

Visies op ecosystemen in onderwijs en onderzoek

René Westra, Kerst Boersma, Elwin Savelsbergh, Arend Jan Waarlo
Freudenthal Instituut voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen
Universiteit Utrecht

Samenvatting

Inzicht in het gedrag van ecosystemen is van belang voor iedereen die te maken krijgt met zaken op het gebied van natuurbehoud en -beheer, voor iedere burger dus. Binnen de ecologie als wetenschap ontwikkelden zich verschillende, soms strijdige, visies op het gedrag van ecosystemen, die leidden tot verschillende opvattingen over natuurbehoud en -beheer. Hoewel sommige visies verouderd zijn, blijken deze in de praktijk van het natuurbeheer nog een rol te spelen. Ons onderzoek is opgezet vanuit het vermoeden dat dit ook in het onderwijs het geval zou kunnen zijn. Om dit vermoeden te toetsen, analyseerden we het VWO-examenprogramma en enkele leerboeken. Ook vergeleken we de ecologische visies van docenten met die van ecologen die als onderzoeker werkzaam zijn. We vonden in het examenprogramma en in de leerboeken nauwelijks sporen van de hedendaagse ecologische theorievorming. Tussen docenten en onderzoekers vonden we flinke verschillen in visie. Leraren neigden meer naar verouderde visies en waren veel minder consistent in hun visie dan ecologen.

1. Inleiding

Bij het onderwijzen of het onderzoeken van een complex onderwerp als ecologie maakt men onvermijdelijk keuzen. Die keuzen worden gemaakt vanuit een visie, die ontstaat vanuit een bepaald perspectief (Roegholt, 1995, p. 29). In de ecologie worden verschillende visies op het functioneren van ecosystemen en daarmee samenhangende concepten gehanteerd (De Jong, 2002). Het handelen van mensen op terreinen waar ecologie een rol speelt (in de zuivere wetenschap, maar vooral in de toegepaste ecologie) wordt in belangrijke mate bepaald door de visie die zij hebben op ecosystemen. In de dagelijkse praktijk van het ecologisch onderzoek en de daaruit voortvloeiende beleidsmaatregelen (natuurbeheer, -behoud en -ontwikkeling) blijken (elementen uit) verschillende visies naast elkaar voor te komen. Dit kan leiden tot verhitte discussies, bijvoorbeeld over beheersmaatregelen bij kokkelvisserij (Woestenburg, 2004), natuurontwikkeling in de uiterwaarden (Van der Windt, 1995) of beheer van grote grazers in de Oostvaardersplassen (Aarden, 2005). Doordat de discussianten vaak hun visie, hun definities van begrippen en emoties en vooronderstellingen die ook een rol spelen, niet expliciteren, is er niet altijd sprake van een zuivere discussie (De Jong, 2002). De relevantie van het onderwerp ecologie in de bovenbouw van het voortgezet onderwijs berust in ieder geval voor een deel hierop, dat leerlingen beter toegerust raken om een gefundeerd standpunt in te nemen in dergelijke discussies. In veel landen, waaronder Nederland, is er in de 'science education' een ontwikkeling te constateren, waarbij de nadruk verschuift van voorbereiding op een natuurwetenschappelijke carrière naar 'burgerschapontwikkeling' (Ben-Zvi Assaraf

& Orion, 2005). Het is daarvoor wel van belang dat de visie waarop het onderwijs gebaseerd is verenigbaar is met hedendaagse wetenschappelijke inzichten in het verloop van ecologische processen.

In dit artikel geven we eerst een overzicht van de verschillende visies op ecosystemen in de literatuur en de historische ontwikkeling daarin. Vervolgens analyseren we het voorkomen van de verschillende visies in examenprogramma's, leerboeken en examens en tenslotte vergelijken we de visies van een groep docenten met die van een groep ecologen die werkzaam zijn in het onderzoek.

2. De verschillende visies op ecosystemen¹

Vrijwel alle ecologen zijn het er tegenwoordig over eens dat een ecosysteem een echt systeem is. Dat houdt in een (min of meer) begrensde eenheid, opgebouwd uit componenten die met elkaar in relatie staan, en die eigenschappen heeft die niet zijn af te leiden uit de eigenschappen van de componenten: emergente eigenschappen. Stofstroom en nichevulling zijn voorbeelden van zulke eigenschappen op het niveau van het ecosysteem. Er is een hiërarchische structuur, in die zin dat systeemcomponenten (organisatieniveaus zoals populaties en organismen) zelf ook weer als systeem zijn te beschrijven. Binnen deze globale consensus zijn echter verschillende visies te onderscheiden: de holistische, de cybernetische, de dynamische en de chaotische.

