattypen: H2190A, H2190C, H4010A, LG06, LG07*

De oevers van de duinplassen (H2190A) worden voornamelijk geplagd om een fosfaatarme situatie te bewerkstelligen. Om zowel de fosfaattoestand van de uitgangssituatie als de toestand na ingreep te identificeren, zijn naast een simpele beschrijving van de bovengrond annex humusprofiel ook bodemchemische analyses nodig. Naast standaardbepalingen als organische stof (gloeiverlies), pH, Nt en Pt is analyse van het beschikbare fosfaat van belang. Ontwikkeling van dit habitatype door afgraven van droogstaande oude infiltratieplassen is een extreme vorm van plaggen. Het humusprofiel van de voormalige plasbodem geeft aan tot hoever afgegraven moet worden. Waterstandbepalingen zijn nuttig, maar hebben niet de hoogste prioriteit. Naast de bodemchemische toestand is de kwaliteit van het grondwater bepalend. In geïnundeerde toestand is alleen de waterkwaliteit bepalend (zie ook 5.2.8 Baggeren). In de Kalkarme duinvalleien (H2190C) heeft plaggen een tweeledig doel: de successie terugdraaien en herstel van de hydrologie (zie 5.2.4). De bodemchemische en basentoestand van de vochtige standplaatsen is van groot belang. Op de permanent waterverzadigde plekken is analyse van het grondwater een goed middel om het herstel van de groeiplaats te controleren. De humusontwikkeling in dit kalkarme milieu markeert overgangen naar zuurdere, meer heideachtige situaties en is daarom een goed hulpmiddel bij het beoordelen van de noodzaak van het plaggen en de voortgang van het herstel.

Bij uitbreiden van habitattypen Vochtige heiden, hogere zandgronden (4010A), door afgraven van landbouwgronden moet het bodemprofiel en humusprofiel en het beschikbare fosfaat geanalyseerd worden (Smolders et al. 2006; De Waal & Van Delft 2014).

Bij de leefgebieden Dotterbloemgrasland van beekdalen en van veen en klei (LG06 en LG07) dient het plaggen om een surplus van nutriënten te verwijderen, vooral fosfaat. Om de plagdiepte te bepalen, dient de bodem beschreven te worden. De effecten van de ingreep zijn te controleren door bodemchemische bepalingen en het beschikbare fosfaat in het bijzonder.

*Plaggen en ontgronden om fosfaat en andere nutriënten in droge kalkrijke habitattypen te verwijderen*

*Habitattypen: H2130A, H6110, H6210*

Kalkgraslanden die vroeger in gebruik waren als intensieve weide kunnen een verzuurde en vermeste bovengrond hebben, waarin de fosfaatbeschikbaarheid hoger is dan gewenst. Het bodem- en humusprofiel (vervilte bovenlaag), het pH-verloop en de bodemchemische analyse, met de nadruk op de beschikbaarheid van P, kunnen als indicator voor het herstel gebruikt worden. Door plaggen komt de kalkrijke ondergrond dichtter aan maaiveld, hierdoor zal de kalkverzadiging toenemen. De bepaling van CEC- en basenverzadiging is een nuttige aanvullende analyse. In de kalkrijke habitattypen zal verwijderen van een dunne bovenlaag voldoende zijn om de invloed van de kalkrijke ondergrond te vergroten. Het afgraven van de bodem voor het herstel of de ontwikkeling van het habitatype Pionierbegroeiingen op rotsbodem (H6110) dient om de kalksteen aan maaiveld te krijgen. De essentie van deze groeiplaats is de blokkade van de beschikbaarheid aan P door de overmaat aan calciumcarbonaat. Op deze wijze ontstaat een rotsige standplaats met weinig bodemmateriaal met een overmaat aan kalkbeschikbaarheid. Het ondiepe bodem- annex humusprofiel (of het ontbreken hiervan) zijn hier voldoende als indicator voor dit rotsachtige milieu. Veldcontrole met behulp van de bruisproef met verdund zoutzuur (Ten Cate et al. 1995) is hier voldoende om de overmaat van (vrije) kalk aan te tonen.

---

*Plaggen en ontgronden om fosfaat en andere nutriënten te verwijderen in periodiek geïnundeerde fluviaatle habitattypen*

*Habitattypen: H6120, H6130, H6510A, H6510B, LG10, LG11*

Bij Stroomdalgraslanden (H6120) luisteren de basenbezetting en zuurgraad nauw, omdat een te hoge of een te lage basenbezetting het habitatype negatief beïnvloedt. Hier heeft de bepaling van CEC en calciumbezetting prioriteit. Ook de  $\text{NO}_3/\text{NH}_4$  verhouding is van belang (Van Den Berg 2006; Dorland et al. 2012). Een te lage ratio duidt op een ongeschikte standplaats. Door lokaal plaggen kan eventueel verzuurde en nutriëntrijke bovengrond verwijderd worden. Hier zal door maaiveldverlaging de inundatiekans toe kunnen nemen (wenselijk) en de grondwaterstand kunnen stijgen (onwenselijk). Naast genoemde controle parameters is het pH-profiel belangrijk. Deze habitattypen worden periodiek of incidenteel overstroomd. Plaggen zou in geringe mate de overstromingsfrequentie kunnen beïnvloeden. Deze invloed is echter moeilijk te monitoren als het een incidenteel karakter heeft. Er zijn in veel gevallen langjarige waarnemingen nodig om dit in beeld te krijgen. Om deze reden heeft meten van inundatie niet de hoogste prioriteit.

In het matig droge habitatype Zinkgraslanden (H6130) draait alles om de beschikbaarheid van Zn. Kalk en fosfaat immobiliseren Zn. Door verwijdering van de fosfaatrijke bovengrond kan een gunstiger standplaats gecreëerd worden. De beschikbaarheid van P en de verhouding tussen Ca en Zn zijn hier de graadmeter voor. Inundatie kan hier een negatieve invloed hebben door aanvoer van P (echter ook Calcium en Zn kunnen via inundaties toegevoerd worden) en kan hier daarom eventueel gemonitord worden. Bij Glanshaver- en Vossenstaarthooiden (glanshaver) en Kamgrasweide & Bloemrijk weidevogelgrasland van het zand- en veengebied en van het rivieren- en zeekleigebied (H6510A, LG10 en LG11) volstaat naast de veldbodemkundige beschrijving een bodemchemische analyse, inclusief bepaling van beschikbaar fosfaat.

*Plaggen en ontgronden om de basenhuishouding te verbeteren in droge habitattypen*

*Habitattypen: H2130B, H2130C, H2170, H6110, H6120, H6230 (droge variant)*

Plaggen, ontgronden en afgraven hebben net als chopperen (5.2.10) als doel de relatief nutriëntrijke bovengrond af te voeren en de diepere basenrijkere laag aan het oppervlak te brengen (tegengaan van verzuring) of de wind-dynamiek te herstellen (eveneens tegengaan van verzuring). Voor verwijderen van de rijkere humushoudende laag is controle van het humusprofiel voldoende om de plagdiepte in te schatten. Door een combinatie van veld-pH en/of de controle op de aanwezigheid van vrije kalk (met verdund zoutzuur) kan al een goed inzicht verkregen worden van de hersteleffecten. Bodemchemische bepaling en vaststellen van de basenverzadigingen en gewasanalyse zijn niet per se nodig en hebben daarom een lagere prioriteit. In de kalkarme duinen (H2130B) verloopt de accumulatie van nutriënten via stapeling van organische stof sneller en is de verzuring sterker. Hier zijn pH-profiel en bodemchemische bepalingen (pH, gloeiverlies, N en P gehalten) belangrijk voor bepaling van de plagdiepte. Bepaling van de basenbezetting heeft een lagere prioriteit, maar is wel de meest nauwkeurige methode om verzuring vast te stellen. Bij heischrale habitats (H2130C, H6230) luisteren de basenbezetting en zuurgraad veel nauw, omdat een te hoge of een te lage basenbezetting het habitatype negatief beïnvloedt. Hier hebben de CEC en calciumbezetting wel prioriteit. Ook de  $\text{NO}_3/\text{NH}_4$  verhouding is hier van belang. Een te lage ratio duidt op een ongeschikte standplaats.

*Plaggen om de vocht en basenhuishouding in vochtige en natte goed tot matig gebufferde habitattypen te herstellen*

*Habitattypen: H2140A, H2190C, H4010A, H4010B, H6230 (vochtig), H6410, H7140A, H7230*

Door plaggen kan via maaiveldverlaging verdroging worden tegengegaan en worden eutrofe bovengronden verwijderd. Ook kunnen de concurrentieverhoudingen en voedselrijkdom ten gunste van het beoogde habitatype hersteld worden. Het kalkrijke grondwater en de kalkrijke ondergrond krijgen echter ook meer invloed op de standplaats waardoor na het plaggen de kalkrijkdom zelfs te hoog kan worden in de nieuwe wortelzone. Bodem- en humusprofiel en bepaling van het pH-profiel zijn nodig voor het bepalen van de juiste plagdiepte vooral in verzurende omstandigheden. De bepaling van grondwaterstanden voor Duinheiden met kraaihei (vochtig) (H2140A), bodemchemische bepalingen en CEC en basenbezetting zijn nuttig, maar van minder groot belang (prioriteit 2). Bij het

---

afgraven van een dik bodempakket kunnen de grondwaterstanden wel van groot belang zijn. In de kalkarme duinvalleien (H2190C) worden dezelfde controleparameters aanbevolen (zie ook boven).

In Blauwgraslanden (H6410) is de range van een deel van de bodemkundige eisen vrij breed (rijke en schrale varianten; Beets et al. 2000 t/m 2005) in vergelijking met o.a. de vochtige heiden en vochtige heischrale graslanden. De reguliere bodemkundige analyse (pH, OS en N en P), inclusief de fosforbeschikbaarheid en NH<sub>4</sub>/NO<sub>3</sub> verhouding, is belangrijk als hulpmiddel bij het bepalen van de effectiviteit van de maatregel. De CEC-bepaling heeft hier alleen prioriteit voor de meest schrale varianten van het blauwgrasland. Hetzelfde geldt voor Vochtige heide (H4010A, B) en het Vochtige heischrale grasland (H6230) dat op te vatten is als een verzuurde vorm van het Blauwgrasland.

Voor de Vochtige heide (H4010A) kan door plaggen of afgraven verdroging tegengegaan worden en de eutrofe bovengronden verwijderd worden. Ook hier is het bodem- en humusprofiel bepalend voor de plagdiepte. Daarnaast kan door monitoren van de waterstanden herstel van de vochttoestand gevolgd worden. Bodemchemische parameters als pH, gloeiverlies Nt, Pt en NO<sub>3</sub> en NH<sub>4</sub> geven een indicatie van de verschraling. Bij uitbreiden van habitattypen (o.a. H4010A; Vochtige heiden, hogere zandgronden) door afgraven van landbouwgronden, moeten eveneens het bodem- en humusprofiel en het beschikbare fosfaat gecontroleerd worden.

In waterverzadigde habitattypen zoals Trilvenen (H7140A) wordt de dikte van de kragge vermindert om de invloed van basisch water te bevorderen. De dikte kan gecontroleerd worden met behulp van een eenvoudige humusprofielbeschrijving. De invloed van het (grond)water kan bepaald worden door controle van de grondwaterpeilen en wateranalyses.

In Kalkmoerassen (H7230) is plaggen bedoeld voor terugzetten van de successie en het vergroten van de grondwaterinvloed. De humusvorm (die typerend is voor goed functionerende situaties) en de waterkwaliteit en grondwaterpeil zijn hier het belangrijkste. De bodemchemie is minder belangrijk voor de controle van het effect van plaggen.

*Kleinschalig plaggen om open plekken (pionierssituaties) te creëren*

*Habitattypen: H3110, H3130, H3160*

In vennen is het plaggen van oevers (H3110, H3130, H3160) niet de hoofdzaak, maar kan het helpen het nutriëntenaanbod rond het ven te verlagen. Tevens wordt ernaar gestreefd om standplaatsen van specifieke soorten binnen het habitatype te bevoordelen door open plekken te creëren waardoor concurrentieverhoudingen wijzigen ten gunste van deze soorten. Voor kleinschalig plaggen in veelal kalkrijke moerassen (H7220, H7230) kan volstaan worden met een veldbodemkundige beschrijving inclusief pH-profiel en enkele eenvoudige bodemchemische bepalingen, om te controleren of de randvoorwaarden voor de standplaats vergelijkbaar zijn met de uitgangssituatie.

### 5.2.7 Toevoegen basische stoffen

*Habitattypen: H2180C, H3110, H3130, H3160, H4010A, H4030, H6120, H6130, H6230, H6410, H6510B, H7140A, H7150, LG09*

Bij het toevoegen van basische stoffen wordt meestal het verhogen van de buffercapaciteit beoogd. De belangrijkste base daarbij is calcium. Soms wordt de base toegevoegd in de vorm van materiaal waar de base deel van uitmaakt (klei, leem, zand). In zeer specifieke gevallen, zoals bij zinkweiden, gaat het daarbij om andere basen zoals Zn; kalk is hier juist ongewenst (Lucassen et al. 2009). Toevoer van kalkhoudend of soms Fe-houdend water is tot het herstel van de waterhuishouding gerekend (paragraaf 5.2.4).

---

## Specificatie per habitatype

### *Bekalking door aanleg van schelpenpaden*

#### *Habitatype: H2180C*

Door de aanleg van schelpenpaden (hier bedoeld voor stinzenbossen) wordt de basenhuishouding in een strook langs de paden op peil gehouden. Door pH-profielen en bodemchemische bepalingen is een beeld te krijgen van het effect van de bekalking via schelpenpaden. Omdat het effect waarschijnlijk subtiel is, verdient het aanbeveling om de CEC en basenverzadiging ook te bepalen.

### *Bekalking van het inzijggebied*

#### *Habitatypen: H3110, H3130, H3160, H6230, H7150*

Het effect van bekalking via het inzijggebied kan het best gemonitord worden aan de hand van analyses van het grondwater. De effecten op de basenverzadiging zijn waarschijnlijk te indirect en daardoor pas na langere tijd merkbaar, dus hebben hier geen of een lagere prioriteit. In de vochtige heischrale graslanden (H6230) zit het grondwater diep in vergelijking met de andere habitatypen. Bodemchemie en CEC en basenverzadiging zijn hier goede aanvullende graadmeters. Bij Pioniervegetaties met Snavelbies (H7150) kan door winterinundatie invloed verwacht worden van bekalking via het inzijggebied. Ook hier kunnen de algemene bodemchemische parameters, CEC en basenverzadiging als graadmeter toegevoegd worden.

