



# Ex-post evaluatie bodemtools

Ontwikkeling van een toetsingsprotocol, versie 2023-1.

Brent Riechelmann

Gerard H. Ros

Referaat

**Riechelman WH & GH Ros (2023).** *Ex-post evaluatie van bodemtools. Ontwikkeling van een toetsingsprotocol, versie 2023-1*, Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, Rapport 1819.N.20A, pp 33.

Rapport in het kort

Er is een groot aantal instrumenten beschikbaar die bij zouden kunnen dragen aan duurzaam bodembeheer. Duurzaam bodembeheer vraagt dat er integraal naar de bodem gekeken wordt, iets wat de meeste instrumenten vooralsnog niet doen. Het bijeenbrengen van instrumenten kan bijdragen aan de vereiste integrale benadering van duurzaam bodembeheer. In deze studie wordt een protocol beschreven waarmee bepaald kan worden of een instrument bijdraagt aan inzichten voor of implementatie van integraal duurzaam bodembeheer. Dit rapport zet uiteen welke eigenschappen nodig zijn voor een instrument(arium) om zo bij te dragen aan het in standhouden of verbeteren van bodemkwaliteit en bodembeheer. Bodeminstrumenten zijn hiermee te beoordelen op hun mate van gebruik (succesvolheid), onderbouwing (soliditeit) en integraliteit.



## Beter Bodembeheer

© 2023 Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit de inhoud mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de directie van Nutriënten Management Instituut NMI.

Rapporten van NMI dienen in eerste instantie ter informatie van de opdrachtgever. Over uitgebrachte rapporten, of delen daarvan, mag door de opdrachtgever slechts met vermelding van de naam van NMI worden gepubliceerd. Ieder ander gebruik (daaronder begrepen reclame-uitingen en integrale publicatie van uitgebrachte rapporten) is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van NMI.

Disclaimer

Nutriënten Management Instituut NMI stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens NMI verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Verspreiding

Partners PPS

digitaal

# Inhoudsopgave

<b>Samenvatting en conclusies</b>	<b>2</b>
<b>Begrippenlijst</b>	<b>3</b>
<b>1     <b>Introductie</b></b>	<b>4</b>
1.1    Leeswijzer	6
1.2    Afbakening	6
<b>2     <b>Ingrediënten voor succes</b></b>	<b>7</b>
2.1    Succesfactoren	7
2.2    Randvoorwaarden	9
2.3    Sleutelfactoren	9
2.4    Modificerende factoren	10
<b>3     <b>Doelmatigheid</b></b>	<b>12</b>
3.1 <b>Introductie</b>	<b>12</b>
3.1.1    Ecosysteemdiensten	12
3.1.2    Integraliteit waarderen	14
3.2 <b>Soliditeit</b>	<b>15</b>
3.2.1    Bodemfuncties	16
3.2.2    Onderbouwing relaties	17
3.2.3    Selecteren van functies en indicatoren	17
3.2.4    Factoren voor soliditeit	17
3.3 <b>Soliditeit boven integraliteit</b>	<b>18</b>
<b>4     <b>Toetsingsprotocol</b></b>	<b>19</b>
4.1    Toetsing instrument succesvolheid	20
4.2    Toetsing instrument doelmatigheid	21
4.2.1    Soliditeit	21
4.2.2    Integraliteit	22
<b>5     <b>Protocol demonstratie</b></b>	<b>25</b>
<b>6     <b>Vooruitblik</b></b>	<b>30</b>
<b>Dankwoord</b>	<b>30</b>
<b>Literatuur</b>	<b>31</b>
<b>Bijlagen</b>	<b>33</b>

# Samenvatting en conclusies

Binnen de Publiek Private Samenwerking 'Beter Bodembeheer' werken kennisinstellingen en private partijen samen om meer inzicht te krijgen in de kwaliteit van de bodem als ook om concreet handelingsperspectief te bieden aan agrarische ondernemers (en hun adviseurs) om de bodemkwaliteit te verbeteren. Een onderdeel van deze PPS richt zich op het bijeenbrengen van tools en bodeminstrumenten om zo integraal te sturen op een duurzaam bodembeheer. Anno 2022 zijn er tientallen tools beschikbaar. Het ontbreekt vooralsnog aan een methode om te bepalen of een instrument geschikt is om bij te dragen aan integraal duurzaam bodembeheer. Hierbij betekent "geschikt" dat een instrument gebruikt wordt (succesvol is) en dat het gebruik positief bijdraagt aan het beoogde doel (doelmatig). Daarnaast is een instrument(arium) idealiter ook integraal zodat alle relevante aspecten van bodemkwaliteit aan bod komen.

Veel van de beschikbare instrumenten worden niet op grote schaal gebruikt, zijn voor een specifiek onderdeel van bodemkwaliteit ontwikkeld of het gebruik van het instrument draagt niet aantoonbaar bij aan duurzaam bodem beheer. Als instrumenten niet effectief zijn, of wanneer er naast "slechte toegankelijkheid", andere redenen zijn waarom deze niet gebruikt worden, dan heeft het weinig meerwaarde om deze instrumenten toepasbaar te maken voor een breed publiek.

Voorliggende rapportage omschrijft een methode om een bodeminstrument te beoordelen. De methode is een protocol in de vorm van een gerangschikte vragenlijst welke met een flow-schema doorlopen wordt. Instrumenten worden beoordeeld op hun succesvolheid en doelmatigheid. Doelmatigheid is onderverdeeld in integraliteit en soliditeit. Als instrumenten doelmatig en succesvol zijn, zijn ze de moeite waard om breed toepasbaar te maken voor de agrarische praktijk. Het protocol kan ook instrumenten identificeren welke een grotere kans op succes hebben als ze beter toegankelijk zouden zijn (door bijvoorbeeld inbedding in openbaar toegankelijke API's).

Integraliteit wordt bepaald aan de hand van de bodemecosysteemdiensten over welke een instrument inzicht of advies geeft. Door de gedekte bodemecosysteemdiensten van verschillende instrumenten te vergelijken, krijgt men inzicht in welke ecosysteemdiensten voldoende gedekt worden door het instrumentarium en voor welke diensten nog geen instrumenten beschikbaar zijn.

Het protocol is in eerste instantie ontwikkeld voor ex-post evaluatie van bestaande instrumenten. Het is echter aan te raden het protocol ook voor de ontwikkeling van nieuwe (versies van) instrumenten te gebruiken zodat ontwerpfouten kunnen worden vermeden.

# Begrippenlijst

Term	Betekenis
Algemeen bodemkwaliteits-instrument	Een instrument wat een grote mate van integraliteit heeft maar waarvan de onderbouwing niet voldoende solide is.
Bodemeigenschap	Een meetbare eigenschap van de bodem. Bodemeigenschappen kunnen worden ingedeeld in: "functionele bodemeigenschappen" welke van nature kunnen veranderen binnen enkele dagen tot enkele maanden en snel kunnen veranderen. door verstoringen. Voorbeeld: zuurgraad "inherente bodemeigenschap" deze zijn van nature niet, of erg langzaam veranderlijk over een periode van jaren of decennia. Voorbeeld: kleigehalte. "toestand variabele" eigenschappen welke binnen minuten of enkele dagen kunnen veranderen. Voorbeeld: bodemtemperatuur
Doelmatig instrument	Een instrument wat veel aspecten van bodemkwaliteit of beheer omvat en waarbij onderlinge relaties solide onderbouwd zijn.
Doelmatig(heid)	Dat een instrument doet wat het zou moeten doen. Of dat een instrument geschikt is voor het doel (verbeteren van integrale bodemkwaliteit)
Ecosysteemdienst	Materiële en immateriële bijdragen van ecosysteemdiensten aan menselijk welzijn.
Expert instrument	Een instrument met een goede onderbouwing van onderlinge relaties maar voor slechts een klein aspect van bodemkwaliteit of beheer, waardoor het niet integraal is.
Indicator	Een meetbare bodemeigenschap waarmee het prestatieniveau van een bodemfunctie te bepalen is (gebruik in BLN) of een beoordeelde bodemfunctiescore waarmee de afstand tot een gewenste situatie wordt uitgedrukt (gebruik in OBI)
Integraal(iteit)	De mate waarin een instrument rekening houdt met de volledige breedte van integrale bodemkwaliteit
Invloedrijk instrument	Een instrument wat gebruikt wordt door een substantieel aantal gebruikers (het is succesvol) en daadwerkelijk bijdraagt aan bodemkwaliteit (het is doelmatig)
Modificerende factor	Factoren die het functioneren van een instrument kunnen versterken maar niet altijd vereist zijn.
Nutteloos instrument	Een instrument wat niet bijdraagt aan het doel omdat het slecht onderbouwd is en niet voldoende integraal.
Onfunctioneel instrument	Een instrument wat gebruikt wordt door een deel van de doelgroep maar wat niet voldoende (aangetoond) bijdraagt aan het doel.
Ongebruikt instrument	Een instrument wat in theorie goed werkt maar niet door een voldoende groot aandeel van de potentiële gebruikers wordt toegepast.
Randvoorwaarde	Een voorwaarde zonder welke een instrument niet goed kan functioneren met betrekking tot integraliteit, soliditeit of succesvolheid
Sleutelfactor	De belangrijkste aspecten voor een goed functionerend instrument met betrekking tot integraliteit, soliditeit of succesvolheid.
Soliditeit	De mate van onderbouwing en bewijs
Succesvol(heid)	Dat een instrument door een substantieel deel van de doelgroep met de gewenste regelmaat wordt gebruikt
Waardeloos instrument	Een instrument wat niet in de praktijk gebruikt wordt en waarbij gebruik ook niet aantoonbaar bij zou dragen aan het doel.

# 1 Introductie

Werkpakket twee van de publiek private samenwerking 'Meten en beoordelen van integrale bodemkwaliteit' richt zich op het integreren dan wel beschikbaar maken van instrumenten die bijdragen aan integraal duurzaam bodembeheer. Hiertoe is in 2021 een inventarisatie uitgevoerd van beschikbare instrumenten (Riechelmann et al., 2021). Er zijn de afgelopen jaren tientallen instrumenten ontwikkeld om gebruikers (boeren en adviseurs) te ondersteunen in hun keuzes voor bemesting, bouwplan, bodembewerking en waterbeheer. Tussen deze instrumenten bestaan echter grote verschillen, en deze variatie belemmert een grootschalige uitrol van integraal bodemadvies.

Het ontbreekt vooralsnog aan een methode om de "geschiktheid" van een instrument te beoordelen met betrekking tot bijdragen aan integraal duurzaam bodembeheer. Hierbij betekent "geschikt" dat een instrument gebruikt wordt (succesvol is) en dat het doelmatig is (Figuur 1-1). Hierbij betekent doelmatig dat het integraal is en daadwerkelijk een positieve bijdrage levert aan bodembeheer of bodemkwaliteit. Om "invloedrijk" te zijn, moet een instrument immers gebruikt worden en werken; als één van deze kwaliteiten ontbreekt is het instrument "ongebruikt" of "onfunctioneel". Instrumenten welke vrijwel niet gebruikt worden en weinig bijdragen aan het doel zijn "waardeloos".

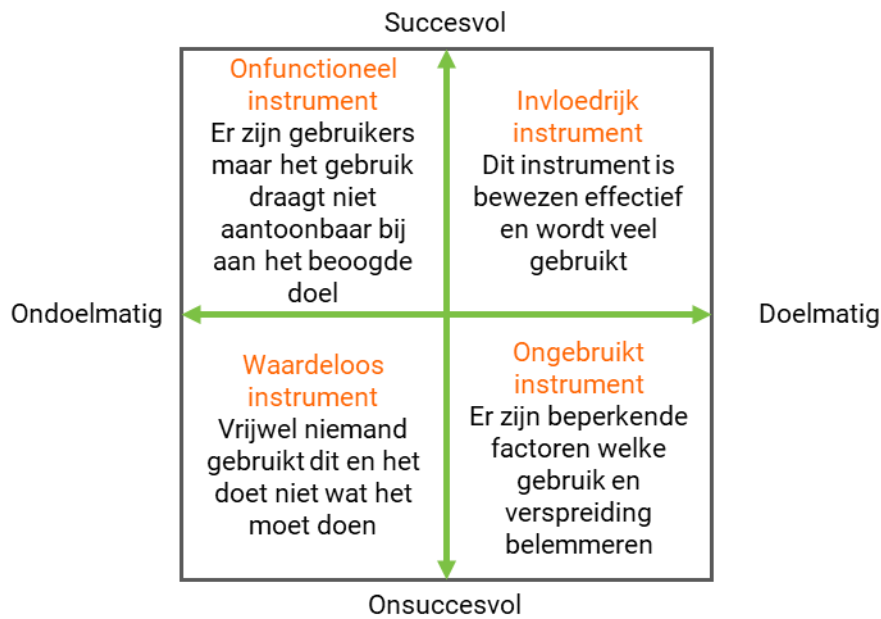
Voorliggend rapport beschrijft een methode waarmee getoetst kan worden of een instrument geschikt is voor het bevorderen van goede bodemkwaliteit<sup>1</sup>. Toetsing volgens deze methode zal ook inzicht geven in tekortkomingen en blinde vlekken van instrumenten. Dit faciliteert het selecteren van combinaties van instrumenten om zo een zo compleet mogelijk instrumentarium te ontwikkelen voor integraal duurzaam bodembeheer<sup>2</sup>.

Bodembeheer is duurzaam als de ondersteunende, voorzienende, regulerende en culturele diensten die door de bodem worden geleverd, worden gehandhaafd of verbeterd zonder de bodemfuncties die deze diensten mogelijk maken of de biodiversiteit significant te schaden. Het evenwicht tussen de ondersteunende en bevoorradingdiensten voor plantaardige productie en de regulerende diensten die de bodem levert voor waterkwaliteit en beschikbaarheid en voor de samenstelling van broeikasgassen in de atmosfeer is een bijzondere zorg.

---

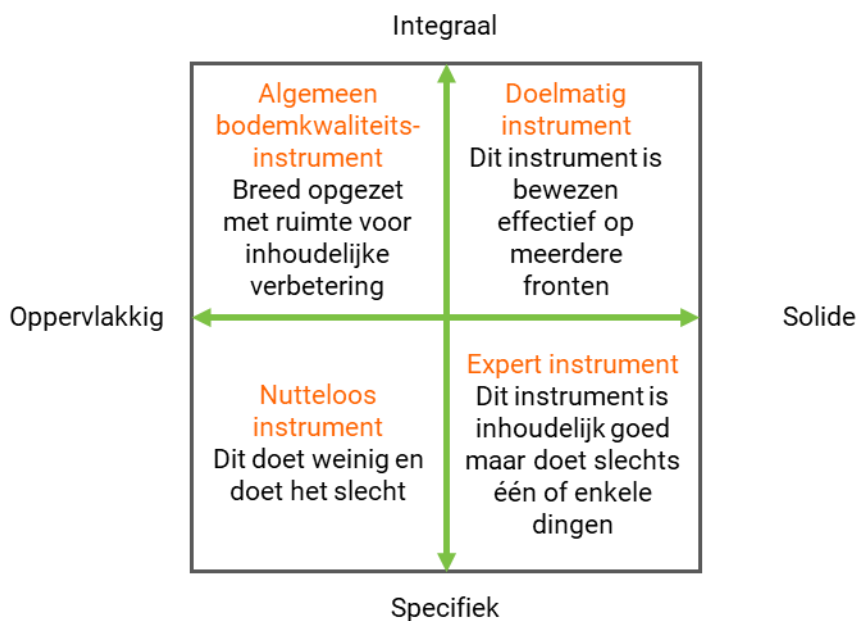
<sup>1</sup> "Goede bodemkwaliteit" wordt hier gedefinieerd als in BLN 1.1: "De capaciteit van een bodem om onder wisselende omstandigheden de gewenste bodemfuncties in voldoende mate beschikbaar te hebben voor een combinatie van doelen zoals voedselproductie, efficiënte kringloop van voedingsstoffen en behoud van biodiversiteit" (de Haan et al., 2021).