De holistische visie

Vanaf de jaren '20 van de vorige eeuw ontwikkelde zich een holistische visie. Een ecosysteem werd daarin gezien als een 'organische eenheid' waarin zich onweerstaanbaar een ontwikkeling afspeelt in de richting van een natuurlijk evenwicht, dat zichzelf kan handhaven zolang er geen (menselijke) verstoringen optreden (Smuts, 1973). De vooraanstaande ecooloog Elton ging er vanuit dat het 'gedrag' van een ecosysteem volledig werd bepaald door de complexe interacties van de aanwezige populaties binnen dit systeem en omgekeerd dat het 'gedrag' van die populaties werd bepaald door het systeem (Maynard Smith, 1974). Daarbij pasten ook ideeën als 'functies' van groepen organismen in een ecosysteem en 'regulatie', waardoor een 'natuurlijk evenwicht' werd bereikt en gehandhaafd (homeostase van ecosystemen). Het perspectief kenmerkt zich door een beeld van het ecosysteem als ware het een 'functionerend individu', alle afzonderlijke organismen worden geïntegreerd tot een eenheid. In aansluiting hierop werkt de algemene systeemtheorie (Von Bertalanffy, 1968) de gedachte uit, dat men bij een ecosysteem kan spreken van een systeem dat in open contact staat met de omgeving, waarbij vooral veel aandacht dient uit te gaan naar de *samenstelling* van de systeemonderdelen en hun onderlinge *relaties*.

De cybernetische visie

In de cybernetische visie, die in de jaren '30 van de vorige eeuw haar oorsprong vond, ligt veel meer de nadruk op de *werking* van het ecosysteem. Belangrijk zijn controle en uitwisseling van informatie in het systeem, dat een meer gesloten karakter heeft. Anders dan in de holistische visie is de achtergrond meer mechanisch: er wordt geen onderscheid gemaakt tussen een

ecosysteem en een machine (Wiener, 1948). Handhaven van evenwicht (regulatie) verloopt hier via feedback -regelkringen. In deze visie is veel belangstelling voor stof - en energiestromen in ecosystemen. Na de Tweede Wereldoorlog leidde dit in het International Biological Program, vooral in de Verenigde Staten, tot kwantitatieve beschrijvingen van ecosystemen (Odum & Odum, 1959).

Zowel de holistische als de cybernetische visie zijn te herleiden tot een romantisch perspectief, waarin de natuur als een organisch samenhangend geheel gezien wordt (Kwa, 2002). Daarna kwam een meer barok perspectief op, dat ervan uitgaat dat organismen in een bepaald gebied niet meer dan 'tafelgenoten' zijn en elkaar daarbij beïnvloeden. Die invloed doet zich slechts voor op individueel niveau. In een voedselweb gaat het om individuele relaties, die ruimtelijk en temporeel kunnen variëren (Pimm, 1991) Niet *elk* konijn wordt op *ieder* moment opgegeten door een vos. In het barokke perspectief is sprake van een verplaatsing van interesse van het ecosysteem naar het individuele organisme. Een individu is niet werkelijk verbonden met andere individuen, maar heeft wel invloed op hen (Leibniz, 1991). Zowel de dynamische als de chaotische visie, die hieronder aan de orde komen, ontwikkelden zich vanuit een barok perspectief.

De aandacht voor het individuele niveau werd versterkt door de samenwerking die vanaf 1950 optrad tussen de voorheen gescheiden vakgebieden populatiegenetica en populatiedynamica (Kingsland, 1985) en door de ontwikkeling van computers, die het mogelijk maakten de lotgevallen van groepen afzonderlijke individuen door te rekenen, die heterogeen zijn in genetische samenstelling, leeftijd en ruimtelijke verdeling.

De dynamische visie

De dynamische visie gaat ervan uit dat ecosystemen niet in evenwicht zijn. De aarde is geen gesloten systeem, er wordt energie van buiten aan toegevoerd. Evenwicht is slechts schijn, veroorzaakt door de beperkte tijdschaal waarop wij waarnemen. Deze visie wordt onderbouwd door de evolutietheorie, waarin voortdurende, meestal langzaam optredende, veranderingen van de omgeving en aanpassing daaraan door de aanwezige organismen, centraal staan. Dit leidt op langere termijn tot een dynamische ontwikkeling, waarin het fundamenteel onmogelijk is om te bepalen wat de toestand van het ecosysteem zal worden. Er kan tijdelijk evenwicht ontstaan, maar dit evenwicht wordt vaak verstoord door toevallige veranderingen (Botkin, 1990). *Ontwikkeling (dynamiek)* is hier veel meer het centrale begrip dan *evenwicht*.

De chaotische visie

Uit theoretisch werk (May, 1976) werd duidelijk dat grillige fluctuaties die in ecosystemen gevonden kunnen worden, niet alleen worden veroorzaakt door onvoorspelbare veranderingen van de omgeving, maar ook besloten kunnen liggen in de interne dynamiek van het systeem. May bouwde volledig deterministische modellen zonder verandering in milieufactoren. Kleine veranderingen in de uitgangswaarden (bij voorbeeld in de groeicijfers van populaties) konden leiden tot hevige fluctuaties in aantallen. Het doen van realistische voorspellingen werd onmogelijk. De chaotische visie is een variant op de dynamische

Tabel 1. Visies op het ecosystemen en hun kenmerken.