### *Lokaal toevoegen van kalk of kalkhoudend materiaal (meestal gekoppeld aan plaggen)*

#### *Habitatypen: H4010A, H4030, H6120, H6230, H6410, H7140A, LG09*

Deze vorm van bekalking is bedoeld om de vestiging of herstel van kwetsbare soorten zoals Klokjesgentiaan te bevorderen. Het wordt veelal gekoppeld aan plaggen en is bedoeld om de gehele basenhuishouding ter plekke te verbeteren of te herstellen. Dit heeft effecten op de ontwikkeling van het humusprofiel. Ook hier is het raadzaam naast de algemene bodemchemische analyses ook de CEC-basenverzadiging te bepalen om de subtiele veranderingen in beeld te krijgen. Voor de Heide- en Heischrale habitatypen (H4010A, H4030 en H6230) heeft de bekalking effecten op de  $\text{NO}_3/\text{NH}_4$ -verhouding en moet daarom in de analyse meegenomen worden (Dorland et al. 2012). Dit geldt ook voor de Droge struisgraslanden (LG09). Voor de stroomdalgraslanden (H6120) moet daarbij ook rekening gehouden met de verandering van de beschikbaarheid van fosfaat door bekalking dat hier overigens niet aan plaggen gekoppeld is. Hier wordt ook voorgesteld om de bekalking door toevoer van kalkhoudend zand te verwezenlijken. Dit verandert niets aan de te analyseren parameters. Bij Blauwgraslanden (H6410) kan bekalken leiden tot mineralisatie van organische stof wat leidt tot interne eutrofiëring. Bij toevoeging van steenmeel is dit bezwaar overigens minder groot (Bergsma et al. 2016). Om deze reden is het van belang het humusprofiel voor en na de ingreep te controleren. Voor Overgangs- en trilvenen, Trilvenen (H7140A) geldt een vergelijkbaar verhaal: bekalken kan interne eutrofiëring veroorzaken, maar kan ook groei van het veenmos bevorderen door een verhoogd  $\text{CO}_2$ -aanbod. Het gaat hier om een waterverzadigd systeem waardoor bepaling van de waterkwaliteit hier de meest praktische indicator is.

### *Toevoegen van alternatieve basen*

#### *Habitatype: H6130*

Voor de zinkweiden draait alles om beschikbaarheid van Zn (van de Riet et al. 2005). De Ca/Zn-verhouding is daar een goede indicator voor. Bij verzuring door toevoegen van pyriet ( $\text{FeS}$ ) is de pH een goede indicator voor de beschikbaarheid voor Zn: hoe zuurder, hoe meer Zn er beschikbaar is. De wisselwerking met het bij inundatie aangevoerde fosfaat is complex. Door zuurdere omstandigheden wordt er minder fosfaat aan calcium gebonden. Bepaling van beschikbaar fosfaat is dan ook belangrijk. De CEC en basenverzadiging genieten een lagere prioriteit. Bij enkel Zn-toevoeging verandert er weinig aan de nutriëntenhuishouding en hoeven de nutriëntenparameters niet bepaald te worden.

*Habitatype: H6510B*

Bij Grote vossenstaarthooilanden (H6510B) moet het toevoegen van slib zowel de verzuring als verschraling tegengaan. Controle van het herstel wordt uitgevoerd door bodemchemische bepalingen om de nutriëntensamenstelling in beeld te krijgen. Het herstel van de basenhuishouding (verminderen van de verzuring) kan worden gevolgd door de CEC en de basenverzadiging te bepalen.

*Toevoeren van basenrijk grondwater*

*Habitatype: H7140A*

Het gaat hier om herstel of verbetering van de waterhuishouding. Controle geschiedt door bepaling van de (grond)waterkwaliteit, omdat het hier om een waterverzadigd systeem gaat.

## 5.2.8 Baggeren en verwijderen organisch sediment

*Habitattypen: H2190A, H3110, H3130, H3140, H3150, H3160, LG01, LG02, LG03*

Baggeren wordt enerzijds uitgevoerd om verlanding tegen te gaan en daarmee de successie terug te zetten en anderzijds om nutriënten of vervuild slib uit het aquatisch systeem te verwijderen. Bij baggeren van aquatische of waterverzadigde semi-terrestrische habitattypen is bepaling van de waterkwaliteit het geschiktst om het herstel te monitoren. Daarnaast kan een eenvoudige bodemchemische bepaling van N, P, C/N en C/P van het sediment van nut zijn om de nutriëntenrijkdom te analyseren. Bij de afvoer en opslag van bagger is meting van pesticiden, schadelijke koolstofverbindingen en zware metalen in het slib belangrijk. Milieutechnische en toxicologische analysemethoden zijn echter niet in de tabel opgenomen. Eventueel kan de stikstof- en de fosforvoorraad van de bagger geanalyseerd worden om het herstel te controleren. In bronsituaties (deels LG01) komen ook karakteristieke semi-terrestrische organische profielen voor met een hoge basenverzadiging (zogenaamde *meereerdmoders*; Van Delft et al. 2006). Deze humusvormen zijn onderdeel van het buffersysteem, vooral in zwak lithocliene bronnen. Het is niet verstandig om deze te verwijderen. Deze meerdeerdmoders zijn in het veld herkenbaar en zijn door organische stofgehalte, pH, nutriënteninhoud (lage P-beschikbaarheid), CEC en basenverzadiging verder te identificeren.

## 5.2.9 Chopperen

*Habitattypen: H2130A, H2130B, H2130C, H2140A, H2140B, H2150, H2190C, H2330, H4030, LG09*

Bij chopperen wordt alleen het bovenste laagje van de bodem (feitelijk het humusprofiel) beïnvloed, dus ligt controle van de humusvorm voor de hand. Omdat het hier om dunne laagjes gaat, is het nemen van een bodemonster in de praktijk ondoenlijk. Het is het best om de effectiviteit van de maatregel in te schatten aan de hand van gewasanalyses. Maaiveldverlagingen en effecten op grondwaterstanden en veranderingen in het bodemprofiel zijn hier niet relevant. Voor habitatype Zandverstuivingen (H2330) valt onder het begrip chopperen ook zeven, frezen en eggen, een bewerking die dieper gaat dan chopperen alleen. Hierbij wordt organisch materiaal uit het zand gezeefd. Dit is een maatregel die verstuiving op gang houdt en/of de successie terugzet. Omdat deze ingreep dieper inwerkt, geeft een vergelijking van de bodemchemische toestand voor en na de ingreep inzicht in de effectiviteit van de maatregel. Deze ingreep heeft ook gevolgen voor de CEC en de basenverhouding. In Droge heiden (H4030) kan het humusprofiel dik genoeg zijn voor bemonstering. Hier zouden wel bodemchemische bepalingen gedaan kunnen worden om te controleren of bij het chopperen niet te veel is weggehaald.

---

## 5.2.10 Maaien

*Habitattypen: H2130A, H2130B, H2130C, H2140A, H2140B, H2150, H2190A, H2190B, H2190C, H2310, H2320, H2330, H3110, H3130, H3160, H4010A, H4010B, H4030, H6120, H6130, H6210, H6410, H6430C, H6510A, H6510B, H7140A, H7140B, H7210, H7230, LG05, LG06, LG07, LG08, LG09, LG10, LG11, LG12*

Maaien is de minst ingrijpende maatregel om nutriënten af te voeren en daarmee de standplaats te versralen. De chemische effecten zijn navenant en hoogstwaarschijnlijk niet binnen een bestek van zes jaar in de bodem te meten. Daarom is controle op veranderingen van het humusprofiel, gekoppeld aan gewasanalyse, de enige mogelijkheid om op korte termijn de effectiviteit te bepalen.

## 5.2.11 Begrazen

*Habitattypen: H2130A, H2130B, H2130C, H2140A, H2140B, H2150, H2190A, H2190B, H2190C, H2310, H2320, H2330, H3110, H3130, H3160, H4010A, H4010B, H4030, H6120, H6130, H6210, H6410, H6430C, H6510A, H6510B, H7140A, H7140B, H7210, H7230, LG05, LG06, LG07, LG08, LG09, LG10, LG11, LG12*

Begrazen is vergelijkbaar met maaien maar er worden per jaar nog minder nutriënten afgevoerd. Begrazen heeft ook veel invloed op de structuur van het gebied. Er worden o.a. open plekken gecreëerd door vertrapping. Begrazen kan gecombineerd worden met andere maatregelen, zoals maaien, plaggen en chopperen. De chemisch effecten van begrazen zijn hoogstwaarschijnlijk niet binnen een tijdbestek van zes jaar in de bodem te meten. Daarom is controle van het humusprofiel op veranderingen, gekoppeld aan gewasanalyse, de enige mogelijkheid om de effectiviteit te bepalen.

## 5.2.12 Verwijdering bos, struweel, selectief kappen en dunnen

*Habitattypen: H2180B, H2190A, H4010A, H4030, H6410, H7110A, H7110B, H7120, H7230, H91D0, LG04, LG05*

Bos of struweel wordt verwijderd voor uitbreiding van lage vegetaties (H4030), voor het veranderen van de boomsoortensamenstelling (H2180B), het vrijstellen van oevers of het kappen van bosranden rond Blauwgrasland en Kalkmoerassen (H6410, H7230) om o.a. beschaduwing, de inwaai van strooisel en de invang van atmosferische depositie te verminderen (LG04; Zuur ven). Daar waar het specifiek en alleen om hakhoutbeheer gaat, wordt naar de volgende paragraaf (5.2.13) verwezen.

### *Beïnvloeding waterhuishouding door kap in en rond waterverzadigde habitattypen*

*Habitattypen: H2190A, H7110A, H7110B, LG04, LG05*

Soms kan door verwijdering van bomen de grondwaterstand omhoog gebracht worden (door verminderde verdamping) en het areaal van het habitatype uitgebreid worden. Hier is het door controle van de waterkwaliteit, in combinatie van monitoring van de grondwaterstanden, eventueel mogelijk om de effecten te beoordelen. Bij Zure vennen (LG04) kan de inwaai van bladeren en invloed van atmosferische depositie vanuit de bosrand de waterkwaliteit beïnvloeden (verzuring). Verwijdering van bomen vermindert deze verzuring en verdroging. Een eenvoudige analyse van de waterkwaliteit (pH, EC) is een goed middel om het herstel van de waterkwaliteit te monitoren.

### *Verandering standplaats door kap (o.a. afvoer nutriënten)*

*Habitattypen: H2180B, H4010A, H4030, H6410, H7230, H91D0*

Vooraf bij het kappen van naaldbos kunnen de standplaatseigenschappen veranderen. Dit geldt in het bijzonder voor de strooisellaag. Zo kan bijvoorbeeld onder naaldbos de bodem sterk uitgeloozd zijn. Dit is duidelijk zichtbaar in het bodemprofiel (Hommel et al. 2002). Na kap versnelt de vertering van strooisel door verandering van het microklimaat in het algemeen aanzienlijk. De veranderingen kunnen gecontroleerd worden door zowel voor als na de kap (met beperkte frequentie) het humusprofiel en de algemene bodemchemische parameters te vergelijken. Bij de Blauwgraslanden (H6410), Kalkmoerassen (H7230) en Hoogveenbossen (H91D0) is het dunnen of kappen vooral bedoeld om nutriënten af te voeren. Bepaling van de algemene bodemchemische parameters geeft hier de beste indicatie.



---

### 5.2.13 Hakhoutbeheer

*Habitattypen: H9120, H9160A, H9160B, H9190, H91E0B, H91E0C, H91F0, LG13*

Hakhoutbeheer is voornamelijk een ingreep in de (bos)structuur, maar heeft ook invloed op de nutriëntenbeschikbaarheid. Via het afgevoerde hout wordt beperkt nutriënten afgevoerd en de lichtbeschikbaarheid op de bodem wordt vergroot. Daarmee wordt de mineralisatie gestimuleerd. Vooral als doorgeschoten hakhout weer wordt teruggezet, kan het effect groot zijn. Het effect van de maatregel kan eventueel worden geëvalueerd door meting van de nutriëntengehalten in het blad.

### 5.2.14 Diversen

*Graven van petgaten*

*Habitattypen: H7140A, H7140B*

Het graven van petgaten is bedoeld voor het terugzetten van de successie en het uitbreiden van de trilvenen en veenmosrietlanden. Analyse van de waterkwaliteit is nodig om te controleren of aan de standplaatseisen wordt voldaan.

*Herstel voedselketen (actief biologisch beheer)*

*Habitattypen: H3140, H3150, LG02*

Bij actief biologisch beheer wordt door wegvangen van bodemwoelende vissoorten het zelfreinigende vermogen in deze kleine wateren hersteld. De effecten zijn te controleren door een analyse van de waterkwaliteit (inclusief de helderheid van het water).

*Vermindering bemesting*

*Habitattypen: H6130, H7140A, H7140B, LG01, LG03, LG10, LG11*

Hier vormt vermindering van bemesting via grond- en oppervlaktewater feitelijk een vorm van hydrologisch herstel (zie 5.2.4). De vermindering van de bemesting kan dus ook buiten het habitatype plaatsvinden. Dat betekent dat inzigggebieden en stroomopwaarts gelegen landbouwgebieden functioneren als hydrologische bufferzone waarin minder bemesting een gunstig effect heeft op herstel van de habitattypen. De effecten hiervan kunnen in beeld gebracht worden door bodemchemische analyses van de wortelzone uit te voeren, met speciale aandacht voor de beschikbare hoeveelheid fosfaat. In het geval van Kamgrasweiden (LG10, LG11) kan het ook om bemesting ter plekke gaan.

*Vrijzetten venoevers*

*Habitattypen: H3130, LG04*

Het vrijzetten van venoevers wordt uitgevoerd aan de randen van vennen (zie ook 5.9.11). Bos rondom het ven wordt verwijderd, waardoor eutrofiëring van het ven door inwaaien van blad, stuifmeel en strooisel wordt voorkomen. Analyses kunnen eventueel plaatsvinden aan de kwaliteit van het Venwater (LG04), maar ook aan de nutriëntensamenstelling van de biomassa in de rand van het Ven (H3130).

## 6 Vegetatie en soorten

W.A. Ozinga

In de totaaltabel is aangegeven in welke gevallen vegetatie en soorten kunnen worden ingezet. Nadere uitwerking is te vinden in de specifieke detailmodule voor vegetatie en soorten (Excelandocument) waarin deze parameters gedetailleerd zijn uitgewerkt (zie Bijlage 1 voor digitale bestanden die bij deze rapportage behoren, Tabel 8 voor Legenda Vegetatie en soorten).

**Tabel 8** Legenda Vegetatie en soorten. \* Gebruikte indeling bij kolom F, G, H, I: bruikbaar = geschikt, evt. met nummering de prioritering aangegeven; nvt = niet geschikt; eventueel = eventueel geschikt (niet optimaal).