<sup>2</sup> In navolging van (de Haan et al., 2021) wordt voor de definitie van duurzaam bodembeheer de definitie van (FAO, 2017) gebruikt: "Bodembeheer is duurzaam als de ondersteunende, voorzienende, regulerende en culturele diensten die door de bodem worden geleverd, worden gehandhaafd of verbeterd zonder de bodemfuncties die deze diensten mogelijk maken of de biodiversiteit significant te schaden. Het evenwicht tussen de ondersteunende en bevoorradingdiensten voor plantaardige productie en de regulerende diensten die de bodem levert voor waterkwaliteit en beschikbaarheid en voor de samenstelling van broeikasgassen in de atmosfeer is een bijzondere zorg."



Figuur 1-1. Kwaliteitsassen ter beoordeling van instrumenten gericht op duurzaam bodembeheer.

Als we doelmatigheid toetsen aan de hand van de mate van integraliteit en de soliditeit van de onderbouwing, kunnen instrumenten worden ingedeeld in vier categorieën (Figuur 1-2). Een instrument dat niet integraal is en ook niet goed onderbouwd is, is nagenoeg een “nutteloos instrument” ten aanzien van het gedefinieerde doel. Een “Expert instrument” is wel goed onderbouwd voor enkele bodemfuncties of één bodemecosysteemdienst maar dus te nauw voor integrale beoordeling. Het tegenovergestelde van “Expert instrument” is de categorie “Algemeen bodemkwaliteitsinstrument”. Dergelijke instrumenten omvatten veel aspecten van bodemkwaliteit en hebben een hoge mate van integraliteit maar de onderbouwing van relaties tussen waarnemingen-functies-diensten laat te wensen over. Tot slot is er de categorie “Doelmatige instrument”. Een instrument in deze categorie is goed onderbouwd en draagt bij aan het in stand houden, verbeteren of meten van meerdere ecosysteemdiensten.



Figuur 1-2. Assen van doelmatigheid.

## 1.1 Leeswijzer

De rest van dit hoofdstuk beschrijft de context waarbinnen het toetsingsprotocol toepasbaar is. Waarschijnlijk is het protocol als geheel of delen ervan ook buiten de afgebakende context bruikbaar met eventuele modificatie. Hoofdstuk 2 beschrijft welke factoren nodig zijn voor een succesvol bodeminstrument. Hoofdstuk 3 beschrijft de doelmatigheid van bodeminstrumenten, waarbij in meer detail wordt gekeken naar integraliteit (welke ecosysteemdiensten een instrument versterkt of over informeert) en soliditeit (de mate van onderbouwing/betrouwbaarheid). In hoofdstuk 4 staan de vragen van het toetsingsprotocol.

Veel van de huidige beschikbare instrumenten (Riechelman et al., 2021) worden niet op grote schaal gebruikt of gebruik van het instrument draagt niet aangetoond bij aan duurzaam bodem beheer. Als instrumenten niet effectief zijn, of wanneer er andere redenen dan "slechte toegankelijkheid" zijn waarom deze niet gebruikt worden, dan heeft het weinig zin om deze breed uit te rollen richting de landbouwpraktijk.

## 1.2 Afbakening

### Toetsingsmoment

Toetsing van instrumenten kan op verschillende momenten plaatsvinden; ex-ante, ex-post, of tijdens de ontwikkeling van het instrument (Tabel 1-1). In het ideale geval wordt ex-ante geëvalueerd of een te ontwikkelen instrument kansrijk is. Omdat binnen deze PPS geen nieuwe instrumenten worden ontwikkeld wordt het hier ontwikkelde toetsingsprotocol gericht op ex-post evaluatie van instrumenten.

Met een ex post evaluatie van een instrument kan worden nagegaan of het succesvol is, of het waardevol is voor inbedding in andere systemen en of het kansrijk is voor doorontwikkeling. Verwacht wordt dat dit toetsingsprotocol ook toepasselijk zal zijn op nieuwe versies van instrumenten (Tabel 1-1).

Tabel 1-1. Opties voor toetsingsmethode. Matrix "wanneer X wat" te toetsen met welke vraag een dergelijke toets zou beantwoorden.

		Wanneer toets je?		
		Ex-ante	Tijdens ontwikkeling	Ex-post
Wat toets je?	Ontwikkelingsproces	Gaat deze manier van werken waarschijnlijk tot een goed resultaat leiden?	Is deze manier van werken bevorderlijk voor het tot stand brengen van het beoogde eindresultaat	Was dit een geschikte aanpak? Wat kan er nog verbeterd worden aan de manier van werken?
	Instrument	Zou dit een goed instrument kunnen zijn?	Testen van prototypen door gebruikers en inhoudelijke beoordelingen	Waarom is het wel/niet een succes? Is dit kansrijk voor doorontwikkeling/inbedding in andere systemen?
	Update/uitbreiding	Is de voorziene update/uitbreiding de moeite waard?	Testen van prototypen door gebruikers en inhoudelijke beoordelingen	Is dit een goede toevoeging of kan deze beter achterwege gelaten worden of doorontwikkeld?

### Gebruikersdoelgroep

Om de beoordelen of een product of instrument succesvol is, moet worden gedefinieerd hoe de doelgroep eruitziet. Succesvolheid neemt toe naarmate een groter aandeel van de doelgroep gebruik maakt van het instrument. In het ontwerp van het protocol is ervan uitgegaan dat een gebruiker een boer is. Doelgroepen van instrumenten kunnen echter wel in grootte verschillen, zo kan een instrument bijvoorbeeld gericht zijn op alle boeren in West-Europa, Nederlandse melkveehouders, of alleen boeren met lössgrond.



## 2 Ingrediënten voor succes

### Historische context

Veel bodeminstrumenten zijn, of worden ontwikkeld, door of met kennisinstellingen. De ontwikkeling wordt sterk gestuurd door kennisvragen vanuit de deskundigen en onderzoekers zelf en in mindere mate door de daadwerkelijke eindgebruiker. Dit is als een van de redenen benoemd waarom er de afgelopen jaren vele tools zijn ontwikkeld terwijl de adoptie ervan achterblijft (Riechelman et al., 2021). Deze situatie is niet nieuw, maar komt veelvuldig voor in de landbouwpraktijk. Vaak wordt dit geweten aan de afstand tussen de deskundige (wetenschapper in een 'ivoren toren') en een gebruiker (McCown, 2001). Dit wordt in de hand gewerkt doordat het vaak wetenschappers zijn die innovaties ontwikkelen en zelden boeren of adviseurs nauw betrekken in het ontwikkelingsproces terwijl zij wel de doelgroep vormen (Bünemann et al., 2018). Inzicht in de onderliggende oorzaken is relevant. Een onderzoek achteraf (ex-post) kan nuttig zijn, als anderen hier kennis van nemen en niet weer dezelfde fout maken. Van tevoren (ex-ante) toetsen of een nog te ontwikkelen innovatie kansrijk is, is natuurlijk gewenster, zodat kan worden voorkomen dat er geïnvesteerd wordt in een kansarme innovatie.

Innovaties komen binnen de landbouw op heel veel plekken voor, maar de laatste jaren wordt het sterk zichtbaar in de ontwikkeling van allerlei beslissingsondersteunende systemen zoals beregeningsadviezen en bemestingsplanners. De voorliggende rapportage is uitgevoerd binnen de context van de *PPS Beter bodembeheer* en is gericht op een duurzaam bodembeheer waarbij het meten en beoordelen van bodemkwaliteit als ook de inbedding hiervan binnen instrumenten een rol spelen. Bij de ontwikkeling van instrumenten voor duurzaam bodembeheer zouden de eindgebruikers dus al in een vroeg stadium en intensief betrokken moeten worden in het ontwikkelingsproces.

Als men wil dat een instrument een positieve invloed heeft op bodemkwaliteit is het essentieel dat het instrument gebruikt wordt door de juiste gebruikers. Een instrument kan nog zo goed werken in het lab, als niemand het kan of wil gebruiken heeft het weinig zin.

Om te toetsen welke factoren bepalen dat een instrument veel gebruikt wordt en in welke mate deze factoren bepalend zijn, wordt voortgeborduurd op het werk van Sumberg (2005) en Rose et al. (2016). De factoren worden ingedeeld in randvoorwaarden, sleutelfactoren en modificerende factoren.

### 2.1 Succesfactoren

#### Sumberg

Sumberg (2005) betoogt dat men bij het beoordelen van de succeskansrijkheid van innovaties, onderscheid moet maken tussen endogene en exogene variabelen van de compatibiliteit tussen instrument en gebruiker. Sumberg beschouwt externe variabelen als randvoorwaarden. Randvoorwaarden moeten al voor het ontwerpproces worden geïdentificeerd. Als een instrument faalt omdat het niet aan randvoorwaarden voldoet, is het ook niet meer te redden.

Randvoorwaarden kunnen voortkomen uit de interactie tussen gebruiker, instrument en context zoals toegankelijkheid van input (zoals kennis, geld, internetverbinding, apparaten). Ook kunnen

randvoorwaarden voorkomen uit een interactie tussen het instrument en de context, bijvoorbeeld: is er vraag naar de uitkomsten van het instrument of, bestaan de vereiste institutionele raamwerken.

Sumberg samengevat: het succes van een innovatie wordt bepaald door het wel of niet passen van de innovatie binnen de externe variabelen, welke randvoorwaarden vormen.

### Rose et al.

Rose et al. (2016) onderzochten in Groot-Brittannië wat van belang is voor opname en gebruik van beslissingsondersteunende systemen in de landbouw met interviews en kwantitatieve enquêtering. Zij identificeerden 15 aspecten welke bijdragen aan het succes van een instrument (Tabel 2-1). Deze 15 aspecten werden door Rose et al. (2016) onderverdeeld in sleutelfactoren en modificerende factoren. De sleutelfactoren zijn direct bepalend voor het wel of niet gebruiken van een bepaald instrument. Sleutelfactoren zijn echter wel minder dwingend dan de randvoorwaarden van Sumberg (2005), instrumenten kunnen wel succesvol zijn ondanks falen op enkele sleutelfactoren. De modificerende factoren versterken of verzwakken de mate waarin sleutelfactoren bepalend zijn voor gebruik van een instrument. Zo zal een jonge en computervaardige boer bijvoorbeeld eerder gebruik maken van een digitaal instrument dan een oudere boer die veel op papier uitwerkt.

Tabel 2-1. Factoren voor breed gedragen opname en gebruik van beslissingsondersteunende systemen in de landbouw naar Rose et al. (2016). Rose et al. noemen ook "Facilitating conditions" deze overlapt met "gewoonte" en randvoorwaarden welke niet in deze tabel staan, daarom is deze 15<sup>de</sup> factor weggelaten uit de tabel.

Sleutelfactor		Endogeen/ exogeen*
Prestatie	Vervult het een nuttige functie (voor het bedrijfsresultaat of andere bedrijfsdoelen) en werkt het goed	endogeen
Gebruiksgemak	Is het instrument makkelijk bruikbaar en werkt het snel	endogeen
Collegiale aanbeveling	Bevelen boeren het instrument aan bij collega's	exogeen
Vertrouwen	Is het instrument wetenschappelijk onderbouwd en is de leverancier betrouwbaar	endogeen
Kosten	Wegen de baten op tegen de kosten en zijn er hoge aanloopkosten	endogeen
Gewoonte	Sluit gebruik van het instrument aan op gewoonten van de boer	exogeen
Relevantie/specificiteit/ maatwerk	Zegt het instrument iets over een individueel bedrijf of perceel	endogeen
Boer-adviseur toepasselijk	Als zowel adviseurs en boeren het kunnen gebruiken kunnen adviseurs gebruik verspreiden	endogeen
<b>Modificerende factoren</b>		
Leeftijd	Leeftijd beïnvloed bijvoorbeeld de mate waarin gebruiksgemak, gewoonte of computervaardigheid bepalend zijn	exogeen
Bedrijfsschaal	Is het van toepassing op alle bedrijfsschalen?	exogeen
Bedrijfstype	Hebben zowel akkerbouwers, veehouders als tuinbouwers er iets aan	exogeen
Computervaardigheid	vergt het instrument uitgebreide computervaardigheid	exogeen
Naleving wetgeving	Draagt het bij aan naleving van wetgeving of marktvereisten	endogeen
Marketing	Hoe worden boeren op de hoogte gebracht van het bestaan van het instrument.	endogeen

\*Of een factor te beïnvloeden is door de uitgever/producten van een instrument (endogeen) of niet (exogeen)

## 2.2 Randvoorwaarden

De rigide stelling van Sumberg (2005) dat alle exogene factoren kunnen worden beschouwd als randvoorwaarden, is niet volledig van toepassing op de succesfactoren zoals deze zijn geïdentificeerd door Rose et al. (2016) (Tabel 2-1). Veel van de modifierende factoren zijn exogeen aan de ontwikkeling van een instrument maar zijn geenszins randvoorwaarden. Bijvoorbeeld: leeftijd en collegiale aanbeveling worden niet bepaald door het instrument zelf, maar zijn ook geen randvoorwaarde voor een succes (ook zonder aanbevelingen en met een oude gebruikerspopulatie kan een instrument succesvol zijn).

Daarnaast moet erkend worden dat de indeling endogeen/exogeen niet voor alle factoren volledig zwart wit is. De uitgever van een instrument kan niet namens een boer diens collega's het instrument aanbevelen. De uitgever zou echter wel aanbeveling kunnen faciliteren door bijvoorbeeld demo's te organiseren bij gebruikers of te faciliteren dat gebruikers via sociale media ruchtbaarheid kunnen geven aan hun gebruik.

Hoewel de indeling endogeen/exogeen hier niet gebruikt wordt om te bepalen of iets een randvoorwaarde is, is het wel van belang om te weten of een factor endogeen of exogeen is. Want aan endogene factoren kan een ontwikkelaar nog dingen veranderen. Als een instrument onsuccesvol is vanwege exogene factoren is er ex-post niet veel meer wat men kan doen om een onsuccesvol instrument succesvol te maken.