Aspect	Holistisch (Ho)	Cybernetisch (Cy)	Dynamisch (Dy)	Chaotisch (Ch)
gebruikte metafoor voor het begrip ecosysteem	(zich ontwikkelend als) een organisme	machine	toevallig; voortdurende beweging	mobile; rust en dan plotse beweging
aard van het systeem	open systeem	gesloten systeem	open systeem	open systeem
ontwikkeling	gericht: van eenvoudig (weinig diversiteit) naar complex (veel diversiteit)	er wordt een evenwicht (setpoint) bereikt en gehandhaafd; daarbij spelen terugkoppeling-mechanismen een belangrijke rol	op lange termijn onvoorspelbaar; er is geen richting van ontwikkeling aan te wijzen	een ogen-schijnlijk stabiele toestand kan plotseling en onvoorspelbaar verdwijnen (chaotisch regime), waarna zich al of niet een ander evenwicht instelt
evenwicht	complex stadium vertoont stabiel evenwicht	er is sprake van beperkte fluctuaties rond het evenwicht; grote weerstand door de terugkoppeling	tijdelijk, door evolutionaire ontwikkelingen (op lange termijn) te verstoren: geringe weerstand	tijdelijk, zelfs zonder veranderingen in de omgeving (op korte termijn) te verstoren: geringe weerstand
plaats van de mens	buitenstaander	buitenstaander	onderdeel van het ecosysteem	onderdeel van het ecosysteem
beleid en beheer	de mens is verantwoordelijk voor aantasting, maar ook in staat tot herstel en beheer van ecosystemen (b.v. als predatoren ontbreken)	de mens is in staat om terugkoppelingen te remmen en te stimuleren, daarmee verantwoordelijk voor het in stand houden van een evenwicht	monitoren; de mens kan zorgen voor goede omstandigheden, maar niet voor een à priori bepaald eindresultaat	monitoren; de mens kan trachten te zorgen voor 'goede omstandigheden', maar niet voor een à priori bepaald eindresultaat
vertegenwoordigers	Driesch, Thiennemann, Naumann, Elton, Van Eeden, Mörzer Bruijns, Westhoff	Wiener, Shannon, Lotka, Von Bertalanffy, Laszlo, Odum, Van Soest, Van Leeuwen	Darwin, Fisher, Maynard Smith, Mac Arthur, Kuenen, Van de Veen, Vera	May, Botkin, Holling, Prigogine, Stengers, Schroevers, Scheffer, Kwa

visie, met extra nadruk op onvoorspelbaarheid, gebaseerd op de chaostheorie. Naast onvoorspelbare veranderingen in de omgeving (vaak op lange termijn) doen zich ook veranderingen voor die hun oorzaak vinden in de interne dynamiek en die op korte termijn kunnen plaatsvinden. Deze visie wordt ondersteund door de dynamische systeemtheorie (Prigogine & Stengers, 1985). Die gaat ervan uit, dat er in ecosystemen een complexe open, structuur ver van een (thermodynamisch) evenwicht kan ontstaan, vanuit versterkte fluctuaties rondom een (tijdelijk) stabiele toestand (attractor). De abrupte en onvoorspelbare wijzigingen van de ene attractor naar een andere, beschrijft men aan de hand van 'bifurcatie-' of tweesprongdiagrammen. Het is fundamenteel onmogelijk om van te voren te bepalen wat de toestand van het systeem zal worden.

Veel ecologen en wetenschaphistorici gaan er vanuit dat er na de publicatie van May een 'paradigmawisseling' plaatsvond (Botkin, 1990; Budiansky, 1996). De visie van een zichzelf in stand houdend en in evenwicht verkerend (cybernetisch) ecosysteem werd vervangen door de visie van een (dynamisch of chaotisch) systeem, dat in beweging is en blijft. In tabel 1 vatten we de vier visies samen.

Onderzoeksvragen

De hoofdvraag van dit onderzoek is:

Hoe verhouden de ecologische visies die gearticuleerd worden in het voortgezet onderwijs zich tot die in de wetenschappelijke ecologie?

Wij beperken ons hier tot de bovenbouw van het vwo, waar ecologie een belangrijk onderwerp vormt. Welke visie(s) leerlingen uiteindelijk overhouden aan het ecologieonderwijs hangt af van factoren op verschillende niveaus: het formele curriculum (vastgelegd in het examenprogramma); het getoetste curriculum (via vragen in het schoolexamen en het centraal schriftelijke examen); het geschreven curriculum (vastgelegd in leerboeken); het geïnterpreteerde (mede afhankelijk van de docent) en het uitgevoerde curriculum (mede afhankelijk van de docent en van praktische randvoorwaarden); en tenslotte het ervaren curriculum (mede bepaald door de leerling)². Het laatste niveau valt buiten het bestek van dit onderzoek. Het gaat ons hier vooral om de visie die spreekt uit het aanbod (examen, lesmethoden en docenten). Voor een goed begrip van het tot stand komen van het uitgevoerde curriculum is het noodzakelijk ook de bovenliggende curriculumniveaus te analyseren.