Kolom	Kop	Toelichting
A	HT	Code Habitattype
B	Naam	Naam Habitattype
C	Complexiteit	Complexiteit van de vegetatie op basis van de mate van structuurvariatie en/of de complexiteit van sturende milieufactoren
D	Omvang steekproef	Indicatie van de mate waarin volstaan kan worden met een steekproef in een deel van het areaal
E	Frequentie	Indicatie van de gewenste frequentie van bemonstering op basis van de reactiesnelheid van de kenmerkende soorten
F	Vegetatie	Vegetatie geschikt als PI (uit totaaltabel)
G	Kartering	Kartering als geschikte methode
H	PQ	Pq's als geschikte methode
I	Soorten als	Soorten geschikt als PI (uit totaaltabel)
J	Indicatorenreeks KIWA/SBB	Aantal milieu-indicatoren dat voor dit HT beschikbaar is via de indicatorenreeks
K	SynBioSys # opnamen	Aantal opnamen dat is gebruikt voor de synoptische tabel (kwaliteitsindicatoren). In rood indien <100
L	Typische soorten	Aantal typische soorten dat voor dit HT beschikbaar is, opgesplitst naar groep:
M	Vaatplanten	Aantal vaatplanten (typische soorten) dat voor dit HT beschikbaar is
N	Mossen	Aantal mossen (typische soorten) dat voor dit HT beschikbaar is
O	Korstmossen	Aantal korstmossen (typische soorten) dat voor dit HT beschikbaar is
P	Paddenstoelen	Aantal paddenstoelen (typische soorten) dat voor dit HT beschikbaar is
Q	Kranswieren	Aantal kranswieren (typische soorten) dat voor dit HT beschikbaar is

Voor het gebruik van vegetatie en soorten als procesindicator wordt zo veel mogelijk aangesloten bij bestaande richtlijnen voor het monitoren van natuurkwaliteit. Voor achtergrondinformatie hierover wordt verwezen naar de handleiding 'Werkwijze Monitoring en Beoordeling Natuurnetwerk en Natura 2000/PAS' (Van Beek et al. 2014) met daarin onder andere een stappenplan voor het opzetten van een monitoringsplan voor procesindicatoren op gebiedsniveau (Bijlage 15, zie ook paragraaf 2.2). Dit hoofdstuk sluit hierop aan en er wordt achtereenvolgens ingegaan op:

- De keuze van methoden (stap 4);
- Toelichting van de detailmodule vegetatie en soorten (bij stap 4);
- De selectie van soorten (stap 5);
- Gebruik van planten als milieu-indicatoren.

---

## 6.1 Afwegingskader voor de keuze tussen methoden (stap 4)

Deze paragraaf geeft handvatten voor de keuze van procesindicatoren op basis van vegetatie en/of soorten. De bijbehorende gegevens per habitatype zijn te vinden in Tabel 5. Het gaat hierbij om hoofdlijnen op basis van landelijke gemiddelden per habitatype. Voor de toepassing op gebiedsniveau is te allen tijde maatwerk nodig.

De verschillende (onderstaande) monitoringmethoden hebben elk hun eigen sterke en zwakke punten. De keuze van de methode is voor een deel afhankelijk van het habitatype (Tabel 5) en voor een deel afhankelijk van de schaal van het gebied, het type gebied, de gewenste precisie en de al aanwezige monitoringsgegevens (maatwerk per gebied).

De methoden sluiten zo veel mogelijk aan bij bestaande monitoringsactiviteiten. Hierbij is gezocht naar een balans tussen het streven naar uniformiteit (voor een statistisch betrouwbare analyse van de data van verschillende bronnen) en flexibiliteit (om zo efficiënt mogelijk gebruik te maken van schaarse informatie, bijvoorbeeld bij zeldzame soorten).

### 6.1.1 Vegetatie: keuze voor vegetatiekartering of permanente kwadraten

#### 6.1.1.1 Vegetatiekartering

- *Vegetatiekartering onderbouwd met opnamen*: Een vegetatiekartering levert een globaal beeld op van (veranderingen in) de vegetatie. Voorwaarde voor het gebruik van vegetatiekarteringen als procesindicator is dat er voor het betreffende gebied een gedetailleerde vegetatiekartering van de uitgangssituatie beschikbaar is met een goed onderbouwde typologie. De mate waarin het effect van herstelmaatregelen beoordeeld kan worden, is sterk afhankelijk van de gebruikte typologie en de mate waarin de te verwachten veranderingen hiermee goed beschreven kunnen worden. Voor opeenvolgende karteringen kan het programma Iteratio gebruikt worden voor een inschatting van veranderingen in abiotische condities. Bij sterke en/of schoksgewijze veranderingen in abiotische condities zijn de indicaties van milieucondities op basis van planten echter vaak minder betrouwbaar. Voor het monitoren van veranderingen op korte termijn is vaak aanvullende, meer specifieke informatie nodig. Dit geldt met name voor habitatypen die van nature relatief stabiel zijn.
- *Metingen van vegetatiestructuur*: Dit kan met name nuttig zijn bij soortenarme vegetaties waarbij de structuurkenmerken belangrijk zijn (bijvoorbeeld voor fauna). In diverse habitatypen kan hierbij het best gebruikgemaakt worden van remote sensing: deze procesindicator wordt apart behandeld (zie Hoofdstuk 4).

#### 6.1.1.2 Permanente Kwadraten

- *Permanente Kwadraten (PQ's)*: Permanente Kwadraten zijn met name bruikbaar voor situaties waarbij het tamelijk zeker is waar de veranderingen zullen plaatsvinden en waarbij een nauwkeurige indicatie van belang is. Vaste meetpunten hebben als voordeel dat verschillen tussen twee meetronden maximaal toe te schrijven zijn aan reële veranderingen. Daarnaast is de indicatie relatief nauwkeurig doordat de totale soortensamenstelling en bedekking geregistreerd worden. In heterogene habitatypen/gebieden is de kans echter groot dat belangrijke verandering buiten het gebied optreden. Een zwak punt is daardoor dat het onderscheidend vermogen van de methode minder groot is in gebieden waarbij het onduidelijk is waar veranderingen te verwachten zijn. Dit nadeel kans deels gecompenseerd worden door het aantal PQ's te vergroten of door gebruik te maken van transecten. In situaties waarbij de veranderingen zo nauwkeurig mogelijk moeten worden geregistreerd, verdient een gedetailleerde opnameschaal de voorkeur (bijvoorbeeld de Londo-opnameschaal). Voor een inschatting van trends van zeldzame soorten op gebiedsniveau zijn proefvlakken minder geschikt (zie stippen-methode). Om vanuit de PQ-gegevens een inschatting te maken van veranderingen in milieucondities kan gebruikgemaakt worden van diverse rekentools (zie paragraaf 6.4) of van een koppeling aan abiotische metingen.
- *Transectmethoden*: Deze methode is een variant van de Permanente Kwadraten waarbij de plots worden geplaatst in een transect. Vooral bruikbaar in gradiëntrijke terreinen, wanneer het onduidelijk is waar op de gradiënt de veranderingen het best te zien zullen zijn.

- 
- *Grote Tansley-opnamen*: Vergelijkbaar met Permanente Kwadraten, maar op grotere schaal. Hierbij worden relatief grote gebieden opgenomen met een grove opnamenschaal. Deze relatief eenvoudige methode is vooral bruikbaar in situaties waar grote en snelle veranderingen verwacht worden in homogene deelgebieden (bijvoorbeeld plaglekken). Een nadeel is dat de opnameschaal tamelijk grof is en in de praktijk ook verschillend toegepast wordt. Bovendien zijn de resultaten minder nauwkeurig dan rastermethoden en 'stippen'-methoden. Zeldzame soorten kunnen het best ook als punt worden weergegeven.

## 6.1.2 Soorten: keuze voor rastermethode of stippenmethode

### 6.1.2.1 Rastermethode

- Bruikbaar bij te verwachten geleidelijke en diffuse veranderingen waarbij de locaties moeilijk te voorspellen zijn. In vergelijking met permanente kwadraten (PQ's) is de verkregen indicatie minder nauwkeurig (minder soorten), maar de ruimtelijke dekking is groter. Meer algemene soorten kunnen het best met een numerieke bedekking per rastercel worden aangegeven, zeldzamer voorkomende soorten als punt ('stippen'-methode).

### 6.1.2.2 'Stippen'-methode

- Hierbij worden de individuele locaties van de soorten als 'stippen' op kaart aangegeven. Deze methode is vooral nuttig bij zeldzaam in het gebied voorkomende soorten. Dit kan door middel van het handmatig intekenen op een kaart, die later gedigitaliseerd wordt of door inmeten met een GPS en inlezen in een GIS via een mobiele applicatie. Indien in het gebied weinig indicatorsoorten voorkomen, is het vaak nuttig om een kartering te combineren met het volgen van PQ's (soorten en PQ's geven complementaire informatie).

### Differentiatie naar maatregelen

Bij ingrijpende maatregelen (zoals plaggen) of bij herstelmaatregelen waarvan het effect onzeker is (vuistregel, hypothese), is extra voorzichtigheid nodig met een 'hand aan de kraan', zodat accurate bijsturing mogelijk is. In dergelijke gevallen is een hogere frequentie of intensiteit van monitoring gewenst in combinatie met abiotische metingen. Het inschatten hiervan vergt maatwerk per gebied. Daarnaast is bij kennislacunes begeleidend wetenschappelijk onderzoek nuttig, bijvoorbeeld via het Kennisnetwerk OBN.

## 6.2 Toelichting detailmodule vegetatie en soorten

In Bijlage 1 (detailmodule Vegetatie en soorten) zijn de relevante criteria voor het bepalen van de methode opgenomen. Het gaat hierbij om een indicatie op basis van landelijke gemiddelden. Voor de toepassing op gebiedsniveau is maatwerk nodig. De criteria sluiten zo veel mogelijk aan bij informatie in de richtlijnentabel met kosten (zie Werkwijze Monitoring). In deze paragraaf worden de kolommen kort toegelicht.

### Complexiteit

Deze kolom geeft per habitatype een indicatie van de complexiteit van de vegetatie op basis van de mate van structuurvariatie en/of de complexiteit van sturende milieufactoren.

Relevantie voor procesindicator vegetatie/soorten:

- Bij een hoge complexiteit zijn over het algemeen meer plots/soorten nodig.
- Bij een hoge complexiteit is specialistische kennis nodig bij zowel kartering en interpretatie en er is meer maatwerk nodig (afhankelijk van gebied en maatregel).

Codering:

1. Habitatype relatief eenvoudig qua structuurvariatie, soortensamenstelling en abiotische processen;
2. Habitatype vrij complex qua structuurvariatie, soortensamenstelling en abiotische processen;
3. Habitatype (zeer) complex qua structuurvariatie, soortensamenstelling en abiotische processen: meer plots/soorten nodig en veelal complexere bemonsteringsmethodieken.

---

### **Omvang steekproef**

Deze kolom geeft per habitatype een indicatie van de mate waarin volstaan kan worden met een steekproef in een deel van het areaal. Bij karteringen van vegetatie en/of soorten in een gebied is het niet altijd nodig om het hele areaal te karteren. Met name bij habitattypen die vaak grootschalig voorkomen of bij typen met relatief weinig interne variatie (binnen gebieden), kan met een representatieve steekproef gewerkt worden. De genoemde percentages zijn indicatief.

Codering:

1. Vaak grootschalig en/of met relatief weinig interne variatie; indicatie steekproefgrootte kartering: 25% van het oppervlak;
2. Intermediair; indicatie steekproefgrootte kartering: 50% van het oppervlak;
3. Vaak kleinschalig en/of met veel interne variatie; indicatie steekproefgrootte kartering: 100% van het oppervlak.

### **Frequentie**

Deze kolom geeft per habitatype een indicatie van de gewenste frequentie van bemonstering op basis van de reactiesnelheid van de kenmerkende soorten. Voor stabiele en relatief langzaam reagerende habitattypen is het de vraag of er op korte termijn (<6 jaar) voldoende betrouwbare informatie over de kwaliteitsontwikkeling verkregen kan worden via alleen vegetatie en soorten. Hier is het nuttig om monitoring op basis van vegetatie /soorten te combineren met (aanvullende) monitoring via remote sensing of abiotiek, waarbij de verschillende methoden elkaar kunnen aanvullen.

1. Relatief stabiel en langzaam reagerend habitatype: De gewenste frequentie van karteren is 1 keer per 6 jaar of 1 keer per 12 jaar; aanvullende monitoring gewenst via abiotiek.
2. Vrij langzaam reagerend habitatype: gewenste frequentie van karteren 1 keer per 6 jaar.
3. Relatief dynamisch en snel reagerend (veranderlijke) habitatype: gewenste frequentie van karteren 2 keer per 6 jaar.

### **Vegetatie als PI**

Deze kolom geeft een samenvatting van de geschiktheid van vegetatie als procesindicator. Per habitatype wordt aangegeven of vegetatie (via kartering of PQ) geschikt is om op korte termijn (< 6 jaar) inzicht te geven in de mate van natuurherstel.

### **Soorten als PI**

Per habitatype wordt aangegeven of plantensoorten geschikt zijn om op korte termijn (< 6 jr) inzicht te geven in de mate van natuurherstel. In aparte kolommen wordt meta-informatie gegeven over enkele informatiebronnen voor de selectie van geschikte soorten (zie hieronder).

### **Indicatorenreeks Kiwa/SBB**

Met een kruis wordt aangegeven welke habitattypen (deels) gedekt worden door de boekjes uit de indicatorenreeks van Kiwa/SBB "Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring". Voor nadere informatie: <http://www.natuurkennis.nl/index.php?hoofdgroep=6&niveau=3&id=25>.

### **SynBioSys # opnamen**

Aantal opnamen uit het informatiesysteem SynBioSys dat gebruikt is voor de berekening van de trouwgraad van soorten. Voor habitattypen met een gering aantal opnamen is de trouwgraad minder betrouwbaar en habitattypen met minder dan 100 opnamen zijn rood gemarkeerd.

### **Typische soorten**

Deze kolommen geven een overzicht van typische soorten per habitat(sub)type uitgesplitst naar de verschillende soortgroepen (dieren zijn in deze tabel niet opgenomen). Deze set van typische soorten wordt gebruikt bij het beoordelen van de "staat van instandhouding" (kwaliteit) op landelijk niveau (conform de systematiek van de Europese Commissie). Voor een verdere toelichting, zie de paragraaf "Synoptische tabel met trouwgraad van soorten per habitattypen".

---

## 6.3 Selectie van soorten (stap 5)

Bij sommige methoden worden alle soorten meegenomen (met name bij PQ's), maar bij de keuze voor monitoring via soorten is het nodig om een selectie te maken van soorten. Het is hierbij nuttig om onderscheid te maken tussen 'kwaliteitsindicatoren' en 'milieu-indicatoren'. De hier gepresenteerde methode voor de selectie van soorten is gebaseerd op kwaliteitsindicatoren. Omdat bij milieu-indicatoren de indicatiewaarde van soorten voor specifieke milieucondities vaak sterk afhankelijk is van de ecologische context, wordt er hier niet gewerkt met een generieke set van indicatorsoorten voor specifieke milieufactoren. Wel worden er in paragraaf 6.4 enkele handreikingen gegeven voor het gebruik van milieu-indicatoren.