Er zijn er drie randvoorwaarden te identificeren op basis van het werk van Sumberg (2005) en Rose et al. (2016). Randvoorwaarde wordt hier gedefinieerd als "een variabele zonder welke een instrument niet succesvol kan zijn". De drie randvoorwaarden staan hieronder beschreven in hun eigen paragraaf.

### **Voorzien in een behoefte**

Er moet behoefte zijn aan de adviezen of kennis die het instrument levert. Bij voorkeur is dit een behoefte van de boer zelf. Als de behoefte vanuit de keten of samenleving komt en niet direct door de boer gedragen wordt, verlaagd dit de slagingskans. Als nog boer, nog keten, nog samenleving, behoefte heeft aan de adviezen of kennis van het instrument, dan kan men niet verwachten dat het instrument gebruikt zal worden.

### **Beschikbaarheid van inputs**

De middelen en kennis welke nodig zijn voor het gebruik van het instrument zijn ruim voorhanden. Als voor het gebruik van het instrument apparatuur, software, kennis of overige middelen nodig zijn waarover een boer niet beschikt, kan een boer het instrument niet gebruiken.

### **Compatibel met bestaande instituten**

Het instrument past binnen de geldende organisatorische structuren en beleidsmatige en wetgevende kaders. Bij beslissingsondersteunende instrumenten in Nederland zouden privacywetgeving, intellectueel eigendom of eigendom van informatie bijvoorbeeld beperkingen kunnen opleggen aan wat mogelijk is.

## 2.3 Sleutelfactoren

Sleutelfactoren zijn erg bepalend voor het succes van een instrument. Ze zijn minder bindend dan randvoorwaarden en kunnen met elkaar overlappen, elkaar versterken of verzwakken. De hier genoemde sleutelfactoren zijn de belangrijkste factoren voor overname en gebruik beschreven door (Rose et al., 2016). Niet alle sleutelfactoren zullen voor alle (potentiële) gebruikers even zwaar meewegen omdat gebruikers verschillen in hun manier van werken, verwachtingen en aspiraties.

### **Bijdrage aan bedrijfsdoelen**

Als de gebruiker de indruk heeft dat gebruik van het instrument direct bijdraagt aan diens doelen bevordert dit gebruik. Voor veel gebruikers zal dit betekenen, een bijdrage aan het bedrijfsresultaat door het verhogen van productie of verlagen van input, maar andere bedrijfsdoelen zijn niet uitgesloten.

### **Degelijkheid**

Het instrument heeft weinig last van storingen en is toegankelijk wanneer de gebruiker het nodig heeft. Wanneer een app vastloopt, een website of service uitvalt, of een infosheet niet bij de hand is, zal het niet (nogmaals) gebruikt worden.

### **Gebruiksgemak**

Het instrument is makkelijk in gebruik. Dit betekent dat:

- het op een duidelijke en snelle manier informatie of adviezen geeft.
- niet te veel tekst heeft
- niet veel tijd in beslag neemt
- te gebruiken is via het voorkeurs medium van de gebruiker (boek/ telefoon (Android/IOS)/ tablet/ desktop (Windows/macOS/Linux)).

### **Wetenschappelijk onderbouwd**

In het bijzonder belangrijk voor gebruik/advisering door adviseurs.

### **Reputatie van de uitgever**

De aanbieder van een instrument zou een voor de gebruiker betrouwbare partij moeten zijn. Een onafhankelijke adviesorganisatie geeft meer vertrouwen dan een aanbieder die ook goederen verkoopt.

### **Maatwerk**

Het instrument is specifiek genoeg om iets te zeggen over het bedrijf of de percelen van de gebruiker. Het geven van te algemene informatie of adviezen is weinig nuttig en kan ook een doodsteek zijn voor het vertrouwen in het instrument. Men kan bijvoorbeeld geen adviezen geven die toepasselijk zijn op zandgrond aan een boer op klei.

### **Collegiale aanbeveling**

Mond tot mondreclame vergroot het aantal boeren dat een instrument probeert en gebruikt. Hier is bij het ontwerp van een instrument niet zoveel mee gedaan worden. Door potentiële gebruikers actief te betrekken bij ontwikkeling mogelijk wel.

### **Lage kosten**

Een instrument mag niet te veel kosten en de baten moeten hoger zijn dan de kosten.

### **Geaccepteerd door adviseurs**

Als zowel adviseurs als boeren met een instrument overweg kunnen, is dit bevorderlijk voor de verspreiding van het instrument omdat adviseurs kennisverspreiding faciliteren. Wetenschappelijke onderbouwing en een goede reputatie versterken deze sleutelfactor.

## **2.4 Modifierende factoren**

Modifierende factoren zijn niet noodzakelijk maar kunnen wel een versterkend effect hebben op de mate waarop het instrument gebruikt wordt. Rose et al. (2016) noemen als modifierende factoren: leeftijd (van de gebruiker), computervaardigheid, bedrijfsschaal, bedrijfstype, faciliterende voorwaarde,

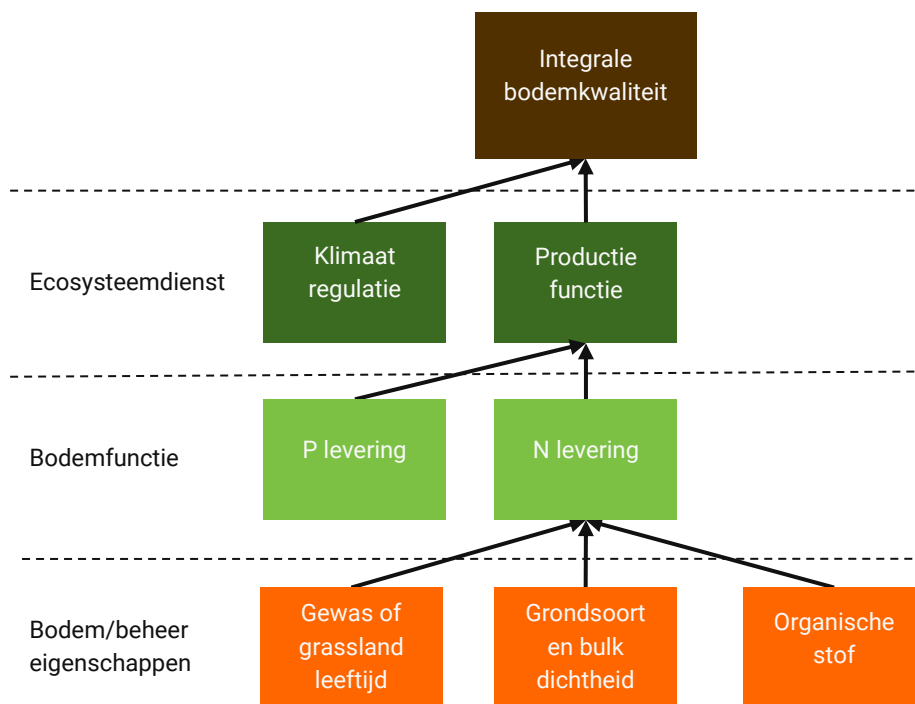
naleving en marketing. Een aantal van deze factoren zullen dikwijls met elkaar gecorreleerd zijn of overlappen met sleutelfactoren, zoals leeftijd en computervaardigheid.

Faciliterende voorwaarde, bedrijfstype en in iets mindere mate bedrijfsschaal kunnen ook als randvoorwaarden optreden. Als de gebruiker niet de juiste input heeft, het bedrijf te groot of te klein is voor het instrument of niet de juiste grondsoort of economische activiteiten heeft, dan kan het instrument logischerwijs niet geschikt zijn voor deze gebruiker.

# 3 Doelmatigheid

## 3.1 Introductie

Om doelmatigheid te kunnen toetsen, is het cruciaal om duidelijk te definiëren wat het doel is. Voor veel landbouwkundige innovaties en (advies) instrumenten is het doel opbrengstverhoging of lager gebruik van productiemiddelen zonder afname van productie. Voorliggend protocol is echter niet alleen opgezet om de landbouwkundige productiefunctie van bodems via instrumenten te evalueren, maar in het **meten en waarden van integrale bodemkwaliteit**. Hier komen dus ook andere bodemecosysteemdiensten bij kijken zoals waterhuishouding, klimaatregulatie en bieden van habitatten voor biodiversiteit (Figuur 3-1). Dus, het waarden van de integraliteit van een instrument is een belangrijk onderdeel bij de doelmatigheidsbeoordeling. In dit protocol wordt dit gedaan aan de hand van ecosysteemdiensten.



*Figuur 3-1. Incompleet voorbeeld welke relaties tussen bodemeigenschappen, -functies, -ecoysteemdiensten en integrale kwaliteit illustreert. Meetbare bodemeigenschappen en beheer informeren over een bodemfunctie. Deze bodemfunctie is samen met andere functies een indicator voor de levering van een ecosysteemdienst. Bodemecosysteemdiensten samen bepalen integrale bodemkwaliteit.*

### 3.1.1 Ecosysteemdiensten

Ecosysteemdiensten (ED) zijn materiële en immateriële bijdragen van ecosysteemdiensten aan menselijk welzijn (Haines-Young & Potschin, 2018). Het concept van ED wordt vaak gebruikt bij studies naar landschappen en landgebruik waarbij integraal gekeken wordt naar alle baten van een landschap. Dit maakt het tot een aantrekkelijk raamwerk waarmee de integraliteit van bodembeoordelingsinstrumenten is te bestuderen. ED worden ook gebruikt bij beoordelingssystemen

van bodemkwaliteit (Rinot et al., 2019; Bünemann et al., 2018; MacPherson et al., 2020). Om ED in verschillende instrumenten te kunnen vergelijken moet men consistent gebruik maken van een eenduidige classificatie van ecosysteemdiensten. Er zijn diverse indelingen van ED beschikbaar. Echter, de indeling van de “*Common International Classification of Ecosystem Services*” (CICES) (Haines-Young & Potschin, 2018) is tot vandaag de meest uitgebreide en gestructureerde hiërarchische indeling.

### **CICES ecosysteemdienst klassificatie**

De CICES-indeling is hiërarchische gestructureerd. Op het hoogste niveau worden alle ED ingedeeld in één van drie secties; (1) leveren van materiaal of energie (voorzienende ED), (2) regulering en instandhouding van het milieu voor mensen (regulatie en onderhoud ED) en (3) immateriële kenmerken welke de lichamelijke of mentale toestand van mensen beïnvloeden (culturele ED). Hierbij wordt vervolgens een tweedeling gemaakt tussen biotische en abiotische ED. De lagere niveaus zijn divisie, groep en klasse, elk met een eigen nummer. Individuele ED kunnen hierdoor met een code worden aangeduid. Bijvoorbeeld 1.1.1.1 “gecultiveerde landplanten (inclusief schimmels en algen) geteeld voor voedingsdoeleinden”.

De huidige versie van CICES (V5.1) kent echter nog enkele tekortkomingen als het aankomt op bodem ES. Paul et al. (2021) hebben hiertoe twee subsets van CICES-klassen gemaakt; één voor bodem gerelateerde ecosysteemdiensten en één voor bodemecosysteemdiensten beïnvloed door agrarisch bodembeheer. Afhankelijk van de insteek van een instrument kan de ene subset relevanter zijn dan de andere. Daarnaast hebben Paul et al. (2021) ook de ED omschrijvingen ingekort om deze beter werkbaar te maken en hier wel telkens de CICES-code bij vermeldt.

### **Bodemgerelateerde ecosysteemdiensten**

De eerste subset benadrukt de link tussen bodemeigenschappen en ED. Deze ED worden bepaald door bodemeigenschappen en zijn daardoor aan de hand van bodemeigenschappen te kwantificeren (Paul et al., 2021). Deze set bevat 8 biologische voorzienende ED, 7 abiotische voorzienende ED, 14 biologische regulatie en onderhoud ED en 2 abiotische regulatie en onderhoud ED. In totaal bevat deze subset 30<sup>3</sup> van de 83 klassen in CICES 5.1. Culturele diensten zijn buiten deze subset gehouden omdat deze niet direct kwantificeerbaar zijn op basis van bodemeigenschappen. Wat niet betekent dat (agrarische)bodems geen culturele waarde hebben. Zo noemen Paul et al. (2021) esgronden als voorbeeld van landbouwbodems met historische waarde.

### **Ecosysteemdiensten beïnvloed door agrarisch bodembeheer**

De subset voor bodemecosysteemdiensten bevat 40 van de 83 CICES 5.1 klassen. Hiervan vormen 25 een shortlist welke onder alle omstandigheden relevant zijn. Deze zouden volgens de opstellers bij iedere beoordeling van de invloed van bodembeheer moeten worden meegewogen. De overige 15 zijn context afhankelijk; zo heeft het bodembeheer op een hooggelegen zandperceel geen invloed op de chemische kwaliteit van zoute wateren (2.2.5.2) (Paul et al., 2021).

### **Vergelijking van subsets**

De twee subsets vertonen in grote mate overlap, in totaal zijn er 47 klassen die in één van beiden voorkomen. Drie van de klassen die niet in de shortlist voor door bodembeheer beïnvloedde ED staan, staan wel in bodem gerelateerde ED<sup>4</sup>. Verschillen komen voort uit dat sommige ED beïnvloed worden door bodembeheer, maar niet direct door bodemeigenschappen (zoals weidevogels kunnen spotten (3.1.1.2)).

---

<sup>3</sup> In de tekst van de paper schrijven ze 29 ED klassen in deze subset maar in de volledige tabel in de bijbehorende bijlagen zijn 30 ED klassen toebedeeld aan deze subset. De ‘extra’ ED klasse is 4.3.2.2 niet minerale substanties voor grondstoffen.

<sup>4</sup> Genetisch plant materiaal voor populaties (1.2.1.1) en veredeling (1.2.1.2) en chemische toestand van zout waterlichamen (2.2.5.2).

Een andere beperking die Paul et al. (2021) noemen van CICES V5.1 ten opzichte van bodem ED, is dat CICES onderscheid maakt tussen biologische en abiotische diensten terwijl bodemecosysteemdiensten juist vaak voortkomen uit een samenspel van biologie, chemie en structuur. Hierdoor kunnen bodem ED in zowel een biotische als een abiotische klasse vallen. Ook noemen Paul et al. (2021) twee voor Nederlandse landbouwbodems belangrijke ED die ontbreken in CICES: bodemverdichting en verzilting.

In een review van lijsten met aan bodems gerelateerde ED merken Paul et al. (2021) op dat bodems als basis of fundering voor menselijke activiteiten genoemd wordt (in vijf van de 11 lijsten) terwijl deze dienst niet in CICES voorkomt.

Paul et al. (2021) leggen de CICES-klassen ook naast een elftal bodem ED lijsten uit peer-reviewed literatuur en vergelijken dit met hun eigen twee subsets. Met deze literatuurreview maakten ze een beoordeling van hoe sterk CICES-klassen gelinkt zijn aan bodems en delen de klassen in groepen A, B, C, en D. CICES klassen in groep A komen voor in 9-11 van de elf papers. Van deze klassen is dus enige wetenschappelijke consensus over hun relatie met bodems. De klassen in groep B worden genoemd in 3-8 van de elf papers. Van deze klassen wordt nog bediscussieerd of en in welke mate ze gerelateerd zijn aan bodems. Klassen in groep C (1-3 van elf papers) en D (0/11) hebben hoogstwaarschijnlijk geen relatie met bodems of zijn nog niet in beschouwing genomen (Paul et al., 2021).