Met het oog op eventuele curriculumvernieuwingen is het relevant te weten in hoeverre de persoonlijke opvattingen van de docent stroken met de visie die een docent uitdraagt via het geïnterpreteerde en uitgevoerde curriculum. Het is mogelijk dat een docent bij voorbeeld een dynamische visie heeft, maar daar in de les, gestuurd door het examenprogramma en de gekozen lesmethode, geen uiting aan geeft. Om de positie van de persoonlijke visies van docenten te bepalen, wordt die vergeleken met de visie(s) van ecologen die als onderzoeker werkzaam zijn en waarvan mag worden aangenomen dat zij in hun visie blijf geven van hedendaagse wetenschappelijke inzichten in het verloop van ecologische processen.

We onderscheiden daarom de volgende deelvragen:

1. Welke visie(s) komt/komen in het examenprogramma tot uitdrukking?

2. Vanuit welke visie(s) worden de vragen in de toetsen gesteld?
3. Vanuit welke visie(s) zijn de lesmethoden vormgegeven?
4. Welke visie(s) komt/komen in de onderwijspraktijk tot uitdrukking?
5. Welke visie of visies hebben docenten?
6. Hoe verhouden de visies van docenten zich tot de visie of visies van wetenschappelijke ecologen?

3. Methode

Voor het beantwoorden van deelvraag 1 (over het formele curriculum) werden de domeinen B (Structuren), D (Metabolisme) en E (Dynamiek en homeostase) van het door het Ministerie van O, C en W vastgestelde examenprogramma Vernieuwde Tweede Fase havo/vwo Biologie (Timmermans, 1996) geanalyseerd. Daarbij werd gekeken naar de in dit programma opgenomen termen en begrippen.

Voor het beantwoorden van deelvraag 2 (over het getoetste curriculum) is de inhoud van de vragen waarin ecologie centraal staat in het examen 2005-1^e tijdvak (zie http://www.nvon.nl/taxonomy_menu/3/37), bekeken. Er werd geen onderzoek gedaan naar toetsing van ecologie in het schoolexamen.

Voor het beantwoorden van deelvraag 3 (over het geschreven curriculum) werd een selectie gemaakt uit de courante Nederlandse lesmethoden. Uit een aanbod van zes lesmethodes kozen wij voor de twee meest gebruikte methoden: 'Biologie voor jou' (Smits & Waas, 2000, op 39% van de scholen gebruikt) en 'Nectar' (Maier & Van Wijk, 1999, op 37% van de scholen gebruikt). In aanvulling daarop hebben we ook de methode 'Synaps' (Pihlajamaa-Glimmerveen et al., 2000, op 2% van de scholen gebruikt) onderzocht omdat deze als vernieuwend geldt en dus wellicht tot afwijkende resultaten zou kunnen leiden.

Voor het beantwoorden van deelvraag 4 (over het geïnterpreteerde en het uitgevoerde curriculum) werden in zes 5VWO-klassen op verschillende scholen lessen geobserveerd waarin ecologie werd behandeld. De docenten zijn geïnterviewd over hun intenties bij de gegeven lessen en over de manier waarop zij deze lessen voorbereid hadden. In de lessen werd gelet op het gebruik van termen en redeneringen en de relatie van dat gebruik met het examenprogramma en de gebruikte lesmethode. Ook werd gelet op mogelijk gebruik van in het examenprogramma niet genoemde termen die passen bij moderne ecologische visies.

Voor het beantwoorden van de deelvragen 5 (over de visie van docenten) en 6 (over de visie van ecologen en het eventuele verschil met docenten) werd eerst een verkennende mondelinge enquête afgenomen bij 16 docenten biologie die lesgeven in de bovenbouw vwo, met een verdeling die wat betreft leeftijdsverdeling, geslachtsverhouding en gebruik van lesmethodes niet sterk afwijkt van landelijke cijfers (zie tabel 2).

De visies van docenten en ecologen werden onderzocht met behulp van een vragenlijst met multiple choice antwoorden. Van beide groepen geenquêterden zijn geen verdere gegevens rond leeftijd en /of geslacht verzameld. Deze docenten beantwoordden een twintigtal vragen over ecologische feiten en meningen. Deze vragen geven informatie over de visie die docenten hebben op het concept ecosysteem en daarmee samenhangende subconcepten. De gegeven antwoorden werden door de docenten mondeling toegelicht. De op cassetteband vastgelegde antwoorden op deze vragen, inclusief toelich-

Tabel 2. Een vergelijking tussen kenmerken van docenten in onze enquête en landelijke gegevens.

	Enquête	Landelijk ^a
Geslachtsverhouding	44% ♀ / 56% ♂	36% ♀ / 64% ♂
Leeftijdsverdeling		
≤ 25	6%	3%
26-35	25%	17%
36-45	19%	24%
46-55	31%	40%
56-65	19%	17%
Gebruikte methode		
Biologie voor jou	44%	39%
Nectar	44%	37%
Biologie actief	6%	12%
Synaps	6%	2%

a Uit rapport "De toekomstige arbeidsmarkt voor leraren en managers in het primair en voortgezet onderwijs: prognoses 2003-2011", p. 36 (2003) en gegevens verstrekt door uitgeverij Malmberg te 's-Hertogenbosch.

ting, werden uitgetypt, waarna op basis van de antwoorden een categorieënsysteem werd ontwikkeld. Twee personen scoorden met behulp van dit code-systeem onafhankelijk van elkaar alle antwoorden van de docenten. De intersubjectieve overeenstemming in de score werd bepaald en bedroeg 93%.