### 6.3.1 Kwaliteitsindicatoren

Kwaliteitsindicatoren geven informatie over de ecologische kwaliteit van het habitatype in een gebied. Het gaat hierbij om relatief kritische en voor het habitatype kenmerkende soorten. De mate van binding aan een habitatype kan uitgedrukt worden met behulp van de **trouwgraad**. De trouwgraad zegt iets over de bandbreedte van het voorkomen van soorten en een hoge trouwgraad in een beperkt aantal habitattypen kan beschouwd worden als een indicatie voor een hoge kieskeurigheid ten aanzien van een of (meestal) meerdere milieufactoren. Verandering in de mate van voorkomen van deze soorten geeft informatie over de mate waarin de abiotische randvoorwaarden gunstig zijn voor de kenmerkende soorten (en daarmee over de 'staat van instandhouding'). Met andere woorden: gaat het de goede kant op met de habitatkwaliteit? In paragraaf 6.3.2 wordt een hulpmiddel beschreven voor de selectie van kwaliteitsindicatoren. Overigens kunnen ook soorten die juist niet kenmerkend zijn voor het type nuttige informatie verschaffen als ze sterk toe of afnemen. Daarnaast kan het nuttig zijn om de selectie uit te breiden met soorten die in het gebied een belangrijke ecologische rol vervullen zoals nectarplanten voor in het gebied voorkomende bedreigde vlindersoorten.

Bij het gebruik van kwaliteitsindicatoren wordt er geen kwantitatieve informatie verkregen over de achterliggende abiotische processen. Voor een toelichting van het gebruik van planten als milieu-indicatoren wordt verwezen naar paragraaf 6.4. Voor veel kwaliteitsindicatoren geldt waarschijnlijk dat ze bij gebiedsanalyses in potentie ook bruikbaar zijn als milieu-indicator, maar dit stelt aanvullende eisen aan de analyses (onderbouwing lokale indicatiewaarde).

### 6.3.2 Synoptische tabel met trouwgraad van soorten per habitatype

Het informatiesysteem *SynBioSys* (met daarin de opnamegegevens van de landelijke vegetatiedatabank) biedt een nuttige informatiebron voor het selecteren van indicatieve plantensoorten. Op basis van opnames in de landelijke vegetatiedatabank is een zogenaamde synoptische tabel gemaakt met daarin de trouwgraad van soorten per habitatype. Deze informatie is te vinden in de Exceltabel "Syntabel Habitattypen Concept" (Bijlage 1).

Deze tabel bevat kolommen met de volgende informatie:

- **Trouwgraad (per habitatype):** De tabel geeft per habitatype informatie over het voorkomen van soorten op basis van de trouwgraad (de mate van binding aan het type). De trouwgraad is uiteraard sterk afhankelijk van de representativiteit van de gebruikte vegetatieopnames. Soorten met een hoge trouwgraad kunnen beschouwd worden als karakteristiek voor het betreffende habitatype. De trouwgraad zegt iets over de bandbreedte van het voorkomen van soorten en een hoge trouwgraad in een beperkt aantal habitattypen kan beschouwd worden als een indicatie voor de kieskeurigheid ten aanzien van milieucondities. Elke Natura 2000-habitat(sub)type wordt in de tabel vertegenwoordigd door een kolom.
- **Maximale presentie:** De presentie geeft informatie over de frequentie van voorkomen (percentage van de plots van het betreffende habitatype waar soort is waargenomen). De presentie is berekend voor alle habitattypen en voor plantengemeenschappen die niet gedekt worden door habitattypen, maar deze kolom geeft alleen de maximale presentie. Sommige kieskeurige soorten (met een hoge trouwgraad) kunnen onder optimale milieucondities een zeer hoge presentie bereiken, terwijl ander

---

soorten ook in het habitatype waar ze optimaal voorkomen een lage presentie hebben. Deze laatste categorie ontbreekt dus in veel gebieden en komt daardoor vaak niet in aanmerking voor selectie, maar als ze voorkomen, kunnen ze wel een nuttig indicatorfunctie hebben.

- **Typische soorten:** Typische soorten zijn in een aparte kolom gemarkeerd met "1". Het "Natura 2000 profielendocument" bevat per habitat(sub)type een tabel met typische soorten. Deze set van typische soorten wordt gebruikt bij het beoordelen van de staat van instandhouding (kwaliteit) op landelijk niveau (conform de systematiek van de Europese Commissie). Deze kolom geeft een overzicht van typische soorten die uiteraard ook gebruikt kunnen worden bij het beoordelen van de kwaliteit op locatieniveau. Daarnaast zijn de cellen van het habitatype waarvoor de soort aangemerkt is als typische soort paars gemarkeerd. In veel gevallen is ook de trouwgraad van deze soorten relatief hoog, maar dit is niet altijd het geval. Ook bij een minder hoge trouwgraad kan de aanwezigheid van dergelijke soorten in een gebied echter vaak beschouwd worden als een indicatie voor een goede habitatkwaliteit (in veel gevallen hebben dergelijke soorten een hogere trouwgraad in een habitatype met enigszins vergelijkbare milieucondities).
- **Maximale trouwgraad:** De laatste kolom geeft de maximale trouwgraad van een bepaalde soort over alle habitatypen.

Door per habitatype de soorten te sorteren naar hun trouwgraad (van hoog naar laag) kan per habitatype een groslijst gemaakt worden van potentieel bruikbare soorten. Voor het sorteren kan in de Exceltabel bij het gewenste habitatype op het driehoekje (in de kolomtitel) gedrukt worden, vervolgens kiezen voor "sorteren van groot naar klein" en "OK" (zie Figuur 6.1). Per gebied kan vervolgens een selectie gemaakt worden van soorten. De selectie vergt maatwerk per gebied en de keuze hangt onder andere af van de mate van voorkomen in het gebied en bestaande monitoringactiviteiten (harmonisering van methoden en soortenlijsten waar mogelijk).

Aandachtspunten bij gebruik van de tabel:

- Het toepassingsbereik van de informatie in de tabel is beperkt. Het voorkomen van soorten met een hoge trouwgraad is indicatief voor een goede habitatkwaliteit met gunstige abiotische randvoorwaarden voor de kenmerkende soorten (kwaliteitsindicator; zie hoofdstuk 2). Voor informatie over de achterliggende abiotische processen is vaak aanvullend onderzoek nodig, bijvoorbeeld PQ's met daaraan gekoppeld abiotische metingen.
- De waarden van de trouwgraad in de tabel zijn indicatief. De waarden zijn mede afhankelijk van de omgrenzing van de habitatypen (lager bij habitatypen en subtypen die qua soortensamenstelling zwak begrensd zijn) en de representativiteit van de opnamegegevens.
- Het aantal soorten met een hoge trouwgraad verschilt sterk per habitatype. Bij soortenarme habitatypen is het vaak gewenst om gebruik te maken van (aanvullende) monitoring via remote sensing of abiotiek (zie "Afwegingskader voor de keuze tussen methoden").
- Voor habitatypen met weinig opnamen zijn de waarden minder betrouwbaar. Deze habitatypen zijn in de tabel gemarkeerd (lichtgroen i.p.v. donkergroen).
- Sommige soorten komen in meerdere rijen voor. Het kan hierbij gaan om soorten met meerdere ondersoorten (zoals *Asparagus officinalis*) of lastig herkenbare soorten die ook als combinatie opgenomen zijn (zoals *Alchemilla vulgaris* ag.). Voor dergelijke soorten is het wenselijk om de rijen gezamenlijk te beoordelen.
- Voor zeer zeldzame soorten (met lage maximale presentiewaarden) zijn de waarden minder nauwkeurig; hier is expertbeoordeling vereist.
- Naast vaatplanten bevatten de opnamen in de landelijke vegetatiedatabank ook informatie over "lager planten", zoals mossen, korstmossen en kranswieren. Doordat deze soortgroepen niet altijd systematisch gedetermineerd zijn, is deze informatie in de synoptische tabel voor de meeste soorten weggelaten (met uitzondering van diverse typische soorten zoals veenmossen).
- De tabel geeft landelijke gemiddelden en de uiteindelijke keuze van soorten vergt maatwerk per gebied; hoe meer soorten, hoe nauwkeuriger de indicatie.
- Zeer langzaam groeiende soorten zijn over het algemeen minder geschikt voor het monitoren van kortetermijneffecten;
- Let bij de selectie van soorten ook op planten die van belang zijn voor specifieke trofische interacties (bijvoorbeeld nectarplanten voor in het gebied voorkomende bedreigde vlindersoorten).

- Per gebied is het efficiënt om de in het gebied voorkomende habitattypen zo veel mogelijk gezamenlijk te beoordelen.

	A	B	C	D	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT
1	So	Soortnaam	Max presentie	Typische soort	H3260A	H3260B	H3270	H4010A	H4010B	H4030	H45130	H6110	H6120	H6130			
2	1	Acer campestre	75												1.22	0.20	0.20
3	1850	Acer platanoides	17														
4	2	Acer pseudoplatanus	100												0.42	0.10	0.12
5	3	Aceras anthropophorum	1	1											83.33		
6	4	Achillea millefolium	77		0.04		0.23								5.74	1.56	0.39
7	5	Achillea ptarmica	21		0.34		5.06									1.86	32.15
8	7	Acorus calamus	15		0.66		2.64										0.50
9	8	Actaea spicata	18	1											0.84		
10	10	Adoxa moschatellina	58	1													
11	11	Aegopodium podagraria	80		0.16		0.04								0.04	0.04	0.08
12	1851	Aesculus hippocastanum	28														
13	12	Aethusa cynapium	56				1.32										
14	13	Agrimonia eupatoria	58												25.07	1.19	
15	14	Agrimonia procera	4	1											3.85		
16	15	Agrostemma githago	6														14.29
17	1544	Agrostis canina	71		0.16		0.18								0.04	5.73	22.78
18	16	Agrostis canina ag. (incl. A.	6												0.76	1.53	6.11
19	19	Agrostis capillaris	100		0.07		0.03								0.52	3.01	2.52
20	17	Agrostis gigantea	9		0.41		0.61								3.48	0.20	0.41
21	18	Agrostis stolonifera	98		1.78	0.00	1.56								0.64	0.24	0.56
22	5200	Agrostis stolonifera ag. (incl.	2														
23	1545	Arrnstitis vinealis	48													5.74	0.15

**Figuur 6.1** Screenshot van de synoptische tabel met de trouwgraad van soorten per habitatype met een overzicht van de handelingen voor het sorteren van de soorten naar aflopende trouwgraad.

#### Technische toelichting

Voor een deel van de opnamen in de landelijke vegetatiedatabank is het mogelijk om de opname met behulp van een vertaaltabel toe te wijzen aan een Natura 2000-habitatype. Dit is gebeurd op basis van informatie over de plantengemeenschap waartoe de opname behoort (associatie of subassociatie) in combinatie met diverse aanvullende criteria, zoals de aanwezigheid of bedekking van specifieke soorten of soortgroepen en de ruimtelijke ligging. In totaal is bij de onderbouwing van de synoptische tabel gebruikgemaakt van 159,658 opnamen.

Diverse plantengemeenschappen worden niet gedekt in de typologie van de Natura 2000 habitattypen. Voor een goede inschatting van de trouwgraad van soorten is het echter nodig om het hele scala aan plantengemeenschappen in beschouwing te nemen. Bij de berekening van de trouwgraad per habitattypen zijn daarom ook de niet in Natura 2000 gedekte plantengemeenschappen meegenomen. Ten behoeve van het overzicht worden de resultaten van deze plantengemeenschappen echter niet getoond.

## 6.4 Gebruik van plantensoorten als milieu-indicatoren

Voor een ecologische interpretatie van vegetatieveranderingen is het nuttig om inzicht te hebben in de veranderingen van de belangrijkste standplaatsfactoren. Hiervoor kan gebruikgemaakt worden van abiotische metingen (zie Hoofdstuk 5). Het is echter ook mogelijk om uit de vegetatie zelf globale informatie over de standplaatscondities af te leiden.



---

Het is hierbij nuttig om onderscheid te maken tussen 'kwaliteitsindicatoren' en 'milieu-indicatoren'. In het eerste geval worden de planten gebruikt als indicator voor de ecologische kwaliteit van het habitatype (gaat het de goede kant op? Zie paragraaf 6.3.1). In het tweede geval (deze paragraaf) worden planten gebruikt als indicator voor veranderingen in specifieke milieuocondities. Bij het gebruik van planten als milieu-indicatoren is het ambitieniveau dus hoger en de onzekerheid van de indicaties groter. Aanvullend onderzoek kan daarom wenselijk zijn (bijvoorbeeld via PQ's met abiotische metingen). Dit is met name nuttig voor herstelmaatregelen waarvan het effect onzeker is (vuistregel, hypothese) en dit vergt maatwerk per gebied.

De indicatiewaarde van planten voor milieuocondities is over het algemeen het hoogst voor soorten die kieskeurig zijn ten aanzien van de milieuocondities in hun standplaats (waaronder veel kwaliteitsindicatoren, zie paragraaf 6.3.1) en voor soorten die snel reageren op veranderingen in milieuocondities. Bovendien geldt dat milieu-indicaties op basis van de gehele vegetatie (gezamenlijk voorkomende soorten in vegetatieopnamen en PQ's) veel nauwkeuriger zijn dan milieu-indicaties op basis van individuele soorten.

Achtergrondinformatie over het gebruik van planten als milieu-indicator is te vinden in de boekjes uit de indicatorenreeks van Kiwa/SBB "Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring". Zie ook de webpagina: <http://www.natuurkennis.nl/index.php?hoofdgroep=6&niveau=3&id=25>.

In de detailmodule vegetatie en soorten (Sheet 4) wordt in de kolom "Indicatorsoorten Kiwa/SBB" aangegeven welke habitattypen (deels) gedekt worden door deze serie.