### 3.1.2 Integraliteit waarderen

De CICES classificatie van ED (Haines-Young & Potschin, 2018) en de hierin aangemaakte subsets voor van bodem gerelateerde ED en door agrarisch bodembeheer beïnvloede ED (Paul et al., 2021) kunnen gebruikt worden om te omschrijven welke ED worden gedekt door een instrument. Door dezelfde subset(s) te gebruiken kunnen instrumenten onderling worden vergeleken en kunnen hiaten in de ED-dekking van het instrumenten pakket worden geïdentificeerd (Tabel 3-1).

Hiervoor moet men eerst bepalen welke (sub)set ED moet worden meegewogen. Wanneer men instrumenten wil vergelijken welke bedoeld zijn om bodemkwaliteit te beoordelen, zal de subset van bodem gerelateerde ED het meest toepasselijk zijn. Voor een vergelijking van beslissingsondersteunende systemen voor boeren zal de set van door agrarisch bodembeheer beïnvloede ED relevanter zal zijn.

#### **Voorbeeld**

De subset met bodem gerelateerde ED bestaat uit 30 klassen. Als een instrument diensten uit 18 van deze klassen dekt (score = 18/30) kan dit eenvoudig kwantitatief worden vergeleken met een tweede instrument die maar 14 diensten bevat (score = 14/30), bijvoorbeeld met een gegroepede en gestapelde staafdiagram waar het aantal gedekte ED van het totaal aantal ED in een categorie wordt weergegeven. (Figuur 3-2, linker diagram). Een kwalitatieve vergelijking van de twee instrumenten, om vast te stellen in welke mate de instrumenten overlappen en elkaar aanvullen, kan bijvoorbeeld met een tabel (Tabel 3-1).

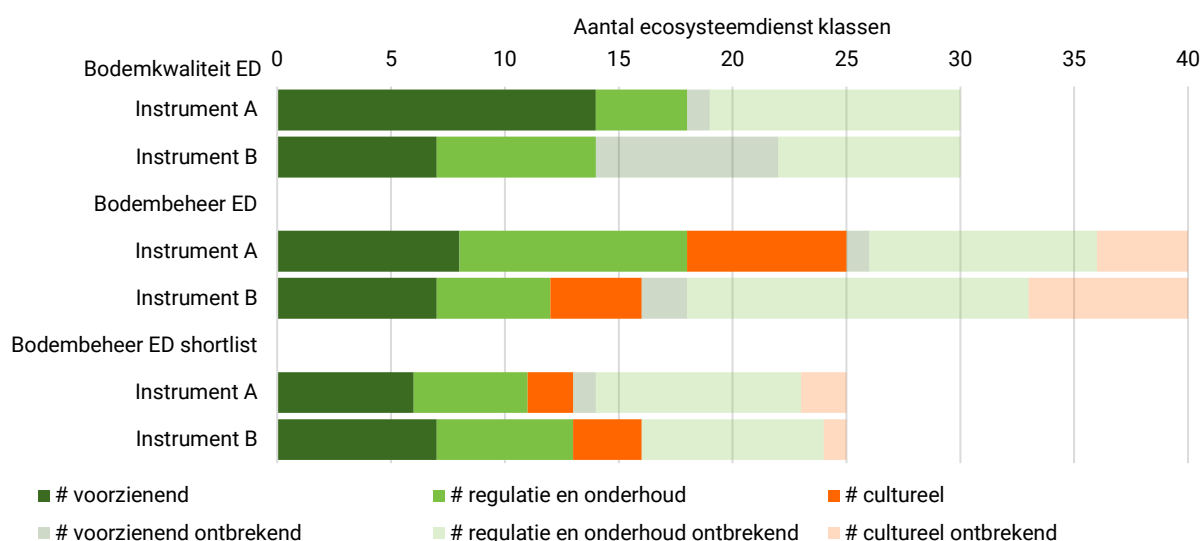
De subset van door bodembeheer beïnvloede ED bestaat uit de shortlist van 25 ED welke altijd van toepassing zijn plus 15 welke alleen binnen specifieke contexten van toepassing zijn. Hiervoor kan het aantal gedekte ED klassen kwantitatief bijvoorbeeld worden weergegeven als 16/25+2/15 (Figuur 3-2, middelste en rechter diagram) waarbij de +x/15 naar ED verwijst die niet op de shortlist staan.

Voor beide subsets kan worden gevisualiseerd tot welke sectie (voorzienend, regulatie en onderhoud, cultureel) de ED klassen in het instrument behoren en of het biotische of abiotische ED klassen betreft. Mocht het voorkomen dat een instrument voor beide subsets in aanmerking komt, zou een score kunnen worden weergegeven als 17/35 + 1/12.



Tabel 3-1. Voorbeeld van een vergelijking van overeenkomstige en verschillende ecosysteemdienst klassen in de subset "beïnvloed door bodembeheer" van twee fictieve instrumenten.

CICES 5.1 code	Bodem gerelateerde ecosysteemdienstklassen	Instrument A	Instrument B
1.1.1.1	Gekweekte landplanten voor voeding	x	
1.1.1.2	Gekweekte landplanten voor vezels	x	
1.1.1.3	Gekweekte landplanten voor energie	x	x
1.1.5.1	Wilde planten (op het land en in het water) voor voeding	x	x
1.1.5.2	Wilde planten (op het land en in het water) voor vezels	x	x
1.1.5.3	Wilde planten (op het land en in het water) voor energie	x	x
2.1.1.1	Biotische sanering van afvalstoffen	x	x
2.1.1.2	Biotische filtering en buffering van afvalstoffen	x	x
2.2.1.1	Erosie beheersing	x	x
2.2.1.3	Hydrologische cyclus en waterstroming	x	x
2.2.2.3	Biodiversiteit en habitats	x	x
2.2.3.1	Plaag beheersing (inclusief invasieve soorten)	x	x
2.2.3.2	Ziekte beheersing	x	x
2.2.4.1	Bodemkwaliteit door verweringsprocessen	x	x
2.2.4.2	Bodemkwaliteit door afbraak- en vastleggingsprocessen		x
2.2.5.1	Chemische toestand van zoetwaterlichamen		x
2.2.6.1	Chemische samenstelling van atmosfeer en oceanen	x	
2.2.6.2	Plaatselijke regeling van de luchttemperatuur en -vochtigheid	x	
4.2.1.1	Oppervlaktewater voor drinkwater	x	
4.2.1.2	Oppervlaktewater anders dan voor drinkwater	x	
4.2.2.1	Grondwater voor drinkwater		
4.2.2.2	Grondwater anders dan voor drinkwater		
4.3.1.1	Mineralen voor voeding		
4.3.1.2	Mineralen als materiaal		
4.3.2.2	Niet-mineralen als materiaal		
	Som	18	14
	Max haalbaar	25	25
	Score	18/25	14/25



Figuur 3-2. Voorbeeld van een visuele weergave van een kwantitatieve integraliteitsbeoordeling van twee fictieve instrumenten.

## 3.2 Soliditeit

De tweede hoofdeigenschap om doelmatigheid te beoordelen, is de mate van onderbouwing van relaties tussen observaties en outputs. Hiervoor zal doorgaans gebruik worden gemaakt van meerdere indicatoren zoals: waterbergend vermogen (waterhuishouding), soortrijkheid (habitat levering), of stikstoflevering (productie). De mate waarin indicator functies bewezen ondersteunend zijn aan diensten moet dus worden meegenomen in een beoordeling van de doelmatigheid.

De indicatoren zijn doorgaans niet direct gemeten maar afgeleid of berekend uit directe waarnemingen. Waarnemingen in de brede zin, bijvoorbeeld: metingen, tellingen, registratie van beheer, visuele observaties. Ook de onderbouwing van de relatie tussen waarnemingen en een indicator functie moet worden meegenomen in een beoordeling van doelmatigheid. Immers, als een waarneming niet kan worden vertaald naar een functie, dan kan men hier niets mee; de waarneming kan niet worden geïnterpreteerd.

### 3.2.1 Bodemfuncties

Bodemfuncties zijn (combinaties van) bodemprocessen welke samen een ED vormen (Vogel et al., 2018; Bünemann et al., 2018). Het leveren van stikstof bijvoorbeeld is belangrijk voor de productie van planten (1.1.1.x) en heeft ook invloed op de chemische kwaliteit van water (2.2.5.x). In de meeste gevallen zullen meerdere bodemfuncties betrokken zijn bij het leveren van een ED. Hoewel bodemfuncties ondersteunend kunnen zijn aan meerdere ED, zijn er meer bodemfuncties dan ED. Om bij het voorbeeld van plantaardige productie (1.1.1.x) te blijven, alle micro- en macronutriënten plus een rits aan structuur en biologie gerelateerde functies kunnen relevant zijn. Voor zover de auteurs bekend is er tot op heden geen alomvattende lijst van bodemfuncties zoals er wel voor ED bestaan. De compleetheid van bodemfuncties in een instrument is hierdoor moeilijk te kwantificeren. Het is daarnaast de vraag of dit nuttig zou zijn. Ter illustratie, B-beschikbaarheid is in theorie wel van belang voor plantaardige productie (1.1.1.x) maar zal in praktijk zelden toegevoegde waarde hebben voor het omschrijven of voorspellen van deze ED in Nederland.

Bodemfuncties zijn overigens niet allemaal direct te meten omdat ze afhangen van meerdere bodemeigenschappen.

#### Indicatoren

**Indicatoren** (van bodemfuncties) zijn meetbare bodemeigenschappen welke iets zeggen over een **bodemfunctie** (Vogel et al., 2018; de Haan et al., 2021)<sup>5</sup>. Een indicator kan informeren over meerdere bodemfuncties. Voor een goed beeld van de status van een bodemfunctie zijn doorgaans meerdere indicatoren nodig. Indicatoren zijn context-afhankelijk. Indicatoren die binnen een gegeven milieu (grondsoort, klimaat, landgebruik) geschikt zijn, kunnen in een ander milieu onbruikbaar zijn, of binnen andere bereik beoordeeld worden<sup>6</sup>.

Vogel et al. (2018) verdelen meetbare bodemeigenschappen (indicatoren) onder in: inherente bodemeigenschappen, functionele bodemeigenschappen en bodemtoestand variabele. **Inherente bodemeigenschappen** zijn onveranderlijk of veranderen gedurende decennia. Omdat Inherente bodemeigenschappen niet of nauwelijks veranderen zijn ze weinig geschikt als indicator voor bodemfuncties maar zouden wel gebruikt kunnen worden om de context te beschrijven waarbinnen een bodem functioneert. Dit geldt bijvoorbeeld voor de textuur en de diepte van het grondwater. **Functionele bodemeigenschappen** zijn van nature veranderlijk gedurende maanden of enkele dagen maar kunnen snel veranderen door externe verstoringen. Functionele bodemeigenschappen zijn dus te meten en interpreteren tijdens of tussen groeiseizoenen. Daarnaast zou de invloed van beheer terug te moeten zien zijn in functionele bodemeigenschappen. Eigenschappen die binnen minuten of enkele dagen kunnen veranderen (zoals temperatuur of watergehalte) noemen Vogel et al. (2018) **bodemtoestandvariabelen**. Bodemtoestandvariabelen zijn ook ongeschikt voor de beoordeling van bodemkwaliteit maar zijn mogelijk wel bruikbaar voor beheer, bijvoorbeeld een bodemvochtafhankelijke beregeningswijzer.

---

<sup>5</sup> In de OBI heeft "indicator" de betekenis van bodemfunctie score

<sup>6</sup> Voorbeeld: organische stofgehalte moet anders geïnterpreteerd worden voor een graslandperceel op veen dan voor een akkerbouwperceel op dalgrond.

Ook (de Haan et al., 2021; Ros et al., 2022) geven aan dat bodemkwaliteit een meerjarig karakter heeft en dat indicatoren voor bodemkwaliteit dus niet van dag tot dag of seizoen tot seizoen veranderlijk mogen zijn. Voor bodemkwaliteitsbeoordelingen achten de Haan et al. (2021) bodemeigenschappen geschikt welke veranderlijk zijn binnen een periode van 4 a 5 jaar.

### 3.2.2 Onderbouwing relaties

De verbanden tussen bodemfuncties en ED en indicatoren en bodemfuncties moeten onderbouwd zijn. Er zijn verschillende manieren om een verband aan te tonen. Zo kan een verband worden gevonden in een veldproef, lab studie, modelstudie, expertbeoordeling, of bekend zijn in de praktijk (Ros et al., 2023) Een verband of inzicht wat in meerdere studies en/of observaties is gevonden is betrouwbaarder. Ook als verbanden met verschillende methoden gevonden zijn, komt dit de betrouwbaarheid ten goede.

### 3.2.3 Selecteren van functies en indicatoren

Bij het ontwikkelen van een instrument is het kiezen van geschikte (combinaties van) indicatoren en bodemfuncties van groot belang. De gebruikte indicatoren en bodemfuncties moeten namelijk veranderingen in het functioneren van ecosysteemdiensten goed kunnen reflecteren zonder dat er onnodige overlap voorkomt (Wade et al., 2022). Voor een externe beoordeling van de geschiktheid van indicatoren en bodemfuncties voor de ED in een instrument zijn dusdanig veel gegevens nodig dat dit niet te doen is voor een externe beoordeling als voorliggend protocol. Toetsing van de soliditeit van de gekozen indicatoren en bodemfuncties moet daarom in dit protocol beperkt blijven tot vragen of en hoe beschreven is waarom indicatoren en bodemfuncties gekozen zijn.

### 3.2.4 Factoren voor soliditeit

Zoals ook voor succesvolheid is gedaan, worden de factoren bepalend voor de soliditeit van een instrument gecategoriseerd in randvoorwaarden, sleutelfactoren en modificerende factoren.

#### **Randvoorwaarden**

Om iets te kunnen zeggen over de status van de bodem of het beheren van bodems moet een instrument aan enkele randvoorwaarden voldoen. Allereerst moet het kennis of advies leveren over de bodem van een gebruiker of het beheer van deze bodem. Ten tweede moet het instrument gebruik maken van waarnemingen. Waarnemingen in de brede zin zijn bijvoorbeeld: metingen, tellingen, registratie van beheer, of visuele observaties. Vervolgens moeten de waarnemingen te interpreteren zijn; men kan wel meten welke bacteriën voorkomen in een bodem, maar als niet te zeggen is welke soorten of hoeveelheden goed of slecht zijn, dan heeft men niets aan deze waarneming. Tot slot moet onderbouwd zijn waarom het instrument een uitspraak kan doen tussen de relatie van een perceelseigenschap (of beheer wat een perceelseigenschap beïnvloed) en een bodemfunctie of ecosysteemdienst.