Met behulp van het categorieënsysteem uit de eerste ronde werd een meerkeuze- versie van de vragenlijst ontwikkeld die schriftelijk aan een nieuwe groep van 28 biologiedocenten werd voorgelegd (zie bijlage). De antwoorden werden met behulp van de Homals- techniek geanalyseerd.

De schriftelijke enquête die ontwikkeld was voor het achterhalen van de persoonlijke visie van docenten werd vervolgens voorgelegd aan 28 ecologen, allen werkzaam als wetenschappelijk onderzoeker bij het NIOO (Nederlands Instituut voor Ecologie³).

4. Resultaten

Visie(s) in het examenprogramma

Het huidige examenprogramma is afgeleid van eerdere versies waarvan ecologie vanaf 1974 deel uitmaakt. Pas in 1991, bij de invoering van een nieuw programma, ontwikkeld door de WEB (Werkgroep Examenprogramma's Biologie) werd ecologie opgenomen in het gedeelte van het curriculum waarover op het centraal schriftelijk examen vragen worden gesteld. In het huidige programma voor biologie 1,2 op het vwo zijn, op een totaal van 216 eindtermen, 32 eindtermen (= 14,8%) te vinden met ecologische begrippen.

Uit het programma zijn niet rechtstreeks een of meer visies af te leiden. Bij bestudering van de eindtermen, in samenhang met de begrippenlijst die hieraan ten grondslag ligt (Leendertz, 1989), blijkt echter dat vooral de stand van zaken in de ecologie tot 1960 is opgenomen. Pogingen om modernere opvat-

tingen ingang te doen vinden (Boersma & Schouw, 1988) vonden geen weerklank.

De verantwoording bij de begrippenlijst vermeldt expliciet Odum's 'Fundamentals of Ecology' (1959) als meest belangrijke bron. In overeenstemming daarmee vonden we dat de cybernetische visie nog steeds ruimschoots is vertegenwoordigd en de modernere dynamische en chaotische visie niet of nauwelijks. Er ligt veel nadruk op stofkringlopen en energiestromen.

Bij het subdomein over dynamiek staan begrippen als handhaving en verstorend van een ecosysteem en successie centraal, terwijl concepten die in de dynamische en chaotische visie essentieel zijn, zoals complexiteit, stabiliteit, biodiversiteit en (on)voorspelbaarheid in de eindtermen niet worden genoemd. Uit een vergelijking van de eindtermen van het examenprogramma in 1991 en de nu vigerende eindtermen blijkt ook dat er geen vernieuwing meer heeft plaatsgevonden. Latere aanpassingen van het programma (bij de invoering van de Tweede Fase in 1998) zijn wel te vinden in een beschrijving van de rol van de mens (zie de eindtermen 80-83 en 167-168), maar niet in een meer dynamische beschrijving van successie, van alternatieve biologische 'evenwichten' (Scheffer, 1999), van de invloeden van populaties op elkaar (b.v. twijfel over het model van de dichtheidsafhankelijke regulatie (Holling, 1987)) of van de niet eenduidige relatie tussen complexiteit en stabiliteit (Margalef, 1963; May, 1973).

Visie(s) in het centraal schriftelijk examen

Ecologie maakt een substantieel deel uit van het centraal schriftelijke examen (zie tabel 3). Daarbij wordt relatief veel aandacht besteed aan de onderdelen D (stof- en energiestromen) en E (dynamiek in ecosystemen) en vooral aan kennis van begrippen uit die onderdelen. In tabel 4 is het aandeel vragen per domein weergegeven.

Aan de ecologievragen in het centraal schriftelijk examen biologie 2005-1^e tijdvak vallen twee zaken op. In de eerste plaats is het (vanzelfsprekend) lang niet in alle gevallen mogelijk, een vraag te koppelen aan een visie. Een voorbeeld daarvan zien we bij vraag 28.

Witte klaver

[...] Het onderzoek van Turkington [over bladvorming van witte klaver onder verschillende omstandigheden: in gezelschap van soortgenoten of planten van andere soorten] heeft in eerste instantie betrekking op biotische factoren.

28. Wat is de biologische term voor de samenhang tussen de biotische factoren die Turkington heeft onderzocht?

- A concurrentie (competitie)
- B mutualisme
- C successie
- D symbiose

Tabel 3. Het percentuele aandeel van ecologie in het CSE (centraal schriftelijk examen).

jaar ^a + tijdvak	aandeel (% ecologiepunten t.o.v. het totale aantal punten ^c)
2000-1	17,7
2000-2	24,4
2001-1 (nieuwe stijl)	20,5
2001-2 (nieuwe stijl) ^b	18,6
2002-1	23,2
2002-2	20,2
2005-1	18,7
2005-2	28,8
gemiddelde + standaardafwijking	21,5 (3,74)

^a in 2003 en 2004 behoorde het grootste gedeelte van de ecologie tot de stof die voor twee jaar wordt aangewezen als stof die niet wordt gevraagd op het centraal schriftelijk examen (de zogeheten uitsluiting)

^b in 2001 waren er (gedeeltelijk) verschillende examens voor oude en nieuwe stijl biologie. De berekening is alleen uitgevoerd voor het examen nieuwe stijl.