Voor het afleiden van abiotische condities uit vegetatiegegevens zijn verschillende rekentools beschikbaar. Hier wordt volstaan met een overzicht van de belangrijkste tools:

- Iteratio (niet vrij toegankelijk)
- Estar (wordt opgenomen in TURBOVEG 3)
- Ellenberg indicatiewaarden (opgenomen in SynBioSys)
- Wamelink indicatiewaarden (opgenomen in SynBioSys)
- Indica (op basis van informatie uit de Kiwa/SBB boekjes met Indicatorsoorten)

Het afleiden en interpreteren van abiotische indicaties uit vegetatie- of soortgegevens vergt maatwerk op basis van een grondige ecologische kennis. Het is hierbij goed om rekening te houden met de volgende factoren:

- Milieu-indicaties zijn betrouwbaarder als ze zijn gebaseerd op een relatief groot aantal gezamenlijk voorkomende soorten. Dit geldt voor alle genoemde rekentools. Milieu-indicaties op basis van vegetatieopnamen en PQ's zijn daardoor veel nauwkeuriger dan milieu-indicaties op basis van het voorkomen van individuele soorten.
- Verschillende processen kunnen soms leiden tot vergelijkbare standplaatscondities voor de plant. Veranderingen in het voorkomen van soorten kunnen daardoor niet altijd eenduidig aan specifieke processen gekoppeld worden (de indicatiewaarde is soms niet specifiek).
- Het voorkomen van plantensoorten hangt vaak af van een combinatie van milieufactoren (met vaak interacties tussen de verschillende factoren). Hierdoor kunnen veranderingen in het voorkomen van soorten vaak niet eenduidig aan één sturende milieufactor worden toegeschreven (de indicatiewaarde is vaak contextafhankelijk).
- Veel informatie is beschikbaar in de boeken van de indicatorenreeks van Kiwa/SBB ("Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring"), maar in deze serie wordt slechts een deel van de habitattypen gedekt. Bovendien is de indicatiewaarde vooral onderbouwd voor de status van milieuocondities in vrij stabiele standplaatsen (patroonanalyse) en minder voor korte termijn veranderingen hierin (trendanalyse).
- Bij sterke en/of schoksgewijze veranderingen in abiotische condities zijn de indicaties van milieuocondities op basis van planten vaak minder betrouwbaar. Dit komt doordat er bij veel plantensoorten sprake is van een vertragingseffect: aan de ene kant kunnen soorten lang na-ijlen nadat de milieuocondities ongunstig geworden zijn, aan de andere kant is er bij veel 'kritische' soorten vaak sprake van een trage (her)kolonisatie nadat de condities gunstig geworden zijn.

---

# Relevante literatuur

- Aggenbach, C.J.S. & M.H. Jalink, 1995. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van plantengemeenschappen in duinvalleien van het Waddendistrict. Deel 6. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Aggenbach, C.J.S. & M.H. Jalink, 1999. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring in droge duinen. Deel 8. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Aggenbach, C.J.S. & M.H. Jalink, 2005. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van plantengemeenschappen in boezemlanden. Deel 9. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Aggenbach, C.J.S. & M.H. Jalink, 1998. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van plantengemeenschappen in hoogvenen. Deel 4. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Aggenbach, C.J.S., E. Doornik, J. Grijpstra & M.H. Jalink, 2002. INDICA: a tool for the analysis of environment with use of indicator species. *H2O* 35: 46-47
- Aggenbach, C.J.S., J. Grijpstra & M.H. Jalink, 2002. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van plantengemeenschappen in duinvalleien van het Renodunaal district. Deel 7. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Aggenbach, C.J.S., M.H. Jalink & A.J.M. Jansen, 1998. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van plantengemeenschappen in vennen. Deel 5. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Arens, S.M., L.H.W.T. Geelen, Q.L. Slings & H.E. Wondergem 2005. Herstel van duinmobiliteit. Naar een nieuw duurzaam beheer? *Landschap* 2005-4: 181-202.
- Beek, J.G. van, R.F. van Rosmalen, B.F. van Tooren en P.C. van der Molen (allen red.), 2014. *Werkwijze Natuurmonitoring en -Beoordeling Natuurnetwerk en Natura 2000/PAS (+ 2 bijlagedocumenten)* BIJ12, Utrecht.
- Beets, C.P., P.W.E.M. Hommel & R.W. de Waal, 2000. Selectie van referentiepunten t.b.v. het SBB-project terreincondities - fase 1: resultaten inventarisatie 1999. Staatsbosbeheer, Driebergen; Alterra, Wageningen, 57 p.
- Beets, C.P., P.W.F.M. Hommel & R.W. de Waal, 2001. Selectie van referentiepunten t.b.v. het SBB-project terreincondities - fase 2: resultaten inventarisatie 2000. Staatsbosbeheer, Driebergen; Alterra, Wageningen, 161 p.
- Beets, C.P., P.W.F.M. Hommel & R.W. de Waal, 2002. Selectie van referentiepunten t.b.v. het SBB-project terreincondities - fase 3: resultaten inventarisatie 2001. Staatsbosbeheer, Driebergen; Alterra, Wageningen, 136 p.
- Beets, C.P., P.W.F.M. Hommel & R.W. de Waal, 2003. Selectie van referentiepunten t.b.v. het SBB-project terreincondities - fase 4: resultaten inventarisatie 2002. Staatsbosbeheer, Driebergen; Alterra, Wageningen, 268 p.
- Beets, C.P., P.W.F.M. Hommel & R.W. de Waal, 2004. Selectie van referentiepunten t.b.v. het SBB-project terreincondities - fase 5: resultaten inventarisatie 2003. Staatsbosbeheer, Driebergen; Alterra, Wageningen, 181 p.
- Beets, C.P., P.W.F.M. Hommel en R.W. de Waal, 2005. Selectie van referentiepunten t.b.v. het SBB-project terreincondities - fase 6: resultaten inventarisatie 2004. Driebergen, Staatsbosbeheer.
- Beltman, B., A. Smolders & J. Vermaat, 2009. Waterberging en natuurontwikkeling op veenweidegronden. De rol van nutriënten. *Landschap* 26: 95-102.
- Berg, L.J.L. van den, 2006. Species-rich Heathlands degraded by Atmospheric N deposition: Perspectives for restoration. Proefschrift Radboud Universiteit Nijmegen.
- Bergsma, H., J. Vogels, M. Weijters, R. Bobbink, A. Jansen & L. Krul, 2016. Tandrot in de bodem. Hoeveel biodiversiteit kan de huidige minerale bodem nog ondersteunen? *Bodem* 24: 27-29.
- Bijlsma, R.J., A. ten Hoedt & R.W. de Waal, 2014. Ecological qualities emerging from non-intervention management of heathlands. In Diemont et al. (ed.). *Economy and ecology of Heathlands*. KNNV, Zeist.
- Boxman, A.W., H.H. Bartelink, P. Bossenbroek, R.H. Kemmers & A.H.F. Stortelder, 2003. Uitvoering van vernattingsmaatregelen op praktijkschaal 1997-2003. Referentie project Koelbroek. OBN-rapport EC-LNV nr. 2003/245-O), 99 p.

- 
- Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer & J. Stolp, 1995. Handleiding bodemgeografische onderzoek. Richtlijnen en voorschriften. Deel A: Bodem. Technisch Document 19A. DLO-Staring Centrum.
- Chardon, W.J., F.P. Sival, R.H. Kemmers, B. van Delft & G.F. Koopmans, 2009. Is het mogelijk om met uitmijnen in plaats van ontgronden voldoende fosfaat kwijt te raken? *De Levende Natuur* 110: 39-42.
- Davies, G.M., A.A. Smith, A.J. McDonald, J.D. Bakker & C.J. Legg, 2010. Fire intensity, fire severity and ecosystem response in heathlands: factors affecting the regeneration of *Calluna vulgaris*. *Journal of Applied Ecology* 47: 356-365. [DOI: 10.1111/j.1365-2664.2010.01774.x]
- Delft, S.P.J. van, G.H. Stoffelsen & F. Brouwer, 2007. Natuurpotentie van Zwartebroek en Allemanskamp; Ecopedologisch onderzoek naar de mogelijkheden voor natuurontwikkeling Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1550, 103 p.
- Delft, S.P.J. van, G.J. Maas & F. Brouwer, 2014. Fosfaatonderzoek Noorderpark; Bodemonderzoek t.b.v. realisatie soortenrijke schraallanden. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2493, 76p.
- Delft, S.P.J. van, R.W. de Waal, R.H. Kemmers, P. Mekking & J. Sevink, 2006. Field Guide Humus Forms. Description and classification of humus forms for ecological applications. Wageningen, Alterra, Research Institute for the Green Environment, 92 p.
- Dorland, E., R. Bobbink, M.B. Soons & S.L.F. Rotthier, 2012. Dalende stikstofdepositie is nog niet afdoende voor herstel van droge heischrale graslanden. *De Levende Natuur* 112: 220-224.
- Eekeren, N.J.M. van, G. Iepema & F.W. Smeding, 2006. Evenwichtige verschralling van natuurgronden: Eindrapportage 2002-2005, Bouis Bolk Instituut, Driebergen, 58 p.
- Ham, A. van der, H.J.M. Kortstee, H. Prins, i.s.m. G. van der Veer, 2015. Op weg naar professioneel Natuurbeheer. Wageningen, LEI Wageningen UR (University & Research centre), LEI Nota 2015-030, 52 p.
- Hommel, P.W.F.M. & R.W. de Waal, 2013. Provinciaal meetnet verdroging Overijssel; Beschrijving en beoordeling van 56 meetpunten. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2457, 186 p.
- Hommel, P.W.F.M., T. 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, 112 p.
- Hommel, P.W.F.M., R.W. de Waal, B. Muys, J. den Ouden & T. Spek, 2007. Terug naar het lindewoud: strooiselkwaliteit als basis voor ecologisch bosbeheer. Zeist : KNVV Uitgeverij, 72 p.
- Jalink, M.H. & A.J.M. Jansen, 1995. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van grondwaterafhankelijke beekdalgemeenschappen. Deel 2. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Jalink, M.H., 1996. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring in laagveenmoerassen. Deel 3. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Kemmers, R.H., G.M. Dirkse, M. Hille en P. Mekking, 2005a. Effecten van brand op bodem en vegetatie in dennenbossen van voedselarme zandgronden bij Kootwijk. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1028, 57 p.
- Kemmers, R.H., L. Kuiters, B. van Delft, P.A. Slim, J.P. Bakker & Y. de Vries, 2005b. Haalbaarheid natuurdoelen op fosfaatverrijkte gronden: dertig jaar natuurontwikkeling op fosfaatverrijkte landbouwgronden. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 1040, 68 p.
- Klimkowska, A., H. van Dobben, H. Keizer-Vlek, M. Wallis de Vries, R.J. Bijlsma & A. Schotman, 2011. Urgente maatregelen voor Habitattypen; behoud van urgent bedreigde typische soorten en vegetatietypen. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterrarapport 2278, 240 p.
- Lamers, L.P.M., M.C.C. de Graaf, R. Bobbink & J.G.M. Roelofs, 1997. Verzuring en eutrofiëring van blauwgraslanden. *De Levende Natuur* 98: 246-252.
- Lucassen, E.C.H.E.T., J.G.M. Roelofs & R. Bobbink, 2009. Casus herstel en herontwikkeling van zinkvegetatie. *De Levende Natuur* 110: 116-117.
- Mücher, S., R. van der Wijngaart, H.P.J. Huiskes, W.M.L. Meijninger, A.M. Schmidt, 2015. Mogelijkheden van Remote Sensing voor vegetatiemonitoring in Nederland: verkenning van de toegevoegde waarde van de huidige Remote Sensing-technieken op gangbare methoden voor de monitoring en beoordeling van de kwaliteit van beheertypen en habitattypen. Alterra Wageningen UR, Alterra-rapport 2591.
- Riet, B.P. van de, E.C.H.E.T. Lucassen, R. Bobbink, J.H. Willems & J.G.M. Roelofs, 2005. Preadvies zinkflora. Ministerie van LNV, Directie Kennis, Ede. Rapport DK, nr. 2005/Dk007-O.

- 
- Sevink, J. & R.W. de Waal, 2010. Soil and humus development in drift sands. In: Fanta & Siepel (eds) 2010. Inland drift sand landscapes. KNNV-publishing Zeist, NL, pp. 107-138
- Smits, N.A.C. & A.S. Adams, D. Bal & H.M. Beije (eds. 2014). Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats. Ecologische onderbouwing van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS). Deel II: Herstelstrategieën voor stikstofgevoelige habitats. Alterra Wageningen UR & Programmadirectie Natura 2000 van het ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie.
- Smits, N.A.C. & D. Bal (eds. 2014). Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats. Ecologische onderbouwing van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS). Deel I: Algemene inleiding herstelstrategieën: beleid, kennis en maatregelen. Alterra Wageningen UR & Programmadirectie Natura 2000 van het Ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie.
- Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs, 2006. De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. Vakblad Natuur Bos Landschap 3: 5-11.
- Sparrius, L., A. Kooijman, M. Nijssen, H. Esselink<sup>†</sup>, A. van den Burg, M. Riksen, L. Kuiters, R.J. Bijlsma, R. de Waal, H. van Dobben, R. Ketner-Oostra, P. Jungerius, Chr. van Turnhout & Chr. van Swaay, 2010. Onderzoek naar effectgerichte maatregelen voor het herstel en beheer van stuifzanden. Eindrapport OBN-Stuifzandonderzoek 2006-2009. Rapport Universiteit van Amsterdam, Universiteit Wageningen, Alterra & Stichting Bargerveen/RU Nijmegen
- Nijssen, N., M.J.P.M. Riksen, L. Sparrius, L. Kuiters, A.Kooiman, R.J. Bijlsma, P. Jungerius, A. van den Burg, H.van Dobben, R. Ketner-Oostra, C. van Swaay, C. van Turnhout & R. de Waal, 2011. effectgerichte maatregelen voor het herstel en beheer van stuifzanden. OBN stuifzandonderzoek 2006-2010. Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, Rapport nr. 2011/OBN144-DZ, 262 p.
- Stiff, H.A. Jr., 1951. The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. Journal of Petroleum Technology 3: 15-17.
- Stortelder, A.H.F., P.W.F.M. Hommel & R.W. de Waal, 1998. Broekbossen. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- Thonon, I., 2006. Deposition of sediment and associated heavy metals on floodplains. Netherlands Geographical Studies 337, Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig genootschap, Faculteit Geowetenschappen, Universiteit Utrecht, 174p.
- Waal, R.W. de & R.H. Kemmers, 2000. Humus als "early warning" voor verdroging en verzuring. Vakblad natuurbeheer 5: 78-80.
- Waal, R.W. de & P.W.F.M. Hommel, 2010. Humus- en vegetatiereeksen als hulpmiddel voor het natuurbeheer. Enkele voorbeelden op basis van de SBB-referentiepunten. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2049, 53 p.
- Waal, R.W. de & S.P.J. van Delft, 2014. Bodemonderzoek Liefstingsbroek; Ecopedologisch en bodemchemisch onderzoek voor maatregelen tegen de effecten van stikstofdepositie. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2580, 60 p.
- Van Wirdum, G., 1991. Vegetation and hydrology of floating rich fens. Dissertatie Universiteit van Amsterdam.
- Wirdum, G. van, 1980. Eenvoudige beschrijving van de waterkwaliteitsverandering gedurende de hydrologische kringloop ten behoeve van de natuurbescherming. CHO-TNO rapporten en nota's 5: 118-143. Den Haag.
- Wolf, R.J.A.M., A.H.F. Stortelder & R.W. de Waal (red.), 2001. Ooibossen. Bosccosystemen in Nederland 2. KNNV Uitgeverij, Utrecht.