#### **Sleutelfactoren**

De tijdhorizon tussen gebruik/toepassing van een instrument en een meetbare verbetering in perceelseigenschappen, bodemfuncties of ecosysteemdienst levering is medebepalend voor de mate van doelmatigheid. Als het 20 jaar duurt om meetbaar effect te behalen is dit in principe niet verkeerd, maar als met een ander instrument hetzelfde effect in vijf jaar behaald kan worden, is dit tweede instrument meer doelmatig.

Een tweede sleutelfactor is het functieniveau waarop een instrument informeert. Informatie leveren over ecosysteemdiensten is doelmatiger dan over perceelseigenschappen.

De mate van onderbouwing; komt de geleverde informatie of advisering voort uit praktijkonderzoeken, lab studies of expert consensus.

In welke mate houdt het instrument rekening met lokale context van een bodem zoals temperatuur, neerslag, grondsoort, grondwaterstand of landgebruik? Dergelijke parameters kunnen expliciet in het instrument verwerkt zijn (zoals bemestingsadviezen welke gewas afhankelijk zijn) maar ook impliciet wanneer een instrument alleen toepasselijk is binnen een bepaalde regio (zoals Nederland) met de daar overheersende klimatologische omstandigheden.

### **Modificerende factoren**

Zijn er na de initiële ontwikkeling van het instrument feedbackmechanismen op basis waarvan het instrument inhoudelijk verbeterd kan worden. Bijvoorbeeld periodieke literatuurstudies naar nieuwe inzichten, updates van (statistische) modellen bij grotere beschikbaarheid van gegevens of her-evaluatie op basis van gebruikersfeedback.

## **3.3 Soliditeit boven integraliteit**

Samenvattend, voor het doel “waarderen van integrale bodemkwaliteit”, moeten instrumenten zowel integraal zijn (meerdere ecosysteemdiensten omvatten) als goed onderbouwd (Figuur 1-2). Van deze twee aspecten is de onderbouwing het belangrijkste. Een “expert instrument” is betrouwbaar en nuttig voor in elk geval één indicator/functie en zou met andere expert instrumenten kunnen worden geïntegreerd om tot een meer integraal instrument te komen.

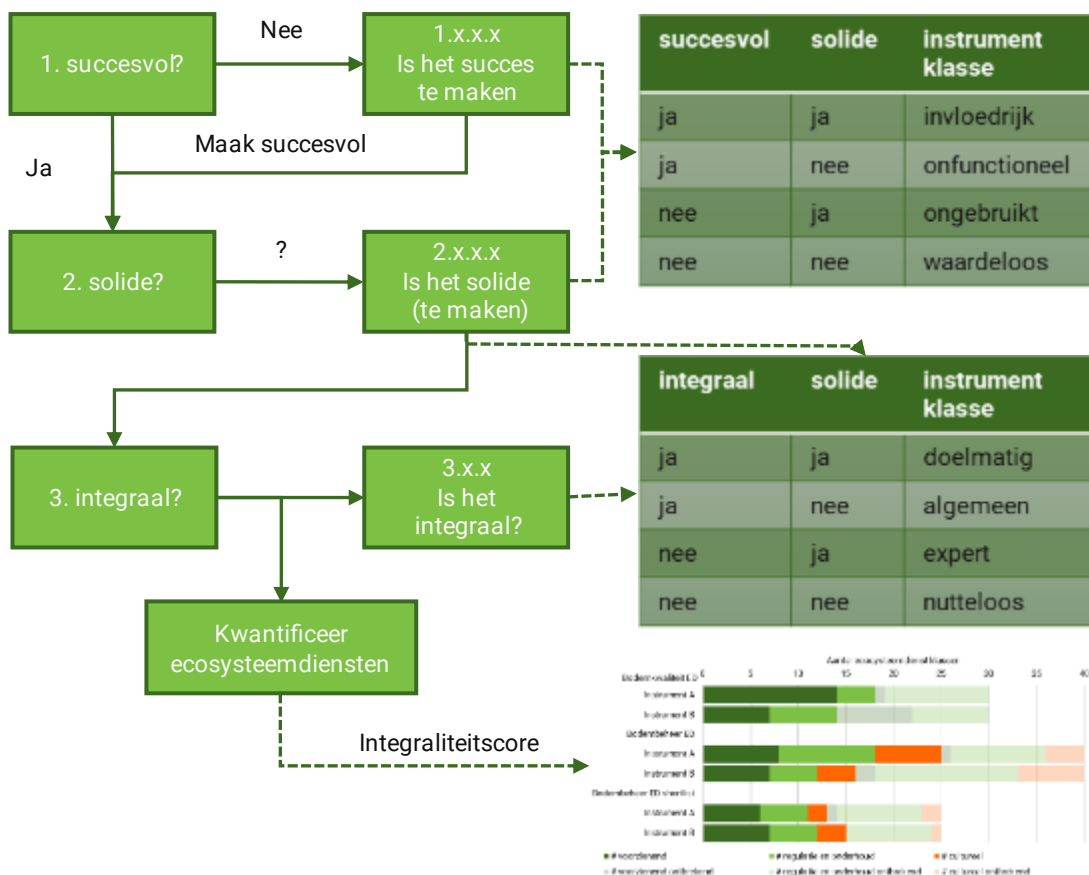
Een algemeen bodemkwaliteitsinstrument zou ook geïntegreerd kunnen worden met andere instrumenten, maar dit voegt weinig toe aan het geheel. Want, als algemene instrumenten met elkaar geïntegreerd worden, krijgt men een integraal meta model van bodemkwaliteit. Waarschijnlijk beter dan de losse instrumenten, maar niet beter onderbouwd. Als een algemeen instrument met een expert instrument zou worden geïntegreerd, dan kan het hoogstens de hiaten (ontbrekende functies) in het expert instrument opvullen met algemene resultaten.

Daarnaast zal het voor externe partijen moeilijker zijn om algemene bodemkwaliteitsinstrumenten te verbeteren of gebruiken voor het waarderen van integrale bodemkwaliteit dan expert instrumenten. Tenzij het algemene bodemkwaliteitsinstrument opensource en goed gedocumenteerd is, kunnen externen moeilijk de onderbouwing van een algemeen instrument verbeteren. Expert instrumenten daarentegen zouden gebruikt kunnen worden zonder deze inhoudelijk te moeten aanpassen. Bijvoorbeeld door deze parallel te gebruiken en de uitkomsten te combineren.

De verwachting van de auteurs van dit rapport is dat er anno 2022 nog weinig echte doelmatige instrumenten zijn. Het wordt nu de truc om expert instrumenten ontwikkeld door verschillende partijen te identificeren en deze met elkaar te verbinden.

# 4 Toetsingsprotocol

Voor het toetsen van een instrument is een reeks vragen opgesteld onderverdeeld naar succesvolheid, soliditeit en integraliteit. Voor succesvolheid en soliditeit zijn diepgaande vragen opgesteld om een gedetailleerder beeld te krijgen van de sterke kanten en verbeterpunten met betrekking tot succeskansrijkheid en onderbouwing. De vragen voor integraliteit zijn erop gericht een beschrijving van een instrument te verkrijgen welke met andere beschrijvingen te vergelijken is. Een globaal overzicht van hoe men de vragen doorloopt wordt gegeven in (Figuur 4-1).



Figuur 4-1. Stroomschema voor instrument beoordeling. Doorbroken lijnen leiden naar resultaten. De cijfers (1.x.x.x) verwijzen naar vragen.

## Hoofdvragen

Volgens de hier gehanteerde definitie van een “invloedrijk instrument voor duurzaam bodembeheer”, is een instrument goed als het zowel succesvol, solide en integraal is. Dus als vragen (1), (2) en (3) positief beantwoord worden, is het instrument invloedrijk en is het zeker de moeite waard het instrument te onderhouden en breder beschikbaar te maken.

*Tabel 4-1. Hoofdvragen ter beoordeling van de kwaliteiten van een instrument t.b.v. integraal duurzaam bodembeheer.*

nr	Vraag
1	Wordt het instrument reeds enige tijd door een aanzienlijk deel van de gebruikers in de doelgroep gebruikt met de gewenste regelmaat?
2	Is aangetoond dat door gebruik van het instrument binnen afzienbare tijd een extra bijdrage wordt geleverd aan het in standhouden en of verbeteren van de integrale bodemkwaliteit?
3	Wordt bodemkwaliteit of bodembeheer integraal benaderd?

Als vragen (1) en (2) beiden negatief beantwoord worden, heeft men te maken met een waardeloos instrument. Hoogstwaarschijnlijk is het verspilling van tijd en moeite om nog verdere aandacht aan dit instrument te besteden. Als vraag (3) negatief beantwoord wordt, kan dit erop duiden dat dit instrument samen met andere instrumenten gebruikt zou moeten worden om een integraal beeld te kunnen vormen.

Om vragen (2) en (3) te beantwoorden zal het doorgaans nodig zijn om eerst de deelvragen over soliditeit en integraliteit te beantwoorden. Deze zijn verderop beschreven. Vraag (1) daarentegen kan wel zonder beantwoording van deelvragen worden beantwoord. Maar, men moet voor vraag (1) wel duidelijk gedefinieerd hebben hoe de doelgroep eruit ziet en weten hoeveel gebruikers er zijn.

## 4.1 Toetsing instrument succesvolheid

Wanneer vraag (2) positief beantwoord wordt en vraag (1) niet, dan kan het waardevol zijn om uit te zoeken waarom het instrument niet succesvol is. Mogelijk zijn de beperkende factoren die wijdverspreid gebruik belemmeren te verhelpen. Om dit te doen zijn de vragen in (Tabel 4-2) opgesteld.

### Randvoorwaarden

Als tenminste één van de vragen in Tabel 4-2 negatief beantwoord wordt, is het zeer onwaarschijnlijk dat het vergroten van het aantal gebruikers bewerkstelligd kan worden door de leverancier van het instrument. Deze randvoorwaarden voor succesvolheid zijn namelijk allen exogeen aan het instrument. Aanpassingen aan de werking, gebruiksvriendelijkheid of marketing zijn dan niet voldoende. Er zal waarschijnlijk iets moeten veranderen aan de behoeften van de markt of de samenleving, de kennis van de doelgroep, de beschikbaarheid van informatie of wetgeving. Dergelijke veranderingen kan een ontwikkelaar doorgaans niet teweegbrengen.

*Tabel 4-2. Vragen naar randvoorwaarden voor een succesvol instrument.*

nr	Vraag	
1.A.a	Is er behoefte aan de informatie of adviezen van het instrument bij de boer, de keten en of de samenleving	Exogeen
1.A.b	Zijn de materiële (werktuigen, computers) en immateriële (informatie, kennis) middelen benodigd voor het gebruik van het instrument ruim voorhanden.	Exogeen
1.A.c	Past het instrument binnen bestaande organisatorische (bijv. bedrijfsstructuren, samenwerkingsverbanden), wettelijke en beleidsmatige instituten.	Exogeen

### Sleutelfactoren

Als aan de randvoorwaarden voldaan wordt, kan nader gekeken worden naar de sleutelfactoren. Bij voorkeur worden alle vragen in Tabel 4-3 positief beantwoord omdat ze allen bijdrage aan succesvolheid. Het is mogelijk dat een instrument succesvol is terwijl enkele vragen niet geheel positief beantwoord worden. Als een instrument nog niet voldoende succesvol is, helpen de vragen in Tabel 4-3 om factoren te identificeren die verbeterd zouden kunnen worden.

Tabel 4-3. Vragen naar sleutelfactoren van succes t.b.v. de beoordeling van duurzaam bodembeheer instrumenten.

nr	Vraag	
1.B.a	Hebben gebruikers het gevoel dat gebruik van het instrument bijdraagt aan hun bedrijfsdoelstellingen?	Exogeen
1.B.b	Heeft het instrument weinig last van bugs, vastlopen, of ontoegankelijkheid. In andere woorden, is het instrument degelijk?	Endogeen
1.B.c	Is het instrument gemakkelijk in gebruik?	Endogeen
1.B.c.i	Geeft het snel de benodigde informatie of adviezen?	Endogeen
1.B.c.ii	Is de informatie duidelijk of makkelijk leesbaar?	Endogeen
1.B.c.iii	Bevat het niet te veel tekst?	Endogeen
1.B.c.iv	Kost gebruik weinig tijd?	Endogeen
1.B.c.v	Is het instrument te gebruiken via het medium van voorkeur?	Endogeen
1.B.d	Bevelen boeren het instrument aan elkaar aan?	Exogeen
1.B.e.i	Is het wetenschappelijk onderbouwd?	Endogeen
1.B.e.ii	Wordt het instrument uitgegeven/verspreid door een betrouwbare partij?	Exogeen
1.B.f	Zijn de kosten van gebruik laag?	Endogeen
1.B.g	Sluit gebruik van het instrument aan op de gewoonten van de gebruiker	Endogeen
1.B.h	Is de geleverde informatie of adviezen specifiek genoeg voor het bedrijf of perceel van de gebruiker? In andere woorden, kan een gebruiker zijn situatie herkennen in de uitkomsten van het instrument?	Endogeen
1.B.i	Kunnen en willen adviseurs het instrument gebruiken en aanbevelen?	Endogeen

### Modificerende factoren

Nadat geïnventariseerd is welke sleutelfactoren aanwezig zijn en welke niet, kan aanvullend inzicht worden verkregen door naar modificerende factoren te kijken. Modificerende factoren zijn minder zwart-wit en meer contextafhankelijk. Daarom stelt Tabel 4-4 open vragen. Door deze vragen te beantwoorden kan men beter begrijpen in welke mate specifieke sleutelfactoren bepalend zijn. Dit kan helpen bij het bedenken van welke acties ondernomen kunnen worden om de succeskansrijkheid van het instrument te vergroten.

Tabel 4-4. Vragen om modificerende succes factoren te beschrijven.

nr	Vraag
1.C.a	Beschrijf de relatie tussen instrument gebruik en leeftijd van gebruikers
1.C.b	Beschrijf hoe het instrument op verschillende bedrijfsschalen kan worden toegepast
1.C.c	Beschrijf hoe het instrument op verschillende bedrijfstypen kan worden toegepast
1.C.d	Beschrijf de mate waarin computervaardigheid vereist is voor effectief gebruik van het instrument
1.C.e	Beschrijf op welke manier gebruik van het instrument kan bijdragen aan naleving van wetgeving of marktvereisten
1.C.f	Beschrijf op welke georganiseerde manieren potentiële nieuwe gebruikers op de hoogte kunnen (zijn ge)komen van het instrument

## 4.2 Toetsing instrument doelmatigheid

Zoals in hoofdstuk 3 beschreven is zijn voor het doel "meten en waarderen van integrale bodemkwaliteit", de soliditeit en integraliteit de belangrijkste aspecten van doelmatigheid.

In tegenstelling tot succesfactoren, zijn randvoorwaarden, sleutelfactoren en modificerende factoren voor soliditeit allemaal endogeen. De uitgever kan dus in theorie altijd de soliditeit van een instrument verbeteren als deze niet op het gewenste niveau zit. Het kan echter ook voorkomen dat de beschikbare wetenschappelijke kennis nog niet toereikend is voor een solide instrument. Zoals bij instrumenten op basis van bodem biologische metingen het geval zou kunnen zijn.