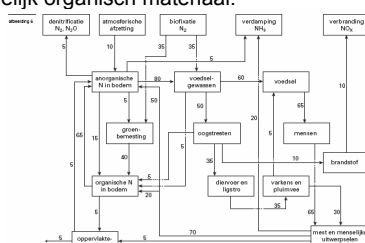
^c vragen over populatiegenetica (eindterm 163) zijn hierin opgenomen.

Tabel 4. Het percentuele aandeel van de verschillende domeinen waarin ecologie aan de orde komt in het CSE.

domein	aandeel (% van de punten in subdomein t.o.v. het totale aantal ecologiepunten)
B (Structuren)	14,8
D (Metabolisme)	40,7
E (Dynamiek en homeostase)	44,4

In de tweede plaats zijn aanwijzingen voor een bepaalde visie meestal indirect. Vaak kan slechts vastgesteld worden dat als er sprake is van een bepaalde visie, dit vooral een statische (cybernetische) visie betreft. Een voorbeeld daarvan zien we bij de vragen 14 en 15 (stikstofkringlopen in de landbouw). Dit type stroomschema is kenmerkend voor de cybernetische visie en is ontwikkeld door Odum rond 1960.

In het schema van afbeelding 6 staan de belangrijkste stikstofstromen (in kilogram stikstof per hectare per jaar) weergegeven in de traditionele intensieve landbouw in China. Om een zo hoog mogelijke inbreng van stikstof te krijgen, hergebruikten de Chinezen zoveel mogelijk organisch materiaal.



In dit schema kan men een interne stikstofkringloop in de bodem onderscheiden.

14. Welke twee compartimenten uit bovenstaand schema vormen samen de interne stikstofkringloop in de bodem?

Bij nadere bestudering van dit schema blijkt dat er sprake is van een geleidelijke opbouw van een stikstofvoorraad in de bodem.

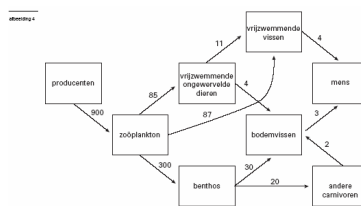
15. Bereken de hoeveelheid stikstof die in de bodem wordt opgebouwd. Noteer de eenheid.

Bij vraag 10 bestond de mogelijkheid om te vragen naar inzicht in complexe verbanden en dynamische processen. De vraag die echter feitelijk gesteld wordt, gaat veeleer uit van lineaire effecten en vereist alleen 'platte berekeningen'.

De Noordzee

Allerlei activiteiten en ingrepen van de mens hebben effect op het ecosysteem van de Noordzee. Zo is de aanvoer van zouten toegenomen door de landbouw en als gevolg van lozingen door industrie en mijnbouw. In het voorjaar kan hierdoor een explosieve ontwikkeling van algen (algenbloei) ontstaan.

In de Noordzee wordt onderzoek gedaan naar de visstand. Voor het ecosysteem van de Noordzee zijn de energiestromen in kcal per m² per jaar berekend. Deze gegevens zijn weergegeven in het schema van afbeelding 4.



bronverklaring naar: J.H. Steele, The structure of marine ecosystems, Oxford, 1974, 10

Volgens dit schema wordt de mens onder andere tot het trofische niveau C3 (consument van de 3e orde) gerekend.

10. - Tot welk ander niveau of welke andere niveaus kan de mens volgens het schema van afbeelding 4 gerekend worden?

- Bereken met behulp van de gegevens in dit schema tot op één decimaal nauw keurig de energieopname in kcal m⁻² j⁻¹ uit dit systeem door de mens op trofisch niveau C3.

Als bedacht wordt dat centrale schriftelijke examens een sterk terugkoppelend effect hebben op de behandeling van de leerstof in de klas, worden docenten hierdoor niet aangezet tot het bevorderen van inzicht in dynamische en complexe processen in hun ecologielessen.

Visie(s) in de lesmethoden

Uit onze analyse van drie geselecteerde lesmethoden, *Biologie voor jou*, *Nectar en Synaps*, blijkt dat alle drie methoden een hoge mate van dekking hebben met de eindtermen voor ecologie.

Tabel 5. Enkele citaten uit drie onderzochte biologiemethoden die wijzen op een impliciet cybernetische visie op ecosystemen.