---

# Bijlage 1 Bijbehorende digitale bestand

Excel-document met totaaltabel en detailmodules:



Totaaltabel\_06-12-2  
016.xlsx

Sheet 1: Totaaltabel (overzicht alle procesparameters)

Sheet 2: RS (detailmodule Remote sensing)

Sheet 3: Abiotiek (detailmodule abiotiek)

Sheet 4: Vegetatie\_soorten (detailmodule vegetatie en soorten)

Sheet 5: Synoptisch (synoptische tabel met trouwgraad van soorten t.b.v. kwaliteitsoorten)

Sheet 6-10: Legenda's bij sheet 1 t/m 5

---

# Bijlage 2 Abiotische parameters

In deze bijlage worden de parameters uit de detailmodule Abiotiek toegelicht. Zo nodig wordt in de laatste kolom ("opmerkingen") toelichting gegeven op de benodigde metingen.

Voor elk van de parameters is daar waar mogelijk aangegeven in welke richting ze een beginnend herstel indiceren (toename/afname). Vaak is echter meer uitleg nodig, omdat deze relatie niet eenduidig is. Zo is bij een verdroogd en verzuurd grondwaterafhankelijk habitatype (bijvoorbeeld Blauwgrasland) een hogere grondwaterstand in het algemeen een gunstige ontwikkeling. Deze maatregel kan echter doorschieten als de grondwaterstand zodanig hoog wordt dat door zuurstofgebrek karakteristieke soorten verdwijnen of zich niet vestigen. Op dat moment zal een hogere grondwaterstand niet gunstig (meer) zijn. Kortom: vaak is de tendens (positief of negatief) afhankelijk van de actuele toestand van het habitatype en de aard van de standplaats. In de praktijk zijn meestal combinaties van parameters nodig om de juiste eenduidige conclusies te trekken. Ook kan een maatregel op meerdere parameters een verschillende invloed hebben: bij plaggen wordt een hoeveelheid nutriënten afgevoerd, maar het brengt ook het maaiveld dicht bij het grond- en of kwelwater, een voorbeeld van een positieve terugkoppeling. Een voorbeeld van negatieve terugkoppeling is dat een gewenste waterstandsverhoging in fosfaatrijke bodems kan leiden tot ongewenste mobilisatie van fosfaat (verhoging beschikbaar P).

## 2.1 Veldbeschrijvingen

### 2.1.1 Bodemprofiel (bodpr)

Als het bodemprofiel beschreven wordt, kan met weinig extra moeite het humusprofiel meegenomen worden. Probleem hierbij is wel dat de kennis van het beschrijven van de humusvorm, hoewel niet bijzonder moeilijk, bij minder mensen bekend is. In sommige gevallen volstaat het beschrijven van alleen de humusvorm.

De beschrijvingen van het bodemprofiel zouden in ieder geval de volgende onderdelen moeten bevatten:

- horizonten (een beknopte beschrijving van de essentiële bodemlagen is voldoende);
- GHG, GLG (schatting op basis van bodemverkleuringen/roestvlekken).

Per horizont:

- dikte
- schatting van de textuur (klei-, zand- en siltgehalte);
- schatting van het organisch stofgehalte;
- vrije kalk (bruisproef met verdund zoutzuur);
- moedermateriaal;
- hydromorfe vlekking (ijzer- en gleyvlekking).

Enkele richtlijnen voor de gestandaardiseerde bodembeschrijving zijn te vinden in de "Handleiding bodemgeografisch onderzoek, Deel A: Bodem" van Ten Cate et al. 1995 (te downloaden via: <http://www.landschapsleutel.wur.nl/documentatie/Technisch%20document%2019A.pdf>).

#### **Gewenste ontwikkeling**

Deze parameter is in het algemeen niet direct bruikbaar om de ingreep zelf te monitoren. De veranderingen in het bodemprofiel verlopen vaak te langzaam om het kortetermijneffect van de maatregel te kunnen waarnemen. Inzicht in het bodemprofiel is echter wel van belang om parameters die wel geschikt zijn voor het monitoren juist te interpreteren. Om die reden is deze parameter wel toegevoegd en waar relevant, is aangegeven dat de uitgangssituatie dient te worden beschreven. Het bodemprofiel is ook uitermate belangrijk om uitgangssituaties te beschrijven voorafgaand aan een ingreep, bijvoorbeeld bij plaggen.

---

### 2.1.2 Humusprofiel (humpr)

De humusvorm reageert bij veranderingen in en om de standplaats veel sneller dan de bodem. In een aantal gevallen (bijvoorbeeld bij oppervlakkige verzuring) zijn veranderingen in het humusprofiel zelfs sneller zichtbaar dan in de soortensamenstelling van het habitatype. Het humusprofiel is hiermee een bruikbare indicator voor processen als verdroging, verzuring, verzilting, verzoeting en eutrofiëring (vooral in combinatie met vegetatieopnamen) (Beets et al. 2000-2005; Hommel & De Waal 2013).

Het humusprofiel kan worden beschreven volgens Van Delft et al. 2006 ("Field guide humus forms") en bevat verschillende horizonten (humuslagen). Het classificeren van de humusvorm is daarbij van minder groot belang dan een goede veldbeschrijving. In geheel organische bodems (veengronden) en minerale bodems zonder (uitwendige) strooisellaag is het humusprofiel een meer gedetailleerde beschrijving van de minerale bovengrond. Soms gaat het om heel simpele beschrijvingen van gelaagdheid waarin accumulatie van organische stof geen of nauwelijks een rol spelen. Dit kan het geval zijn in dynamische sedimentaire milieus als wadden, schorren, gorzen, stuifduinen, rivierstranden en oeverwallen. In deze milieus zijn verse laagjes sediment (afwisseling zand-, leem- en kleilaagjes) een teken dat de beoogde dynamiek functioneert.

Humusprofielbeschrijvingen zijn nog relatief onbekend, maar kunnen wel veel informatie in het veld opleveren. Mocht de benodigde kennis niet beschikbaar zijn om een profielbeschrijving te maken, dan is de minimumoptie om alleen de dikte van de humuslaag (minus het meest verse, onverteerde strooisel) aan te geven, bij voorkeur in combinatie met een bodemanalyse. Wanneer de analyses vreemde resultaten opleveren, kan het noodzakelijk zijn om de plek nogmaals te bezoeken om alsnog een humusprofielbeschrijving te maken.

De informatie is te downloaden van <http://www.wageningenur.nl/en/Research-Results/Projects-and-programmes/Humus-forms/Downloads.htm>.

Per horizont (laag) minimaal:

- dikte;
- mate van omzetting van organisch materiaal;
- begrenzing;
- aard van het materiaal.

#### **Gewenste ontwikkeling**

In het humusprofiel kunnen op korte termijn veranderingen waar te nemen zijn. Toename of ontstaan van semipermanente strooisellagen (strooisellagen die langer dan een seizoen blijven liggen) wijzen op verzuring en soms op verdroging. Bij ingrepen waarbij de basenhuishouding moet worden verbeterd, bijv. plaggen om de invloed van rijk grondwater te verhogen, is het ontstaan of het groeien van de strooisellagen een teken dat de maatregel niet effectief is (De Waal & Hommel 2009). Bij het achterwege blijven of het slinken van de strooisellaag is een herstel in gang gezet. Op rijke bodems is de strooisellaag meestal niet aanwezig en daarom niet als indicator te gebruiken.

### 2.1.3 Grondwatertrap (GT)

De grondwatertrap wordt meestal geschat op grond van de actuele grondwaterstand en de bodemkenmerken, zoals hydromorfe vlekking en reductiekleuren en vormt een onderdeel van de algemene veldbeschrijving. Een nauwkeurig vaststelling van de GT kan uiteraard ook verricht worden met behulp van de gegevens van metingen in peilbuizen (zie 2.2.1).

#### **Gewenste ontwikkeling**

De grondwatertrap is een afgeleide van de gemiddelde hoogste en laagste grondwaterstand. Bij maatregelen waarbij gestreefd wordt naar herstel van verdroogde habitattypen of herstel van de grondwaterinvloed is verlaging van de GT-klasse (bijvoorbeeld van III naar II) gewenst.

---

### 2.1.4 pH-profiel (pH-pr)

Het pH-profiel is een vrij simpele methode om inzicht te krijgen over het verloop van de pH in het bodemprofiel (Van Delft & Stoffelsen 2007; Hommel & De Waal 2013). De pH wordt in het veld bepaald op 5-10-15-25-35-45-55-75-95-115 cm diepte (of tot de gemiddeld laagste grondwaterstand) met behulp van pH-indicatorstrookjes (dit is te combineren met bodem/humusprofiel beschrijving). Met het pH-profiel is het diepteverloop van de grondwaterinvloed te bepalen. Wanneer de pH op deze manier wordt bepaald, is deze meestal lager dan pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> en iets hoger dan de pH's die in een gebufferde oplossing worden bepaald. Er bestaan correlatiegrafieken tussen pH-indicatorstrookjes en bijvoorbeeld pH<sub>KCl</sub>. Uiteraard vervangt deze manier van pH-bepaling niet de pH-analyses in het laboratorium, die veel nauwkeuriger zijn.

Indien er geen reden is om aan te nemen dat grondwaterinvloed een rol speelt, kan het pH-profiel achterwege gelaten worden. Dus in bijvoorbeeld droge land- en kustduinen is het vaststellen van dit pH-profiel weinig zinvol. Ook op kalkrijke standplaatsen (kalkrijk tot aan het maaiveld) met grondwaterinvloed is het weinig zinvol. In veel gevallen kan de diepte van de pH-waarnemingen beperkt worden als de laagste grondwaterstand ondieper dan 1,2 m onder maaiveld voorkomt. In geval van standplaatsen met stagnerende gronden, waarbij in de natte perioden het grondwater hoog in het bodemprofiel of zelfs daarboven staat en in de droge perioden het bodemwater diep wegzakt, is wel een pH-profiel aan te raden.

#### **Gewenste ontwikkeling**

Het verticale pH-verloop in de bodem is van belang om herstel van basenrijke grondwaterinvloed te herkennen en/of de effectiviteit van de plagdiepte te controleren. Het verloop van de pH in de wortelzone is van belang. In nog niet herstelde situaties kan de bodem sterk verzuurd zijn in de wortelzone. Na herstel zou de verzuring in de wortelzone veel minder moeten zijn. Als de bodem pH wordt uitgezet tegen de bodemdiepte waarop de pH is gemeten, dan laat de pH-curve in de verzuurde omstandigheden een sterke buiging zien naar de lage pH-waarden; in de herstelde situatie is het verloop veel geleidelijker.

## 2.2 Grondwaterstanden en waterdynamiek

### 2.2.1 GS

GS staat voor grondwaterstanden. Het grondwaterstandverloop kan gemeten worden via een peilbuis en waterstandverloop via een peilschaal (openwater, sloten en dergelijke). In veel terreinen zijn al buizen en peilschalen aanwezig, maar deze staan niet altijd op de juiste plek. De grondwaterstanden worden gemeten met een of meerdere peilbuizen, afhankelijk van de diepte en fluctuatie van het grondwater. De standen worden regelmatig en frequent afgelezen, met een klokje, maar het liefst met een datalogger. Op basis van de gegevens kunnen na verloop van tijd (minimaal enkele jaren) de GVG (gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand), de GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand) en de GHG (gemiddelde hoogste grondwaterstand) worden berekend. Indien grondwater geen duidelijk rol speelt in het habitatype of het grondwaterpeil geen relatie heeft met de ingreep kan volstaan worden met een schatting van de grondwatertrap via de algemene veldbodembkundige beschrijving (zie boven). Speciale aandacht moet aan het grondwaterstandsverloop in stagnerende gronden worden besteed.

#### **Gewenste ontwikkeling**

Meestal zal bij herstelmaatregelen een hogere grondwaterstand gunstig zijn. Op grond van de per jaar sterk fluctuerende neerslagcijfers zijn echter binnen vijf jaar niet altijd statistisch significant tendensen af te leiden. Soms kan verhoging van de grondwaterstand haar doel voorbij schieten: zo kunnen bij herstel van broekbossen sulfideproblemen ontstaan als hoge grondwaterstanden periodieke toevoer van zuurstof verhinderen (sulfide is toxisch voor planten; Boxman et al. 2003). Meestal is na herstelmaatregelen een verhoging van de grondwaterstand dus gunstig, maar in sommige specifieke situaties betekent herstel juist verlaging van grondwaterstanden.



---

### 2.2.2 OF

*OF* staat voor overstromingsfrequentie uitgedrukt in aantal maal per jaar. De frequentie is van belang in dynamische habitattypen die periodiek overstroomd worden (Wolf et al. 2001).

#### **Gewenste ontwikkeling**

Voor herstel van verzuurde en verdroogde vochtige en gebufferde habitattypen is een hogere overstromingsfrequentie meestal gewenst. Hierdoor worden (weer) bufferende stoffen aangevoerd. Dit kan direct worden gemeten aan de hogere gehalten van bufferende stoffen (calcium of magnesium) of indirect doordat de pH hoger wordt.

### 2.2.3 IN

*IN* staat voor inundatieduur uitgedrukt in aantal dagen per jaar. Deze schattingen zijn van belang in zowel hoog-dynamische als laagdynamische regelmatig overstroomde milieus.

#### **Gewenste ontwikkeling**

Een langere inundatieduur kan de basentoestand en de zuur- en vochthuishouding gunstig beïnvloeden. Een te lange inundatieduur kan echter bij sommige habitattypen (bijvoorbeeld Blauwgrasland of Alluviale bossen) tot verslechtering van de kwaliteit leiden. Inundatie is bedoeld om de hoeveelheid basen en/of de pH te verhogen en dit kan gemeten worden. Via de randvoorwaarde voor pH kan worden onderzocht of de ingreep het beoogde effect heeft.

### 2.2.4 SL

*SL* staat voor opslibbing. De ophoging door slib wordt gemeten met behulp van vaste meetpunten met vaste meetpalen of slibmatjes (Thonon 2006).

#### **Gewenste ontwikkeling**

Wanneer het doel is de basenhuishouding via aanvoer van sediment te bevorderen, is de aanwezigheid van laagjes vers slib positief. Met slib worden echter niet alleen basen aangevoerd, maar ook macronutriënten zoals fosfor. Om te bepalen of de sedimentatie niet tot ongewenste eutrofiëring leidt, zijn aanvullend chemische analyses nodig. Een te grote slibafzetting is tevens nadelig voor de vegetatie- en macrofaunaontwikkeling in aquatische systemen.