### 4.2.1 Soliditeit

Als de vragen in Tabel 4-5 niet positief beantwoord worden, is dit indicatief voor een ondermaatse onderbouwing van de informatie of adviezen die het instrument levert.

Tabel 4-5. Randvoorwaarden voor een solide instrument.

nr	Vraag
2.A.a	Maakt het instrument gebruik van waarnemingen
2.A.b	Zijn deze waarnemingen interpreteerbaar
2.A.c	Zijn streefwaardes of referentiewaardes beschikbaar van bijvoorbeeld een optimaal functionerende bodem of een "natuurlijke" bodem
2.A.d	Is onderbouwd waarom dit instrument uitspraak kan doen over de relatie van een perceelseigenschap (indicator) en een bodemfunctie of ecosysteemdienst

De sleutelfactoren helpen na te denken over de onderbouwing van een instrument (Tabel 4-6). Een korte tijdshorizon maak het makkelijker te controleren of het instrument werkt zoals bedoelt.

Tabel 4-6. Sleutelfactoren voor solide instrumenten.

nr	Vraag
2.B.a	Omschrijf de tijdshorizon waarover gebruik van het instrument meetbaar effect heeft
2.B.b	Is de onderbouwing waar het instrument op gebaseerd is peer-reviewed of open-source/open-access?
2.B.c	Wordt duidelijk aangegeven onder welke externe factoren het instrument of de indices bruikbaar/gevalideerd zijn? Zo niet, beantwoord vragen 1_2.B.c.x
2.B.c.i	Worden klimatologische omstandigheden (temperatuur, neerslag) meegewogen in het instrument of indicator?
2.B.c.ii	Wordt het vegetatie type meegewogen in het instrument of indicator?
2.B.c.iii	Wordt topografie meegewogen in het instrument of indicator?
2.B.c.iv	Wordt de beheergeschiedenis meegewogen in het instrument?
2.B.d	Wordt omschreven bij welke inherente bodemeigenschappen het instrument bruikbaar is, of worden dergelijke eigenschappen gebruikt in het instrument?

Bij het positief beantwoorden van de modifierende factoren geeft dit aan dat het instrument breed toepasbaar is en niet snel achterhaald raakt (Tabel 4-7).

Tabel 4-7. Modifierende factoren.

nr	Vraag
2.C.a	Heeft het instrument feedbackmechanismen waarmee nieuwe inzichten verwerkt kunnen worden?

## 4.2.2 Integraliteit

Als niet aan de randvoorwaarde voor integraliteit voldaan wordt, is er geen sprake van enige integraliteit (Tabel 4-8). Vervolg vragen over integraliteit kunnen worden overgeslagen. Het instrument is uitgesloten van de categorieën "algemeen bodemkwaliteits-instrument" en "doelmatig instrument".

Tabel 4-8. Randvoorwaarde voor integraliteit

nr	Vraag
3.A.a	Levert het instrument kennis of advies over één van de volgende: bodemfuncties of ecosysteemdiensten; of perceels-, inherente- of functionele bodemeigenschappen in relatie tot bodemfuncties; of een relatie tussen bodembeheer en inherente of functionele bodemeigenschappen of ecosysteemdiensten, of bedreigingen voor inherente of functionele bodemeigenschappen of ecosysteemdiensten.

Als wel aan de randvoorwaarde voldaan wordt, dan kan de integraliteit verder beoordeeld worden met drie sleutelfactoren (Tabel 4-9). Naar mate het aantal relaties tussen functies en bodemecosysteemdiensten en relaties tussen perceelseigenschappen of beheer met functies, toeneemt, neemt ook de integraliteit toe. Hier geldt dus in principe, meer is beter (voor integraliteit).

Tabel 4-9. Sleutelfactoren voor integraliteit.

nr	Vraag
3.B.a	Wordt de kwaliteit van de bodem/bodemecosysteemdienst levering/bodembeheer afgelezen aan indicatoren?
3.B.b	Legt het instrument relaties tussen functies en bodemecosysteemdiensten
3.B.c	Legt het instrument relaties tussen bodemeigenschappen (indicatoren) of beheer en bodemfuncties



Om te kwantificeren hoe integraal een instrument is zodat deze te vergelijken is met andere instrumenten kunnen de vragen in Tabel 4-10 samen met Tabel 4-11 worden gebruikt.

*Tabel 4-10. Vragen voor het omschrijven en kwantificeren van integraliteit.*

---

nr	Vraag
1	Is het instrument gericht op (A) bodemkwaliteit, (B) bodembeheer, of (c) beiden?
2	Afhankelijk van het antwoord in de vorige vraag, ga na hoeveel van de ecosysteemdienstklassen in kolommen A en/of B van Tabel 4-11 worden bediend door het instrument
3	Dekt het instrument bodemecosysteemdiensten die niet in één van de genoemde klassen vallen, beschrijf deze dan.

---

Tabel 4-11. Ecosysteemdiensten relevant voor bodemkwaliteit en bodembeheer. De middelste kolom bevat 30 klassen, de rechter kolom bevat de 25 klassen van de korte lijst en 15 extra klassen. Gecombineerd hebben deze kolommen 35 korte-lijst klassen en 12 extra klassen. Een lege cel in kolommen A en B geeft aan dat deze dienst niet tot deze subset behoort. De ecosysteemdienst aanduidingen zijn ingekorte omschrijvingen vertaald uit (Paul et al., 2021), voor een uitgebreidere omschrijving zie (Haines-Young & Potschin, 2018).

CICES 5.1 code	Bodemkwaliteit ecosysteemdienstklassen	Door bodem beheer beïnvloedde ecosysteemdiensten
1.1.1.1	Gekweekte landplanten voor voeding	Gekweekte landplanten voor voeding
1.1.1.2	Gekweekte landplanten voor vezels	Gekweekte landplanten voor vezels
1.1.1.3	Gekweekte landplanten voor energie	Gekweekte landplanten voor energie
1.1.5.1	Wilde planten (op het land en in het water) voor voeding	
1.1.5.2	Wilde planten (op het land en in het water) voor vezels	
1.1.5.3	Wilde planten (op het land en in het water) voor energie	
2.1.1.1	Biotische sanering van afvalstoffen	Biotische sanering van afvalstoffen
2.1.1.2	Biotische filtering en buffering van afvalstoffen	Biotische filtering en buffering van afvalstoffen
2.2.1.1	Erosie beheersing	Erosie beheersing
2.2.1.3	Hydrologische cyclus en waterstroming	Hydrologische cyclus en waterstroming
2.2.2.1		Bestuiving
2.2.2.3	Biodiversiteit en habitats	Biodiversiteit en habitats
2.2.3.1	Plaaig beheersing (inclusief invasieve soorten)	Plaaig beheersing (inclusief invasieve soorten)
2.2.3.2	Ziekte beheersing	Ziekte beheersing
2.2.4.1	Bodemkwaliteit door verweringsprocessen	
2.2.4.2	Bodemkwaliteit door afbraak- en vastleggingsprocessen	Bodemkwaliteit door afbraak- en vastleggingsprocessen
2.2.5.1	Chemische toestand van zoetwaterlichamen	Chemische toestand van zoetwaterlichamen
2.2.6.1	Chemische samenstelling van atmosfeer en oceanen	Chemische samenstelling van atmosfeer en oceanen
2.2.6.2	Plaatselijke regeling van de luchttemperatuur en -vochtigheid	Plaatselijke regeling van de luchttemperatuur en -vochtigheid
3.1.1.1		Recreatie door activiteiten in de natuur
3.1.1.2		Recreatie door waarneming van de natuur
3.1.2.3		Cultuur of erfgoed van interacties met de natuur
3.1.2.4		Esthetiek van interacties met de natuur
4.2.1.1	Oppervlaktewater voor drinkwater	Oppervlaktewater voor drinkwater
4.2.1.2	Oppervlaktewater anders dan voor drinkwater	Oppervlaktewater anders dan voor drinkwater
4.2.2.1	Grondwater voor drinkwater	Grondwater voor drinkwater
4.2.2.2	Grondwater anders dan voor drinkwater	Grondwater anders dan voor drinkwater
4.3.1.1	Mineralen voor voeding	
4.3.1.2	Mineralen als materiaal	
4.3.2.2	Niet-mineralen als materiaal	
5.1.1.3	Abiotische filtering en buffering van afvalstoffen	Abiotische filtering en buffering van afvalstoffen
5.2.1.2	Beheersing van stromend water	Beheersing van stromend water
<b>Optionele ED afhankelijk van de context</b>		
1.2.1.1	Genetisch materiaal van planten om populaties mee in stand te houden	Genetisch materiaal van planten om populaties mee in stand te houden
1.2.1.2	Genetisch materiaal voor plantveredeling	Genetisch materiaal voor plantveredeling
2.1.2.3		Visuele afscherming
2.2.1.2		Beheersing van massa verplaatsingen (aardverschuivingen)
2.2.1.4		Wind bescherming
2.2.1.5		Brand bescherming
2.2.2.2		Zaadverspreiding
2.2.5.2	Chemische toestand van zout waterlichamen	Chemische toestand van zout waterlichamen
3.1.2.1		Wetenschappelijke interacties met natuur
3.1.2.2		Educatieve interacties met natuur
3.2.1.1		Symbolische waarde van natuur
3.2.1.2		Spirituele waarde van natuur
3.2.1.3		Amusementswaarde van natuur
3.2.2.1		Bestaansrecht van natuur
3.2.2.2		Erfgoedwaarde van natuur

## 5 Protocol demonstratie

Om het protocol te illustreren is het toegepast twee instrumenten. Er is gekozen voor de [OBI-tool](#) (*Open BodemIndex* z.d.) en de [Soil Navigator](#) (*soilnavigator.eu* z.d.) omdat deze instrumenten bedoeld zijn voor boeren en trachten een integrale beoordeling van de bodemkwaliteit te geven. Ook is er voor deze instrumenten gekozen omdat informatie nodig voor de beoordeling voorhanden is in de vorm van papers, factsheets, handleidingen en kennis van de auteurs (de auteurs van dit rapport hebben meegewerkt aan de ontwikkeling van de OBI-tool). De onderstaande beoordeling is louter bedoeld als illustratie van het protocol en theoretisch raamwerk en moet niet beschouwd worden als complete beoordeling van de instrumenten of validatie van het protocol (Tabel 5-1).

Tabel 5-1. Illustratieve beantwoording van toetsingsvragen voor de [OBI-tool](#), en [Soil Navigator](#). Vragen 1.C.a tot en met 1.C.f zijn niet opgenomen in de tabel. Onbekend betekent dat de informatie niet beschikbaar was voor deze illustratie.

vraag nr	Ingekorte vraag	OBI-tool	Soil Navigator
<b>Succesvolheid</b>			
1.A.a	Behoefte?	ja	ja
1.A.b	Middelen beschikbaar?	ja	ja
1.A.c	Institutioneel mogelijk	ja	ja
1.B.a	Bijdrage bedrijfsdoelstelling	ja	ja
1.B.b	Degelijk?	ja	ja
1.B.c	Gemakkelijk?	ja	ja
1.B.c.i	Snel te gebruiken?	nee	nee
1.B.c.ii	Leesbaar?	ja	ja
1.B.c.iii	Weinig tekst?	nee	nee
1.B.c.iv	Weinig tijd?	ja	ja
1.B.c.v	Geschikt medium?	onbekend	onbekend
1.B.d	Collegiale aanbeveling?	onbekend	onbekend
1.B.e.i	Wetenschappelijk?	ja	ja
1.B.e.ii	Betrouwbaar?	ja	ja
1.B.f	Lage kosten?	ja	ja
1.B.g	Past bij gewoonte?	nee	nee
1.B.h	Specifiek?	ja	onbekend
1.B.i	Goedkeuring van adviseurs	ja	onbekend
<b>Soliditeit</b>			
2.A.a	o.b.v. waarnemingen?	ja	ja
2.A.b	Interpreteerbaar?	ja	ja
2.A.c	Streef/referentie waardes?	ja, impliciet	ja, impliciet
2.A.d	Onderbouwde relaties?	ja	ja
2.B.a	Tijdhorizon?	enkele jaren	enkele jaren
2.B.b	Peer-reviewed/open source?	open-source en peer-reviewed	peer-reviewed
2.B.c	Context beschreven?	nee	ja, er wordt aangegeven in welke landen het instrument gevalideerd is.
2.B.c.i	Klimaat?	nee	ja
2.B.c.ii	Vegetatie?	ja	ja
2.B.c.iii	Topografie?	ja	ja
2.B.c.iv	Beheergeschiedenis?	ja	ja
2.B.d	Inherente bodemeigenschappen?	ja	ja
2.B.e	Geografische eigenschappen?	ja	ja
2.C.a	Feedback/update processen?	ja, een stichting die sturing geeft aan verdere ontwikkeling	onbekend
<b>Integraliteit</b>			
3.A.a	Relaties tussen eigenschappen, functies, diensten?	ja	ja
3.B.a	Relaties o.b.v. Indicatoren?	ja	ja
3.B.b	Functies-diensten?	ja	ja
3.B.c	Eigenschappen-beheer/functies?	ja	ja

## Succesvolheid

Voor beide instrumenten zijn geen openbare cijfers bekend over het aantal gebruikers maar het zal geen substantieel deel van de potentiële gebruikers zijn (alle boeren met land in Nederland). Het is dus de moeite waard om de sub vragen te stellen. Beide instrumenten voldoen aan de randvoorwaarden (1.A.x), er is vanuit de samenleving vraag naar het in standhouden en verbeteren van bodemkwaliteit, de instrumenten vereisen een computer met internet verbinding (in Nederland geen groot probleem) en informatie uit openbare bronnen (welke zelf door het instrument worden geraadpleegd) en gegevens van routinematig grondonderzoek (wat de gebruiker moet invullen of aanvullen) en er zijn geen institutionele bezwaren tegen het gebruik van deze instrumenten. Voor het juist beantwoorden van de sleutelfactor vragen voor succesvolheid (1.B.x.x) zou eigenlijk gebruikersonderzoek verricht moeten worden. Omdat het hier een illustratief voorbeeld betreft is het gebruikersonderzoek vervangen door een inschatting. Beide instrumenten zijn niet heel moeilijk te gebruiken maar vereisen wel enige inspanning. Het gebruik van de OBI-tool vereist dat men Eurofins Agro toestemming geeft analyseresultaten te delen met de tool. Een [alternatieve OBI-tool](#) (NMI, z.d.) gebruikt geen directe link met Eurofins, in plaats daarvan moet de gebruiker een pdf van een analyseverslag (ook mogelijk van andere labs) uploaden of zelf alle gegevens invullen. Beide instrumenten vereisen enige computervaardigheid. De Soil Navigator is niet in het Nederlands beschikbaar dus zal een gebruiker voldoende taalvaardig moeten zijn in één van de aangeboden talen (Duits, Deens, Engels, Frans, Italiaan, Roemeens). Beide instrumenten werken op perceelsniveau en maken gebruik van personeelsgegevens, hierom is de verwachting dat uitslagen herkenbaar zijn voor de gebruiker. Omdat de analyse voor ieder perceel opnieuw uitgevoerd moet worden, zal het makkelijker zijn voor bedrijven met een klein aantal percelen om gebruik te maken van de instrumenten. Van de twee is de OBI-tool beter bruikbaar voor bedrijven met veel percelen doordat de koppeling met Eurofins of het uploaden van pdf's (met de alternatieve tool) sneller gaat dan handmatig gegevens invullen of controleren bij de Soil Navigator.