Citaat	Methode
"De min of meer voorspelbare, relatief stabiele (eind) toestand van zo'n ontwikkeling heet"	Nectar, p. 49
"In de climaxfase van een ecosysteem heerst <i>natuurlijk evenwicht</i> : de biomassa en de soortensamenstelling blijven nage-noege gelijk."	Nectar, p. 69
"De term 'ecosysteem' is door biologen bedacht om aan te geven dat zo'n gebied als één geheel functioneert waardoor zich gedurende langere tijd een min of meer vaste soortensamenstelling kan handhaven."	Synaps, p.273
"In een climaxecosysteem zijn de voedselkringlopen gesloten en heersen biologische evenwichten. Wanneer deze niet verstoord worden kan de samenstelling van het bosecosysteem lange tijd min of meer gelijk blijven."	Synaps, p. 289
" <i>Dichtheidsafhankelijke</i> factoren zijn bijv. predatie, parasitisme, ziekte en voedselconcurrentie. Deze factoren beïnvloeden de populatiedichtheid door <i>negatieve terugkoppeling</i> . Als de populatiedichtheid groter wordt, krijgen de factoren die een afname van de populatiedichtheid veroorzaken, meer invloed. En als de populatiedichtheid kleiner wordt, worden de factoren belangrijker die de populatie doen groeien. Het resultaat hiervan is, dat de populatiedichtheid schommelt om een evenwichtswaarde. De populatie verkeert dan in <i>biologisch evenwicht</i> ."	Biologie voor jou, p. 66
"De successie kan uitmonden in een eindstadium, waarbij de abiotische factoren en de soortensamenstelling min of meer constant zijn. (...) De kringloop van stoffen is <i>gesloten</i> : er vindt weinig uitwisseling plaats met de omgeving van het ecosysteem."	Biologie voor jou, p. 83

Uit de gekozen formuleringen in de methoden blijkt impliciet een cybernetische visie (zie tabel 5).

Er worden wel veel begrippen gebruikt die niet voorkomen in de eindtermen, maar deze dragen niet bij aan modernere inzichten. Er is slechts in geringe mate sprake van samenhang met andere onderwerpen in de biologie, zoals evolutie. Net als in het examenprogramma komen de dynamische en chaotische visie niet of nauwelijks aan bod. Opvallend is dat in de nieuwste druk van Nectar havo bovenbouw deel 1 (2004), die buiten onze analyse valt, een aparte paragraaf "Orde of chaos?" is opgenomen (p. 257-259), misschien een eerste aanzet naar een dynamische en /of chaotische visie.

Visie(s) in de onderwijspraktijk

Bij lesobservaties werd in alle klassen een grote mate van overeenstemming gevonden tussen het formele curriculum enerzijds en het geïnterpreteerde en uitgevoerde curriculum anderzijds. Ecologie werd met de lesmethode als leidraad meestal behandeld als een geïsoleerd gedeelte van het programma.

Tabel 6. Door docenten (N = 16) in totaal bestede lesuren aan ecologie (4, 5 en 6 VWO)

Aantal bestede uren	Aantal docenten
5 -10	5
11-15	5
16-20	6

Slechts enkele docenten gebruikten een afwijkende indeling, waarbij ze samenhang zoeken tussen productie, kringlopen en het thema stofwisseling, of tussen dynamiek en het thema evolutie. Er werd veelal zelfstandig gewerkt met behulp van de lesmethode, waarbij de tekst werd bestudeerd en de opgaven gemaakt. Slechts de kringlopen en de piramide van biomassa kregen extra aandacht van de docenten. Van verwijzingen naar moderne dynamische visies door gebruik van begrippen als onvoorspelbaarheid, complexiteit, verstoring van successie of het ter discussie stellen van biologisch evenwicht was geen sprake, behalve bij één docent waar de onvoorspelbaarheid van ontwikkelingen in een Britse vijver werd getoond met behulp van filmbeelden, waar echter niet verder op werd voortgebouwd.

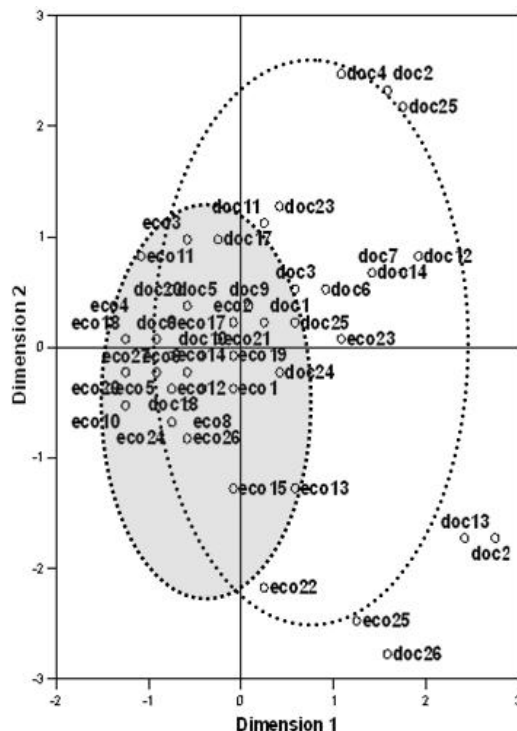
Uit tabel 6 blijkt dat de ecologie in de lespraktijk slechts een klein deel (minimaal 5-10, maximaal 16-20 uur) van de toegemeten lesuren (320-360 uur) krijgt toebedeeld. Zeker in vergelijking met het aandeel in het centraal schriftelijk eindexamen (17,7-28,8% van de toegekende punten, zie onder in tabel 5) is dat aandeel opvallend klein. Hierbij dient te worden aangetekend dat de populatiegenetica door docenten meestal niet tot de ecologie wordt gerekend en dat een aantal van hen productie, kringlopen en stofstromen niet tot de ecologie, maar tot de stofwisseling rekent. Nemen we die onderwerpen erbij, dan komen we tot maximaal 21-25 uur, wat nog steeds lager is (maximaal 7,8%) dan het aandeel in het centraal schriftelijk examen.