## 2.3 Bodemchemische analyses

### 2.3.1 OS%

Dit percentage is zowel een maat voor de hoeveelheid organische stof als de hoeveelheid koolstof. Het organische stofgehalte wordt meestal bepaald met behulp van het gloeiverlies. Uit het organische stofgehalte kan het C-gehalte benaderd worden. Soms wordt in plaats van gloeiverlies het C-gehalte bepaald (dit is een duurdere methode). Het C-gehalte van organische stof kan variëren van 35% tot 65%. Meestal wordt een gehalte van 50% aangehouden. Met behulp van het OS% of het C-gehalte kan het C/N- en het C/P-getal berekend worden (zie Pt, Nt). Dit is een maat voor de graad van vertering/mineralisatie van organische stof en een zeer grove en meestal te onnauwkeurige indicatie voor N en P-beschikbaarheid (zie P-ox, Pw,  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^{2-}$ ). Het OS% is o.a. ook van belang om vochthoudend vermogen in te schatten en het PSI-getal te interpreteren (P-beschikbaarheid; Kemmers et al. 2006).

#### **Gewenste ontwikkeling**

De wijze waarop organische stof moet worden geïnterpreteerd, hangt mede af van het bodemprofiel. Veengebonden habitattypen als Hoogveen of Herstellend hoogveen zijn gebaat bij een toename van de hoeveelheid organische stof (feitelijk hier veenvorming). Toename van organische stof is voor terrestrische habitattypen op arme zandgronden een indicator van verzuring en toename van de stikstof- en fosforvoorraad. In hoeverre deze toename van onder andere stikstof als ongunstig

---

beoordeeld moet worden (voor bijvoorbeeld heideachtige habitattypen), is echter afhankelijk van de aard van de organische stof die bij beschrijving van het humusprofiel naar voren komt. Bovendien leidt een hoger organische stofgehalte tot een voor veel habitattypen gunstiger vochtuithouding. De gewenste ontwikkeling van OS% is dus complex. Bepaling van het organisch stofgehaltes geeft in samenhang met stikstof- en fosforgehaltes (C/N-, C/P-ratio's) een betere indicatiewaarde voor herstel van habitattypen (zie aldaar).

### 2.3.2 pH

De pH kan worden gemeten in water (pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub>), maar ook in een gebufferde oplossing, zoals pH<sub>KCl</sub>, pH<sub>CaCl<sub>2</sub></sub> of pH<sub>NaCl</sub>. Van groot belang is te vermelden met welke methode de pH bepaald is.

#### **Gewenste ontwikkeling**

Stijging van de pH in de wortelzone is in zijn algemeenheid gunstig voor herstel van de meeste habitattypen. De pH in een gebufferde oplossing gemeten (KCl, CaCl) zegt echter vooral in het traject 4-5.5 niet alles over de basenbezetting en het bufferend vermogen, omdat de pH curve geen lineair verband heeft met de basenbezetting, maar een S-curve.

### 2.3.3 Pt

*Pt* staat voor het totale fosforgehalte (mineraal en organisch gebonden) in de bodem en wordt via de Bascomb-methode bepaald door middel van destructie met H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Se. Het totale fosforgehalte is een parameter met weinig zeggingskracht, omdat een groot deel van de P gebonden is in niet voor de plant beschikbare vorm. Wel geeft de *Pt* een indicatie van de voorraad die in potentie zou kunnen vrijkomen. Een verlaagd *Pt*-gehalte na plaggen indiceert een vermindering van de *Pt*-voorraad, maar zegt niet alles over de werkelijk beschikbare P-voorraad. Het *Pt*-gehalte op zichzelf is een hele grove maat, maar is nodig om de C/P-ratio te bepalen. De vergelijking tussen veengronden (organisch stofrijk) en minerale bovengronden op basis van de *Pt* is weinig zinvol: de P in veengronden is vooral gebonden in organische vorm; in minerale gronden voor een groter deel in anorganische vorm (zie Panorg).

#### **Gewenste ontwikkeling**

Een hoge *Pt*-waarde op zichzelf is niet gewenst en kan bij een vernattingsmaatregel een grove indicatie zijn van een verhoogde beschikbaarheid van P.

### 2.3.4 Nt

*Nt* staat voor het totale stikstofgehalte in de bodem en wordt volgens de Bascomb-methode bepaald, door middel van destructie met H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Se. Het wordt gebruikt om C/N te berekenen en kan eventueel ook worden gebruikt voor de N/P-verhouding als ook *Pt* wordt bepaald. Bodemonsters dienen zo snel mogelijk koel bewaard te worden, omdat de waarde kan teruglopen door mineralisatie van organische stof bij het blootstellen aan hogere temperaturen. Dit effect is belangrijker als men ook NH<sub>4</sub>- en NO<sub>3</sub>-gehaltes wil bepalen. De *Nt*-waarde is vooral nodig om het de C/N-ratio te bepalen (en dan niet tot weinig gevoelig voor bewaartemperatuur).

#### **Gewenste ontwikkeling**

Een hoge *Nt* waarde is niet gewenst.

### 2.3.5 Panorg

*Panorg* staat voor het P-gehalte in het minerale deel in de bodem (in water extract of in CaCl<sub>2</sub> extract van de bodem). Deze parameter is nodig voor de berekening van het organisch vastgelegde P (*Pt* minus *Panorg* = *Porg*). Hiermee kan samen met het organisch stofgehalte de C/P-verhouding berekend worden. Het C/P-getal geeft samen met het C/N-getal de verteringsgraad van de organische stof weer. In veel gevallen wordt *Pt* in plaats van het *Porg* voor het C/P-getal gebruikt, wat meestal een geringe fout oplevert. In kwetsbare situaties zoals 6410 (Blauwgrasland) waar een nauwkeurige maat voor beschikbaar fosfaat nodig is, is *Panorg* niet bruikbaar en moet *Pbes* worden bepaald.

---

### **Gewenste ontwikkeling**

Panorg kan als een zeer grove maat dienen om de voedselrijkdom of het (anorganisch) bemestingsniveau te bepalen. Hoge gehalten zouden kunnen wijzen op een hoog bemestingsniveau. Daling van het P-anorg is voor de meeste habitattypen gunstig en de daling van beschikbare P (zie hieronder) is vooral in kwetsbare, min of meer schrale omstandigheden de aangewezen parameter.

#### 2.3.6 Pbes

Er bestaan meerdere bepalingen voor de beschikbare fosfaat. De bepaling met de oxalaat-methode waarbij ook het ijzer en het aluminiumgehalte betrokken worden (binden beide fosfor) waarbij een PSI-waarde (Phosphorus Saturation Index; Kemmers et al. 2005b) kan worden berekend, en de P-Olsen-methode (Beltman et al. 2009). De oxalaat-methode geniet de voorkeur bij analyse van laagbufferende gronden (o.a. zandgronden). P-Olsen is meer geschikt voor basisch en neutrale situaties.

### **Gewenste ontwikkeling**

Zie Pw.

#### 2.3.7 Pw

Met het Pw-getal (fosfaatgehalte in waterextractie) wordt een mix van direct beschikbaar fosfaat en de nalevering daarvan gemeten. Deze methode wordt vooral in de landbouw gebruikt. Het is een simpele, maar grove methode om de beschikbare P te benaderen. Deze methode wordt wel gebruikt in combinatie met oxalaatmethode (Pbes) om de P-beschikbaarheid te preciseren. Beide parameters geven een indicatie van de voor de plant beschikbare P. Pw is weliswaar een gemakkelijke bepaling, gebruikelijk in de landbouw, maar onbetrouwbaar voor niet-eutrofe, bemeste en schrale habitattypen. Pbes-bepalingen (volgens de oxalaat of de P-Olsen methode) zijn nauwkeuriger voor eutrofiëring gevoelige of P-arme habitattypen, omdat deze bepaling een maat geeft voor de beschikbare P-fractie voor organismen. Bij deze methoden wordt er rekening gehouden met de P-buffering door Fe- en Al-oxiden.

### **Gewenste ontwikkeling**

Voor zowel Pw als Pbes geldt dat een dalende waarde herstel indiceert. In verschraalde habitattypen kan echter een tekort aan beschikbaar P optreden. Hier is een verhoging (in het lage traject van de P-beschikbaarheid) gunstig. Aan dit laatste aspect is nog weinig onderzoek gedaan.

#### 2.3.8 C/P

Het C/P-getal geeft samen met het C/N-getal de verteringsgraad (mineralisatiegraad) van de organische stof weer. Overigens geeft bepaling van de C/P met behulp van Porg (zie Panorg) de meest zuivere indicatie, al wordt in de praktijk ook Pt voor de berekening gebruikt (dit levert meestal een geringe fout op).

### **Gewenste ontwikkeling**

Bij organische stofrijke wortelzones geeft de C/P de mate van mineralisatie van de organische stof weer, waarbij P deels in beschikbare vorm vrij komt. Een lage C/P (< 40-50) duidt op een hoge mate van interne eutrofiëring; verhoging van de C/P-ratio is dan gewenst.

#### 2.3.9 C/N

Deze verhouding is te berekenen uit het gloeiverlies en Nt. De C/N-verhouding is een indicator voor eutrofe omstandigheden en onder andere vermesting: de toename van N in het systeem zorgt voor een daling van de C/N. Het is een relatief langzaam veranderende parameter, maar het geeft wel veel informatie over de huidige toestand van een habitatype.

### **Gewenste ontwikkeling**

Een laag C/N-getal (< 10) duidt op een hoge interne eutrofiëring en hoge omzetting van organische stof. In voedselrijke habitattypen (op klei) is een lage C/N gebruikelijk, maar in schrale en zure, arme

---

typen is verhoging van de C/N meestal gunstig. In gevallen dat schraalgraslanden te schraal (C/N > 18-20) en te zuur dreigen te worden, kan verlaging van de C/N juist gunstig zijn.

### 2.3.10 NH<sub>4</sub> en NO<sub>3</sub>

De ammonium- en nitraatconcentratie kunnen worden bepaald via waterextractie of via CaCl<sub>2</sub> of KCl-extracties, waarbij het NO<sub>3</sub><sup>2-</sup>gehalte samen met NO<sub>2</sub> wordt bepaald (waarbij NO<sub>2</sub> vrijwel verwaarloosbaar is). Vooral onder zure omstandigheden geeft het ammoniumgehalte inzicht in de stikstofbeschikbaarheid. De verhouding tussen NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NO<sub>3</sub><sup>2-</sup> is vooral van belang om te bepalen in hoeverre schraalgraslanden goed functioneren (een matig lage verhouding is een indicatie van een goed functionerend schraalgrasland). Monsternamen moeten zorgvuldig gebeuren, omdat ammonium gemakkelijk kan vervluchtigen als ammoniak, ook na monsternamen. Het monster moet dus zo snel mogelijk koel bewaard worden.

#### **Gewenste ontwikkeling**

Een dalende NH<sub>4</sub>/NO<sub>3</sub>-ratio duidt in zwak gebufferde situaties (bijvoorbeeld heischrale graslanden) op een gunstige ontwikkeling.

### 2.3.11 Ca (vrije kalk; CaCO<sub>3</sub>)

In kalkhoudende situaties kan het CaCO<sub>3</sub>-gehalte in de bodem wordt bepaald door middel van een HNO<sub>3</sub>-extractie. In andere gevallen moet de Ca-verzadiging worden bepaald (CEC-bepalingen). Voor een zeer grove benadering van de kalkklasse (aanwezigheid vrije kalk) kan een bruisproef die onderdeel uitmaakt van de bodemkundige veldbeschrijving worden gebruikt.

#### **Gewenste ontwikkeling**

Het vrije kalkgehalte heeft maar een beperkte indicatieve waarde, omdat het een grove maat is. Het is alleen van waarde om de matig kalkrijke standplaatsen van de sterk kalkrijke situaties te onderscheiden. Stijging duidt op een gunstige ontwikkeling voor kalkminnende habitattypen. Veel gemakkelijker is het om in het veld een bruisproef te doen met verdund zoutzuur om de aanwezigheid van vrije kalk aan te geven. Bovendien geeft de pH (> 7) in deze gevallen ook een goede indicatie van de kalkrijkdom.

### 2.3.12 Zn

Het zinkgehalte wordt in de bodem na extractie met HNO<sub>3</sub> bepaald. Deze bepaling is alleen van belang bij Zinkweiden of andere gebieden met een vermoeden van een hoog zinkgehalte.

#### **Gewenste ontwikkeling**

Hoe meer Zn beschikbaar is, hoe gunstiger dit is voor de ontwikkeling van Zinkweiden. Hierbij wordt aangenomen dat geen toxische niveaus voor de zinksoorten bereikt worden.

### 2.3.13 Mg

Het Mg-gehalte wordt bepaald door middel van een HNO<sub>3</sub>-extractie. Deze bepaling is goedkoper, maar veel grover dan de Mg-verzadiging (CEC-bepalingen).

#### **Gewenste ontwikkeling**

Het magnesiumgehalte is van belang in brakke tot zoute habitattypen. Bij het herstel vanuit een verzoete situatie is een stijgend Mg-gehalte gunstig. Bij de overige habitattypen kan een verhoogd gehalte juist op (ongewenste) verzilting of vermesting duiden.

### 2.3.14 CEC

De CEC (Cation Exchange Capacity) is de Kationen Uitwisseling Capaciteit van de bodem. Dit geeft het vermogen van de bodem weer om diverse kationen (waaronder ook H<sup>+</sup>) te binden. Klei, leem en organische stof hebben een hoge CEC. Er zijn twee soorten bepalingen: de ongebufferde of actuele

---

CEC, en de gebufferde of potentiële CEC. Deze twee CEC's kunnen voor een en dezelfde locatie aanzienlijk in waarde van elkaar verschillen, maar geven verschillen tussen standplaatsen beide goed weer. Voordeel van de gebufferde meting is dat Calcium, Magnesium, Kalium en Natrium automatisch ook worden gemeten. Bij de actuele CEC wordt ook Aluminium automatisch bepaald. Onder zure omstandigheden (wanneer verwacht wordt dat Aluminium een probleem kan zijn), heeft de actuele CEC de voorkeur; in andere gevallen is de potentiële CEC echter het meest gebruikt. Het ideaalst is om beide te bepalen, waardoor de H<sup>+</sup>-verzadiging kan worden bepaald, dit is echter kostbaar. Met deze en de calciumverzadiging kan de H/Ca-verhouding bepaald worden; een goede maat voor de verzuring. Iets soortgelijks geldt voor de Al/Ca-verhouding. Beide analyses zijn relatief duur, maar geven veel informatie, omdat tegelijkertijd de verzadiging van de belangrijkste kationen wordt bepaald. Zo geeft Na of Mg-verzadiging uitstekend zout- of brakwaterinvloeden weer en is de Ca-verzadiging een betere maat voor verzuring dan de pH (pH en Ca-verzadiging vertonen geen recht evenredige relatie).

### **Gewenste ontwikkeling**

Het is niet eenduidig vast te stellen of een hoge CEC gunstig of ongunstig voor habitattypen is. De CEC is echter nodig om basenverzadigingen uit te rekenen. De basenverzadiging is een goede maat voor kwaliteit van een habitatype.