## Soliditeit

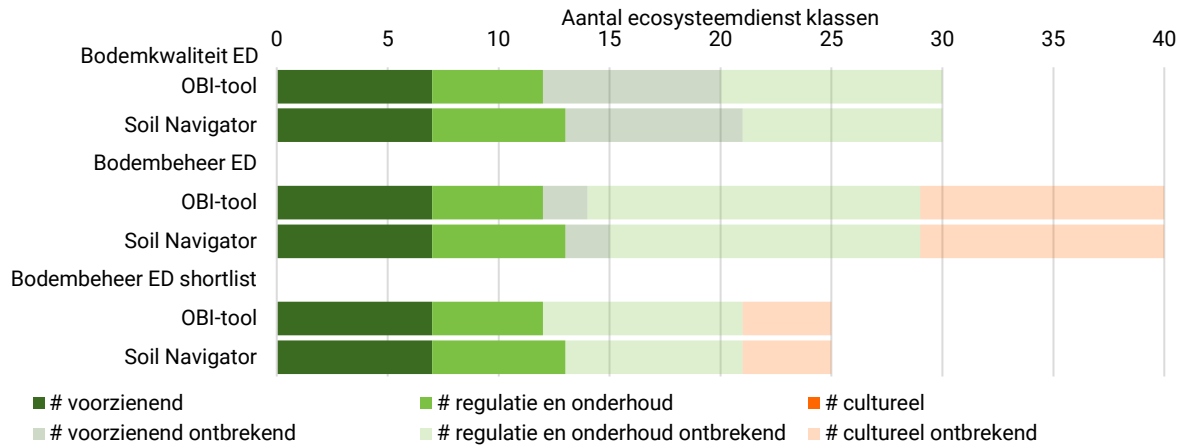
Beide instrumenten zijn nog niet heel lang operationeel. Hierdoor is niet te meten of gebruik van de instrumenten tot een verbetering in bodemkwaliteit leidt. Beide instrumenten maken gebruik van perceelhistorische, geografische, topografische en klimatologische gegevens in de berekening. Soil Navigator is echter (nog) niet gevalideerd voor gebruik in Nederland<sup>7</sup>. Het gebruik van topografische gegevens als hoogteligging en helling van een perceel zouden daardoor een vertekend beeld kunnen geven bij gebruik in Nederland. Beide instrumenten zijn ontwikkeld door een consortium van onderzoekers samen met eindgebruikers. Ook zijn beide instrumenten gepresenteerd in peer-reviewed literatuur (Debeljak et al., 2019; Ros et al., 2022). Voor Soil Navigator, zijn ook papers gepubliceerd voor de behandelde ecosysteemdienst groepen: productie (1.1.1.x, 1.1.3.x) (Sandén et al., 2019), vastlegging en bufferingsprocessen (2.2.4.x) (Schröder et al., 2016), ondergrondse biodiversiteit (2.2.2.3) (Leeuwen et al., 2019) en klimaatverandering (2.2.6.1, 5.2.1.3) (Van de Broek et al., 2019). Voor de OBI zijn van iedere onderliggende functie factsheets beschikbaar welke zijn beoordeeld door bodemkundigen. In tegenstelling tot de Soil Navigator is de Open Bodem Index Calculator (OBIC, het rekenhart van de OBI-tool) wel openbaar (Verweij et al., 2022).

---

<sup>7</sup> Soil Navigator is anno 2023 gevalideerd in Denemarken, Duitsland, Frankrijk, Ierland en Oostenrijk.

## Integraliteit

Zowel Soil Navigator als de OBI-tool stellen dat ze de bodem integraal benaderen. En dit wordt ook ondersteund door de vragen van het protocol (Tabel 5-1). Ter illustratie zijn de ecosysteemdienstklassen uit beide subsets gekwantificeerd (Figuur 5-1, Tabel 5-2).



Figuur 5-1. Aandeel van de relevante ecosysteemdienst klassen behandeld door de OBI-tool en Soil Navigator tool.

De instrumenten vertonen een grote mate van overlap in de soorten ED die ze behandelen, een groot aandeel van de voorzienende ED en geen culturele ED. Een deel van de door de instrumenten behandelde voorzienende ED klassen betreft het gebruik van oppervlaktewater en grondwater. Hier is voor gekozen omdat beide instrumenten uit en afspoeling van nutriënten in beschouwing nemen. Andere chemicaliën die invloed kunnen hebben op de kwaliteit en bruikbaarheid van water worden minder of niet door deze instrumenten in beschouwing genomen.

Tabel 5-2. Illustratieve vergelijking van kwantificatie van ecosysteemdienstklassen behandeld door de OBI-tool en Soil Navigator. "r&o" = Regulatie en onderhoud.

sectie	CICES v5.1 code	omschrijving	bodem-gerelateerd	beïnvloed door bodem-beheer	OBI-tool	Soil Navigator	
voorzienend	1.1.1.1	Gekweekte landplanten voor voeding	x	x	x	x	
voorzienend	1.1.1.2	Gekweekte landplanten voor vezels	x	x	x	x	
voorzienend	1.1.1.3	Gekweekte landplanten voor energie	x	x	x	x	
voorzienend	1.1.5.1	Wilde planten (op het land en in het water) voor voeding	x				
voorzienend	1.1.5.2	Wilde planten (op het land en in het water) voor vezels	x				
voorzienend	1.1.5.3	Wilde planten (op het land en in het water) voor energie	x				
voorzienend	4.2.1.1	Oppervlaktewater voor drinkwater	x	x	x	x	
voorzienend	4.2.1.2	Oppervlaktewater anders dan voor drinkwater	x	x	x	x	
voorzienend	4.2.2.1	Grondwater voor drinkwater	x	x	x	x	
voorzienend	4.2.2.2	Grondwater anders dan voor drinkwater	x	x	x	x	
voorzienend	4.3.1.1	Mineralen voor voeding	x				
voorzienend	4.3.1.2	Mineralen als materiaal	x				
voorzienend	4.3.2.2	Niet-mineralen als materiaal	x				
r&o	2.1.1.1	Biotische sanering van afvalstoffen	x	x			
r&o	2.1.1.2	Biotische filtering en buffering van afvalstoffen	x	x			
r&o	2.2.1.1	Erosie beheersing	x	x			
r&o	2.2.1.3	Hydrologische cyclus en waterstroming	x	x	x	x	
r&o	2.2.2.1	Bestuiving		x			
r&o	2.2.2.3	Biodiversiteit en habitats	x	x		x	
r&o	2.2.3.1	Plaag beheersing (inclusief invasieve soorten)	x	x			
r&o	2.2.3.2	Ziekte beheersing	x	x	x		
r&o	2.2.4.1	Bodemkwaliteit door verweringsprocessen	x		x	x	
r&o	2.2.4.2	Bodemkwaliteit door afbraak- en vastleggingsprocessen	x	x	x	x	
r&o	2.2.5.1	Chemische toestand van zoetwaterlichamen	x	x	x	x	
r&o	2.2.6.1	Chemische samenstelling van atmosfeer en oceanen	x	x		x	
r&o	2.2.6.2	Plaatselijke regeling van de luchttemperatuur en -vochtigheid	x	x			
r&o	5.1.1.3	Abiotische filtering en buffering van afvalstoffen	x	x			
r&o	5.2.1.2	Beheersing van stromend water	x	x			
cultureel	3.1.1.1	Recreatie door activiteiten in de natuur		x			
cultureel	3.1.1.2	Recreatie door waarneming van de natuur		x			
cultureel	3.1.2.3	Cultuur of erfgoed van interacties met de natuur		x			
cultureel	3.1.2.4	Esthetiek van interacties met de natuur		x			
<b>Voor bodembeheer optionele klassen afhankelijk van de context</b>							
voorzienend	1.2.1.1	Genetisch materiaal van planten om populaties mee in stand te houden	x	x			
voorzienend	1.2.1.2	Genetisch materiaal voor plantveredeling	x	x			
r&o	2.1.2.3	Visuele afscherming		x			
r&o	2.2.1.2	Beheersing van massa verplaatsingen (aardverschuivingen)		x			
r&o	2.2.1.4	Wind bescherming		x			
r&o	2.2.1.5	Brand bescherming		x			
r&o	2.2.2.2	Zaadverspreiding		x			
r&o	2.2.5.2	Chemische toestand van zout waterlichamen	x	x			
cultureel	3.1.2.1	Wetenschappelijke interacties met natuur		x			
cultureel	3.1.2.2	Educatieve interacties met natuur		x			
cultureel	3.2.1.1	Symbolische waarde van natuur		x			
cultureel	3.2.1.2	Spirituele waarde van natuur		x			
cultureel	3.2.1.3	Amusementswaarde van natuur		x			
cultureel	3.2.2.1	Bestaansrecht van natuur		x			
			Som	30	40	12	13

## Conclusie

Zonder een goed gebruikersonderzoek is het niet goed te zeggen welke factoren belemmerend zijn voor succesvolle overname van de instrumenten door gebruikers. Het lijkt er wel op dat beide instrumenten voldoen aan de randvoorwaarden. Dus, beide instrumenten hoeven niet direct afgeschreven te worden. Om concreet te achterhalen welke ontbrekende sleutelfactoren in de weg staan van succesvolheid is gedegen gebruikersonderzoek nodig.

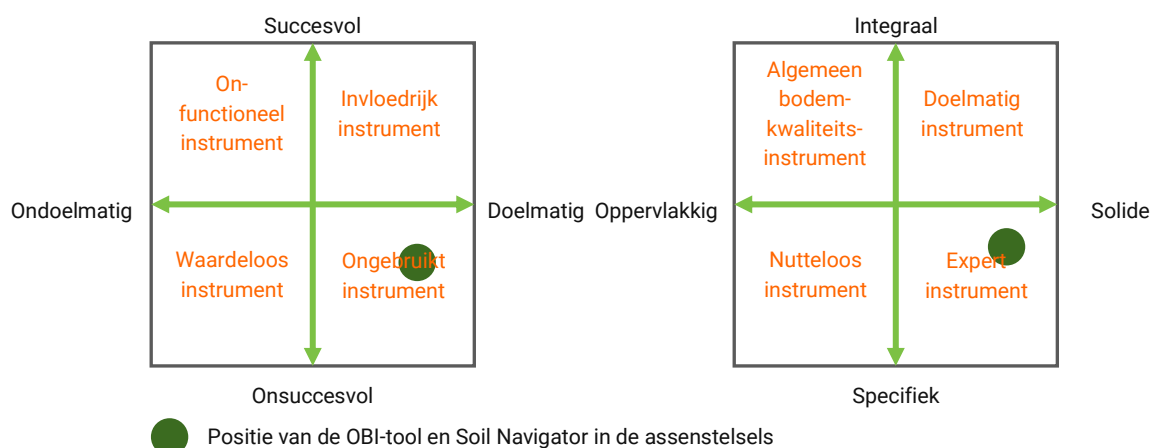
De instrumenten hebben een vergelijkbare mate van onderbouwing maar er zijn wel onderlinge verschillen die de keuze tussen één van beiden kunnen bepalen. De Soil Navigator heeft een uitgebreidere peer-reviewed basis. Ook is Soil Navigator in meer landen gevalideerd, maar, in

tegenstelling tot de OBI-tool, niet in Nederland. Het rekenhart van de OBI-tool is bovendien open-source, en dus door iedereen te controleren en verbeteren is. Daarnaast is het beheer van de OBI-tool in handen van een stichting, wat de continuïteit en relevantie van het instrument moet waarborgen.

Beide instrumenten hebben een sterke focus op voorzienende ED. Culturele diensten worden in beide instrumenten niet in beschouwing genomen. De diensten in de sectie regulatie en onderhoud welke wel door de instrumenten bediend worden, hebben veelal betrekking tot nutriënten en zijn ondersteunend of aanpalend aan primaire productie, zoals ziekte beheersing en zoetwaterlichaam kwaliteit<sup>8</sup>. De Soil Navigator geeft wel meer informatie over ondergrondse biodiversiteit en de uitstoot van broeikasgassen (N<sub>2</sub>O en CO<sub>2</sub>) dan de OBI-tool.

Beide instrumenten kunnen qua doelmatigheid (integraliteit X soliditeit) worden geclassificeerd als "Expert instrument" neigend naar "Doelmatig instrument" omdat er qua integraliteit nog ruimte voor verbetering is. Het veronderstelde lage gebruik van de instrumenten en redelijke doelmatigheid maakt dat deze instrumenten te classificeren zijn als "Ongebruikt instrument" (Figuur 5-2).

Een grote mate van integraliteit zou verkregen kunnen worden door functies op te nemen over het afbreken of bufferen van afvalstoffen, biodiversiteit en bestuiving en culturele diensten. Er moet uiteraard wel vraag zijn naar het toevoegen van zulke ED klassen aan een instrument(tarium). In andere woorden, het vergroten van de integraliteit moet niet een doel op zich zijn, want dit zou de succesvolheid of soliditeit kunnen schaden.



Figuur 5-2. Positie van de OBI-tool en Soil Navigator in de assenstelsels "succesvolheid X doelmatigheid" en "integraliteit X soliditeit".

Door de grote mate van overlap lijkt het weinig zinnig om beide instrumenten naast elkaar te gebruiken. De instrumenten hebben echter wel elk een andere insteek welke bepalend zou kunnen zijn voor een keuze tussen in van beiden. De OBI is gericht op het kwantitatief beoordelen van agrarische bodems en bodembeheer. Soil Navigator is ontwikkeld voor een beoordeling van vijf bodemfuncties welke relevant zijn bij duurzaam bodembeheer.

<sup>8</sup> Zoetwaterlichaam kwaliteit wordt beïnvloed door uit en afspoeling van nutriënten, minder uit en afspoeling is goed voor de waterkwaliteit en goed voor de productie door een hogere beschikbaarheid van nutriënten.

## 6 Vooruitblik

Dit protocol is ontwikkeld om bodemkwaliteits- en bodembeheerinstrumenten te beschrijven, vergelijken en waarderen voor hun bruikbaarheid bij integraal duurzaam bodembeheer. Met dit protocol kunnen overheden en marktpartijen op transparante en onderbouwde wijze sturing geven aan welke instrumenten verdere ontwikkeling en integratie verdienen. Ook kan met het protocol worden onderzocht welke aspecten van integrale bodemkwaliteit nog onvoldoende ingebed zijn in bestaande instrumenten wat tot aanbevelingen kan leiden voor de ontwikkeling van nieuwe instrumenten.