#### 2.3.15 Basenverzadiging

De basenverzadiging is het percentage uitwisselbare kationen exclusief H<sup>+</sup> aan het buffercomplex. Ca, Mg, Na en K zijn de belangrijkste kationen. De basenverzadiging wordt tegelijkertijd met de CEC bepaald. Er kan gekozen worden voor de actuele verzadiging of de potentiële verzadiging (zie CEC). De verzadiging is niet alleen te berekenen met behulp van de CEC, maar ook met de optelsom van de voornaamste kationenverzadiging (al dan niet inclusief de H<sup>+</sup>-verzadiging).

### **Gewenste ontwikkeling**

De basenverzadiging geeft aan in hoeverre de voornaamste basen (Ca, Mg, Na en K) gebonden zijn aan het uitwisselingscomplex. Normaal is Calcium de voornaamste base (behalve in brakke habitattypen) en een toename is gunstig voor de kwaliteit van het habitatype. De verdeling van de afzonderlijke gebonden kationen (Ca-, K-, Mg-, Na-, Mg-, en evt. Al-verzadigingen) geven meer gespecificeerde informatie (zie hieronder).

#### 2.3.16 Ca-verzadiging

De calciumverzadiging is het percentage calciumionen gebonden aan het uitwisselingscomplex van de bodem. De verzadiging wordt tegelijkertijd met de CEC bepaald (zie CEC). De Ca-verzadiging geeft een nauwkeurige indicatie van de rol van calcium in het habitattypen en is daarmee een uitstekende ecologische indicator voor terrestrische en semi-aquatische habitattypen, maar niet voor aquatische habitattypen (hiervoor is het bicarbonaatgehalte indicatief). Er kan gekozen worden om de actuele verzadiging of de potentiële verzadiging (zie CEC) te meten.

### **Gewenste ontwikkeling**

In het matig zure traject in verzuurde habitattypen geeft verhoging van de calciumverzadiging een herstel aan van het gebufferde systeem. In van nature zure habitattypen is de calciumverzadiging laag en niet onderscheidend.

#### 2.3.17 K-verzadiging

De kaliumverzadiging is het percentage kaliumionen gebonden aan het bodemcomplex. Er kan gekozen worden voor de actuele verzadiging of de potentiële verzadiging.

### **Gewenste ontwikkeling**

Zie Mg-verzadiging.

---

### 2.3.18 Na-verzadiging

De natriumverzadiging is het percentage natriumionen gebonden aan het bodemcomplex (vooral van belang in zoute of brakke omstandigheden). Er kan gekozen worden voor de actuele verzadiging of de potentiële verzadiging.

#### **Gewenste ontwikkeling**

Zie Mg-verzadiging.

### 2.3.19 Mg-verzadiging

De magnesiumverzadiging is het percentage magnesiumionen gebonden aan het bodemcomplex (vooral van belang in zoute of brakke omstandigheden). Er kan gekozen worden voor de actuele verzadiging of de potentiële verzadiging.

#### **Gewenste ontwikkeling**

K-, Na- en Mg-verzadiging is minder eenduidig dan de Ca-verzadiging. Zij worden echter in dezelfde analyse, zonder meerkosten bepaald. Na en Mg hebben hogere waarden in zoute milieus en al naargelang het habitatype, is een hogere dan wel lagere waarde een gunstige indicatie (resp. bij verzoeting en verzilting). K kan in verzuurde, uitlogende situaties laag zijn; een stijgende waarde is in dat geval gunstig. Bij geëutrofiëerde habitattypen is een verlagende tendens gunstig. De waarden van zowel K en Mg kunnen in verzuurde situaties dicht tegen de detectiegrens aan liggen.

### 2.3.20 Al-verzadiging

De aluminiumverzadiging is het percentage aluminiumionen gebonden aan het bodemcomplex (vooral van belang in verzuurde omstandigheden). De verhouding tussen Al en Ca is een goede maat voor de verzuring. De Al-verzadiging wordt alleen bepaald als actuele verzadiging. In zandgronden is de detectiegrens (betrouwbaarheidsgrens) soms een probleem.

#### **Gewenste ontwikkeling**

Een hoge Al-verzadiging is negatief.

## 2.4 Gewasanalyse

### 2.4.1 Nt

*Nt* staat voor het totale stikstofgehalte in het gewas. Voor de analyse wordt bovengronds materiaal geoogst, dat vervolgens wordt gedroogd. De bepaling gebeurt na destructie met  $H_2SO_4/H_2O_2$ . De N/P-verhouding wordt wel als (grove)graadmeter beschouwd voor kwaliteit van bepaalde habitattypen.

#### **Gewenste ontwikkeling**

Zie Kt.

### 2.4.2 Pt

*Pt* staat voor het totale fosforgehalte in het gewas. Voor de analyse wordt bovengronds materiaal geoogst, dat vervolgens wordt gedroogd. De bepaling gebeurt na destructie met  $H_2SO_4/H_2O_2$ . De bepaling gebeurt na destructie met  $H_2SO_4/H_2O_2$ . De N/P-verhouding wordt wel als (grove) graadmeter beschouwd voor kwaliteit van bepaalde habitattypen.

#### **Gewenste ontwikkeling**

Zie Kt.

---

### 2.4.3 Kt

*Kt* staat voor het totale kaliumgehalte in het gewas. Voor de analyse wordt bovengronds materiaal geogst, dat vervolgens wordt gedroogd. De bepaling gebeurt na destructie met  $H_2SO_4/H_2O_2$ .

#### **Gewenste ontwikkeling**

Van de biomassa van het staande gewas kan respectievelijk het totale gehalte aan N, P en K bepaald worden. Vershraling leidt tot een verlaging van het N, P en K-gehalte. Bij herstel vanuit een verzuurde toestand geldt voor P en K het omgekeerde. Meestal wordt de N/P-ratio als indicator gebruikt. Daarbij wordt vanuit verzuurde omstandigheden een lagere ratio als gunstig voor herstel gezien.

## 2.5 Wateranalyse

### 2.5.1 pH

De zuurgraad geeft een indicatie van basenhuishouding van het water. De pH in het watermonster wordt gemeten met een pH-meter. Dit kan in het veld, maar als ook andere analyses worden uitgevoerd in het watermonster is het aan te raden om ook de pH in het laboratorium te bepalen. In het veld moet het genomen watermonster vrij lang bezinken om een betrouwbare meting te kunnen doen.

#### **Gewenste ontwikkeling**

Bij herstel van verzuurde van oorsprong goed gebufferde aquatische en semi-terrestrische habitattypen is een stijging van de pH positief. Bij herstel van geëutrofiëerde habitattypen zegt de pH weinig.

### 2.5.2 EC

*EC* staat voor Electro Conductivity of Elektrisch Geleidend Vermogen (EGV). Het geeft informatie over de ionenconcentratie in het water en kan worden gemeten met een pH/EGV meter in het veld of met een prikstok. Het geeft een indicatie van vervuiling en/of een hoog basengehalte. Samen met de ionenratio ( $IR = Ca^{2+} / (Ca^{2+} + Cl^-)$ ) geeft de EC een eenvoudige indicatie van het watertype (Van Wirdum-diagram). De parameter kan in het veld bepaald worden, maar als ook andere analyses worden uitgevoerd in het watermonster is het aan te raden om ook de EC in het laboratorium te bepalen. In het veld moet het genomen watermonster bezinken om een betrouwbare meting te kunnen doen.

#### **Gewenste ontwikkeling**

Zie volgende parameter (Cl).

### 2.5.3 Cl

Chlorideconcentratie in het water. Het gehalte aan chloriden is nodig om onder andere de ionen ratio (IR; van Wirdum) te bepalen en de waterkwaliteit weer te geven met behulp van bijvoorbeeld een STIFF-diagram (Stiff 1951). Hoge Cl-gehalten kunnen zowel op zoutwaterinvloed als vervuiling wijzen.

#### **Gewenste ontwikkeling**

De EC of EGV (Elektrisch geleidend vermogen) en het chloridegehalte van het water zeggen iets over de mate van vervuiling van het water in niet door brak of zout water gevoede systemen. Een hoge EC hoort bij een brak, zout milieu of in vermeste, vervuilde situaties. Een lagere EC hoort bij regenwater-gevoede systemen.

In combinatie met het kalkgehalte is met de EC en het chloridegehalte een grove indeling naar waterkwaliteitstype te maken (atmocliën, lithocliën, thallassocliën: IR-EGV-diagram, Van Wirdum 1991). Deze indeling kan helpen om meer betekenis te geven aan de waterkwaliteit.

---

#### 2.5.4 TOC of DOC

TOC of DOC staat voor Total Organic Carbon of Dissolved Organic Carbon; het totale organische koolstofgehalte en opgeloste gehalte in het watermonster. De analyse wordt uitgevoerd door middel van toevoeging van  $\text{CaCl}_2$ . Deze parameters geven een maat voor de organische kwaliteit van water: de mate van organische vervuiling van oppervlakte- en grondwater.

##### **Gewenste ontwikkeling**

Hoe lager de waarde hoe lager de organische vervuiling en dus hoe gunstiger. De organische vervuiling kan zowel van natuurlijke als synthetische oorsprong zijn. In veenwateren kunnen van nature hogere DOC-waarden voorkomen.

#### 2.5.5 $\text{NH}_4$ en $\text{NO}_3$

Ammonium-, nitriet- en nitraatconcentraties in het water worden bepaald na toevoeging van  $\text{CaCl}_2$ . Naast  $\text{NH}_4$  wordt  $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$  geanalyseerd, waarbij  $\text{NO}_2$  verwaarloosbaar is. Te hoge waarden veroorzaken o.a. extreme algengroei en kunnen schadelijk zijn voor waterorganismen.

##### **Gewenste ontwikkeling**

Dalende  $\text{NH}_4$  en  $\text{NO}_3$ -gehalten zijn een aanwijzing voor een herstellende waterkwaliteit. De  $\text{NH}_4 / \text{NO}_3$ -ratio geeft een indicatie voor de verhouding waarin stikstof aanwezig is. Deze ratio daalt bij een herstel van de bodem (sediment) en waterkwaliteit.

#### 2.5.6 $\text{PO}_4$

Fosfaatconcentratie in het water: analyse wordt uitgevoerd met behulp van toevoeging van  $\text{CaCl}_2$ . Te hoge waarden veroorzaken onder andere buitenissige algengroei en kunnen schadelijk zijn voor waterorganismen.

##### **Gewenste ontwikkeling**

Bij herstel streeft men naar een daling van de fosfaatbeschikbaarheid.

#### 2.5.7 Na

Het natriumgehalte in het water: dit is te bepalen met een vlamfotometer. Deze gehalten zijn nodig om onder andere de waterkwaliteit te bepalen met behulp van bijvoorbeeld een STIFF-diagram (S, Ca, Mg, Na, K, Stiff 1951).

##### **Gewenste ontwikkeling**

Zie Mg.

#### 2.5.8 Ca

Het calciumgehalte in water: dit is te bepalen met een vlamfotometer. Deze gehalten zijn nodig om onder andere de waterkwaliteit te bepalen met behulp van bijvoorbeeld een STIFF-diagram (S, Ca, Mg, Na, K, Stiff 1951).

##### **Gewenste ontwikkeling**

Zie Fe.

#### 2.5.9 Mg

Het magnesiumgehalte in water: dit is te bepalen met een vlamfotometer. Deze gehalten zijn nodig om onder andere de waterkwaliteit te bepalen met behulp van bijvoorbeeld een STIFF-diagram (S, Ca, Mg, Na, K, Stiff 1951).



---

### **Gewenste ontwikkeling**

Het Na-gehalte en het Mg-gehalte zijn hoog in brakke wateren. Afgezien van herstel van brakke situaties waarbij stijgen van deze gehalten gewenst zijn is bij de zoetwater-habitattypen een daling gunstig.

#### 2.5.10 Fe

Het ijzergehalte in het water: dit is te bepalen met een vlamfotometer. Deze gehalten zijn nodig om specifieke waterkwaliteit te bepalen bij bijvoorbeeld bevoeiing en de binding van P aan Fe in te schatten (Kemmers et al. 2005b).

### **Gewenste ontwikkeling**

Calcium- en ijzergehalten geven een indicatie van het fosfaat bufferende vermogen van het water. Een hoger gehalte aan Ca en Fe duiden op herstel van het bufferend vermogen.

#### 2.5.11 Al

Het aluminiumgehalte in het water: dit is te bepalen met een vlamfotometer. Deze gehalten zijn nodig om onder andere de waterkwaliteit te bepalen (vooral in verzurende omstandigheden).

### **Gewenste ontwikkeling**

De Aluminiumconcentratie is verhoogd in verzuurde habitattypen. Een verlaging duidt op herstel.

#### 2.5.12 SO<sub>4</sub>

Sulfaatgehalte in het water: Dit is te bepalen met een vlamfotometer. Deze gehalten zijn nodig om onder andere de waterkwaliteit te bepalen met behulp van bijvoorbeeld een STIFF-diagram (S, Ca, Mg, Na, K, Stiff 1951).

### **Gewenste ontwikkeling**

Daling van sulfaat-(en sulfide)gehalten is een goede indicator voor herstel van de waterkwaliteit.

#### 2.5.13 Zn

Het zinkgehalte in het water. Te bepalen met een vlamfotometer. Deze gehalten zijn nodig om voor specifieke gevallen waterkwaliteit met betrekking tot bevoeiing van zinkweiden te kunnen bepalen.

### **Gewenste ontwikkeling**

Het zinkgehalte van het water wordt vooral gemeten in het beekwater naast zinkweiden. Een stijgend gehalte is een teken van herstel mits het kalkgehalte niet of minder stijgt.

#### 2.5.14 ALK

De alkaliniteit is een maat voor het bufferend vermogen van het water en staat voor de som van de basen, voornamelijk carbonaat en bicarbonaat. Deze wordt bepaald met behulp van titratie. Deze analyse is onder andere nodig om de waterkwaliteit te bepalen met behulp van een STIFF-diagram (Stiff 1951).

Dit is een belangrijke variabele, die regelmatig in monitoringsprogramma's van de waterkwaliteit wordt gemeten en waarvoor een goed onderbouwde maatlat aanwezig:

---

Buffercapaciteit (gemeten als alkaliniteit)	Kwantitatieve waarde (meq/L)
Niet gebufferd	0 – 0.05
Zeer zwak gebufferd	0.05 – 0.2
Zwak gebufferd	0.2 – 1
Matig gebufferd	1.0 – 2.0
Sterk gebufferd	2.0 – 4.0
Zeer sterk gebufferd	>4.0

De buffercapaciteit wordt uitgedrukt in het bicarbonaatgehalte van het water (alkaliniteit in meq/L). De maat is gebaseerd op het koolstofevenwicht in water. Door middel van een titratie wordt de buffercapaciteit bepaald.

**Gewenste ontwikkeling**

Een stijgende waarde geeft een indicatie van een herstellende zwak tot sterk gebufferd habitatype.

---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research)

Wageningen Environmental Research  
Rapport 2771  
ISSN 1566-7197

---

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.





To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AB Wageningen  
T 317 48 07 00  
[www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research)

Rapport 2771  
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