Het is aan te bevelen om alvorens (door)ontwikkeling van een instrument het protocol te gebruiken, om na te gaan of de benodigde factoren voor succesvolheid en soliditeit aanwezig (zullen) zijn. Zo kan voorkomen worden dat energie gestoken wordt in instrumenten met een lage kans op invloed.

Dergelijke ex-ante analyse is ook bruikbaar om te achterhalen of de beoogde ontwikkeling bij zal dragen aan de dekking van ecosysteemdiensten in het bestaande instrumentarium, mits integraliteitstoetsingscores van andere instrumenten beschikbaar zijn.

## Dankwoord

De auteurs bedanken Rachel Creamer voor het waardevolle gesprek over het theoretisch raamwerk van de beoordelingsprocedure en Howard Koster voor diens opmerkingen op de protocol demonstratie.



# Literatuur

- Bünemann EK, Bongiorno G, Bai Z, Creamer RE, De Deyn G, de Goede R, Fleskens L, Geissen V, Kuyper TW, et al.** (2018). *Soil quality – A critical review*. *Soil Biology and Biochemistry* 120: 105-25.
- de Haan JJ, van den Elsen E, & Visser SM** (2021). *Evaluatie van de Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN), versie 1.0; BLN, versie 1.1 en de schets van een ontwikkelpad naar een BLN, versie 2.0*. Rapport WPR-883. Wageningen: Wageningen Research.
- Debeljak M, Trajanov A, Kuzmanovski V, Schröder J, Sandén T, Spiegel H, Wall DP, Van de Broek M, Rutgers M, et al.** (2019). *A Field-Scale Decision Support System for Assessment and Management of Soil Functions*. *Frontiers in Environmental Science*. Vol. 7.
- FAO** (2017). *Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Haines-Young R & Potschin M** (2018). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 Guidance on the Application of the Revised Structure*. Nottingham: Fabis Consulting Ltd.
- Leeuwen JPV, Creamer RE, Cluzeau D, Debeljak M, Gatti F, Henriksen CB, Kuzmanovski V, Menta C, Pérès G, et al.** (2019). *Modeling of Soil Functions for Assessing Soil Quality : Soil Biodiversity and Habitat Provisioning 7* (August): 1-13.
- MacPherson J, Paul C, & Helming K** (2020). *Linking Ecosystem Services and the SDGs to Farm-Level Assessment Tools and Models*. *Sustainability* 12 (16): 6617.
- McCown RL** (2001). *Learning to bridge the gap between science-based decision support and the practice of farming: evolution in paradigms of model-based research and intervention from design to dialogue*. *Australian Journal of Agricultural Research* 52 (5): 549-72.
- NMI z.d. OBI-tool**. Geraadpleegd 9 mei 2023. <https://obi.nmi-agro.nl/tool>.
- Open BodemIndex z.d.** Geraadpleegd 9 mei 2023. <https://tools.wenr.wur.nl/obi/>.
- Paul C, Kuhn K, Steinhoff-Knopp B, Weißhuhn P, & Helming K** (2021). *Towards a Standardization of Soil-Related Ecosystem Service Assessments*. *European Journal of Soil Science* 72 (4): 1543-58.
- Riechelman WH, van den Dool KCH, Molendijk LPG, De Haan JJ, & Ros GH** (2021). *QuickScan bodemtools en -datasystemen Een analyse van tools om de bodemkwaliteit integraal te beoordelen*. Rapport 1819.N.20. Wageningen: Nutriënten Management Instituut BV.
- Rinot O, Levy GJ, Steinberger Y, Svoray T, & Eshel G** (2019). *Soil health assessment: A critical review of current methodologies and a proposed new approach*. *Science of the Total Environment* 648: 1484-91.
- Ros GH, de Haan JJ, & Molendijk LPG** (2023). *Bodemwaardering voor ecosysteemdiensten*. In prep. Wageningen.
- Ros GH, Verweij SE, Janssen SJC, De Haan J, & Fujita Y** (2022). *An Open Soil Health Assessment Framework Facilitating Sustainable Soil Management*. *Environmental Science & Technology*, november.
- Rose DC, Sutherland WJ, Parker C, Lobley M, Winter M, Morris C, Twining S, Ffoulkes C, Amano T, et al.** (2016). *Decision support tools for agriculture: Towards effective design and delivery*. *Agricultural Systems* 149 (november): 165-74.
- Sandén T, Trajanov A, Spiegel H, Kuzmanovski V, Saby NPA, Picaud C, Henriksen CB, & Debeljak M** (2019). *Development of an Agricultural Primary Productivity Decision Support Model: A Case Study in France*. *Frontiers in Environmental Science* 7.
- Schröder JJ, Schulte RPO, Creamer RE, Delgado A, van Leeuwen J, Lehtinen T, Rutgers M, Spiegel H, Staes J, et al.** (2016). *The Elusive Role of Soil Quality in Nutrient Cycling: A Review*. *Soil Use and Management* 32 (4): 476-86.
- soilnavigator.eu z.d.** Geraadpleegd 9 mei 2023. <http://soilnavigator.eu/>.
- Sumberg J** (2005). *Constraints to the Adoption of Agricultural Innovations: Is it Time for a Re-Think?* *Outlook on Agriculture* 34 (1): 7-10.
- Van de Broek M, Henriksen CB, Ghaley BB, Lugato E, Kuzmanovski V, Trajanov A, Debeljak M, Sandén T, Spiegel H, et al.** (2019). *Assessing the Climate Regulation Potential of Agricultural Soils Using a Decision Support Tool Adapted to Stakeholders' Needs and Possibilities*. *Frontiers in Environmental Science* 7.
- Verweij S, Ros G, Fujita Y, & Riechelman B** (2022). *OBIC: Calculate the Open Bodem Index (OBI) Score*. <https://CRAN.R-project.org/package=OBIC2.0.1>.

**Vogel H-J, Bartke S, Daedlow K, Helming K, Kögel-Knabner I, Lang B, Rabot E, Russell D, Stöbel B, et al. (2018).** *A Systemic Approach for Modeling Soil Functions*. SOIL 4 (1): 83-92.

**Wade J, Culman SW, Gasch CK, Lazcano C, Maltais-Landry G, Margenot AJ, Martin TK, Potter TS, Roper WR, et al. (2022).** *Rigorous, Empirical, and Quantitative: A Proposed Pipeline for Soil Health Assessments*. Soil Biology and Biochemistry 170 (juli): 108710.

Foto voorblad: **WH Riechelmann** (13 juli 2022)

# Bijlagen

*Bijlage i. Ecosysteemdienstklassen in CICES v5.1 (Haines-Young & Potschin, 2018) met vereenvoudigde klasse namen uit (Paul et al., 2021) wie ook het aantal peer-reviewed bodemecosysteemdienstbeoordelingen hebben geteld waarin elke klasse is opgenomen (kolom Rev. Nr) en dit hebben gebruikt om klassen te categoriseren op hun relevantie (kolom categorie). Waarbij A = enige wetenschappelijke consensus, B = relevantie wordt besproken, C & D = waarschijnlijk niet relevant of in geen van de 11 papers aan bod gekomen. De kolommen Bodem gerelateerd en Bodembeheer geven met "TRUE" aan of Paul et al. (2021) een ecosysteemdienstklasse als gerelateerd aan de bodem beschouwen of dat deze wordt beïnvloed door bodembeheer. De kolom Korte lijst geeft met "TRUE" aan of een ecosysteemdienstklasse altijd relevant is voor bodem gerelateerde ecosysteemdienstbeoordelingen volgens Paul et al. (2021) of niet (FALSE).*

CICES-code	Vereenvoudigde klasse naam	Rev. nr	Bodem gerelateerd	Bodem beheer	Korte lijst	Categorie
1.1.1.1	Cultivated terrestrial plants for nutrition	11	TRUE	TRUE	TRUE	A
1.1.1.2	Cultivated terrestrial plants for materials	11	TRUE	TRUE	TRUE	A
1.1.1.3	Cultivated terrestrial plants for energy	11	TRUE	TRUE	TRUE	A
1.1.2.1	Cultivated aquatic plants for nutrition	0			TRUE	D
1.1.2.2	Cultivated aquatic plants for materials	0			TRUE	D
1.1.2.3	Cultivated aquatic plants for energy	0			TRUE	D
1.1.3.1	Reared animals for nutrition	1			TRUE	C
1.1.3.2	Reared animals for materials	1			TRUE	C
1.1.3.3	Reared animals for energy (including mechanical)	1			TRUE	C
1.1.4.1	Reared aquatic animals for nutrition	0			TRUE	D
1.1.4.2	Reared aquatic animals for materials	0			TRUE	D
1.1.4.3	Reared aquatic animals for energy	0			TRUE	D
1.1.5.1	Wild plants (terrestrial and aquatic) for nutrition	10	TRUE		TRUE	A
1.1.5.2	Wild plants (terrestrial and aquatic) for materials	10	TRUE		TRUE	A
1.1.5.3	Wild plants (terrestrial and aquatic) for energy	10	TRUE		TRUE	A
1.1.6.1	Wild animals (terrestrial and aquatic) for nutrition	2			TRUE	C
1.1.6.2	Wild animals (terrestrial and aquatic) for materials	2			TRUE	C
1.1.6.3	Wild animals (terrestrial and aquatic) for energy	1			TRUE	C
1.2.1.1	Genetic material from plants to maintain populations	3	TRUE	TRUE	FALSE	B
1.2.1.2	Genetic material from plants for breeding	3	TRUE	TRUE	FALSE	B
1.2.1.3	Genetic material from plants for designing organism	3			TRUE	B
1.2.2.1	Genetic material from animals to maintain populations	3			TRUE	B
1.2.2.2	Genetic material from animals for breeding	3			TRUE	B
1.2.2.3	Genetic material from animals for designing organism	3			TRUE	B
1.3.X.X						
2.1.1.1	Biotic remediation of waste	8	TRUE	TRUE	TRUE	B
2.1.1.2	Biotic filtration, sequestration, and storage of waste	8	TRUE	TRUE	TRUE	B
2.1.2.1	Smell reduction	0			TRUE	D
2.1.2.2	Noise attenuation	0			TRUE	D
2.1.2.3	Visual screening	1		TRUE	FALSE	C
2.2.1.1	Erosion control	7	TRUE	TRUE	TRUE	B
2.2.1.2	Mass movement control	1		TRUE	FALSE	C
2.2.1.3	Hydrological cycle and flood control	11	TRUE	TRUE	TRUE	A
2.2.1.4	Wind protection	0		TRUE	FALSE	D
2.2.1.5	Fire protection	1		TRUE	FALSE	C
2.2.2.1	Pollination	2		TRUE	TRUE	C
2.2.2.2	Seed dispersal	1		TRUE	FALSE	C
2.2.2.3	Nursery populations and habitats	9	TRUE	TRUE	TRUE	A

2.2.3.1	Pest control (including invasive species)	8	TRUE	TRUE	TRUE	B
2.2.3.2	Disease control	8	TRUE	TRUE	TRUE	B
2.2.4.1	Soil quality by weathering processes	7	TRUE		TRUE	B
2.2.4.2	Soil quality by decomposition and fixing processes	8	TRUE	TRUE	TRUE	B
2.2.5.1	Chemical condition of freshwaters	7	TRUE	TRUE	TRUE	B
2.2.5.2	Chemical condition of salt waters	7	TRUE	TRUE	FALSE	B
2.2.6.1	Chemical composition of atmosphere and oceans	11	TRUE	TRUE	TRUE	A
2.2.6.2	Local regulation of air temperature and humidity	4	TRUE	TRUE	TRUE	B
2.3.X.X						
3.1.1.1	Recreation through activities in nature	7		TRUE	TRUE	B
3.1.1.2	Recreation through observation of nature	7		TRUE	TRUE	B
3.1.2.1	Scientific interactions with nature	7		TRUE	FALSE	B
3.1.2.2	Education and training interactions with nature	5		TRUE	FALSE	B
3.1.2.3	Culture or heritage from interactions with nature	8		TRUE	TRUE	B
3.1.2.4	Aesthetics from interactions with nature	7		TRUE	TRUE	B
3.2.1.1	Symbolic meaning of nature	3		TRUE	FALSE	B
3.2.1.2	Spiritual meaning of nature	3		TRUE	FALSE	B
3.2.1.3	Entertainment value of nature	2		TRUE	FALSE	C
3.2.2.1	Existence value of nature	3		TRUE	FALSE	B
3.2.2.2	Option or bequest value of nature	3		TRUE	FALSE	B
3.3.X.X						
4.2.1.1	Surface water for drinking	6	TRUE	TRUE	TRUE	B
4.2.1.2	Surface water for non-drinking purposes	6	TRUE	TRUE	TRUE	B
4.2.1.3	Surface freshwater for energy	0			TRUE	D
4.2.1.4	Coastal and marine water for energy	0			TRUE	D
4.2.2.1	Ground water for drinking	6	TRUE	TRUE	TRUE	B
4.2.2.2	Ground water for non-drinking purposes	6	TRUE	TRUE	TRUE	B
4.2.2.3	Ground water for energy	0			TRUE	D
4.2.X.X						
4.3.1.1	Mineral substances for nutrition	3	TRUE		TRUE	B
4.3.1.2	Mineral substances for materials	9	TRUE		TRUE	A
4.3.1.3	Mineral substances for energy	1			TRUE	C
4.3.2.1	Non-mineral substances for nutrition	1			TRUE	C
4.3.2.2	Non-mineral substances for materials	1	TRUE		TRUE	C
4.3.2.3	Wind energy	0			TRUE	D
4.3.2.4	Solar energy	0			TRUE	D
4.3.2.5	Geothermal energy	0			TRUE	D
4.3.2.6						
5.1.1.1	Dilution of waste by water	0			TRUE	D
5.1.1.2	Dilution of waste by atmosphere	0			TRUE	D
5.1.1.3	Abiotic filtration, sequestration, and storage of waste	11	TRUE	TRUE	TRUE	A
5.1.2.1	Abiotic mediation of non-waste nuisances	0			TRUE	D
5.2.1.1	Control of mass flows	1			TRUE	C
5.2.1.2	Control of liquid flows	11	TRUE	TRUE	TRUE	A
5.2.1.3	Control of gaseous flows	5			TRUE	B
5.2.2.1	Regulation of abiotic conditions	1			TRUE	C
5.3.X.X						
6.1.1.1	Recreational interactions with abiotic nature	7			TRUE	B
6.1.2.1	Intellectual interactions with abiotic nature	6			TRUE	B
6.2.1.1	Symbolic and spiritual meaning of abiotic nature	7			TRUE	B
6.2.2.1						
6.3.X.X						



**Nutriënten Management Instituut BV**  
**Nieuwe Kanaal 7c**  
**6709 PA Wageningen**

tel: (06) 29 03 71 03  
e-mail: [nmi@nmi-agro.nl](mailto:nmi@nmi-agro.nl)  
website: [www.nmi-agro.nl](http://www.nmi-agro.nl)