Bij bespreking met de docenten blijkt de sterke eenheid die zij ervaren tussen het examenprogramma, hun lesmethode en het centraal schriftelijke examen. Die drie-eenheid is de leidraad bij hun voorbereiding, andere bronnen zoals Campbell⁴ worden voor de ecologie niet ter hand genomen. Ecologie wordt niet als een moeilijk onderwerp ervaren en de noodzaak tot extra verdieping in de vakliteratuur wordt niet gevoeld.

Visies van docenten en ecologen, vergelijking van docenten en ecologen

Met behulp van de Homals-techniek⁵ werd een correspondentie-analyse uitgevoerd om de overeenkomst in antwoordpatronen tussen respondenten in beeld te brengen. Uiteindelijk bleek uit een globale analyse van de antwoorden dat van de twintig gestelde vragen een achttal geen invloed had op het gevonden patroon, deze zijn daarom in de verdere analyse buiten beschouwing gelaten.

Met de Homals-techniek werden de onderlinge posities van docenten en ecologen met behulp van hun scores in kaart gebracht (zie figuur 1). Uit deze figuur blijkt dat er verschillen in opvatting zijn tussen professionele ecologen en docenten en dat de onderlinge verschillen in opvatting bij docenten groter zijn dan bij ecologen.

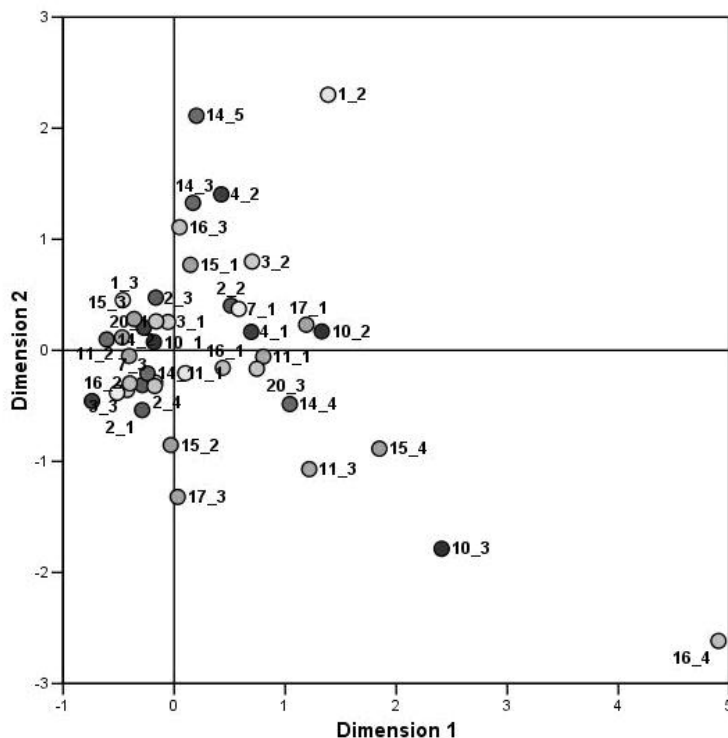


Figuur 1. Homals-analyse van 28 docenten (doc) en 28 ecologen (eco). Met stippellijnen zijn de gebieden omgeven, waarbinnen 90% van de docenten (wit vlak) en ecologen (grijs vlak) zich bevinden. De verschillen worden weergegeven met geplote punten. Hoe groter het verschil met het gemiddelde, hoe verder een punt van het 0-punt (gemiddelde profiel) wordt geplote. Als punten dicht bij elkaar liggen, betekent dat een hoge mate van overeenstemming tussen de bijbehorende respondenten.

In figuur 2 staan de antwoordprofielen van twaalf vragen die aan docenten en ecologen zijn gesteld. Hiermee kan vastgesteld worden, welke antwoordalternatieven van bepaalde vragen sterk differentiërend werken voor de positiebepaling van een docent of ecoloog. Het blijkt dat vrijwel uitsluitend docenten op 'afgelegen posities' terecht komen, en wel op grond van 'twijfel / weet niet - antwoorden, zoals 10_3, 11_3, 15_4 en 16_4'. Blijkbaar komt bij docenten onzekerheid of onbekendheid rond ecologische begrippen en de relatie daartussen meer voor dan bij ecologen.

Daarnaast kan vastgesteld worden dat er sprake is van clustering van bepaalde antwoorden, zodat karakteristieke patronen zijn te vinden. Zo valt op dat bepaalde antwoorden die uitgaan van een positie van de mens als buitenstaander, die in staat is ecosystemen te 'regelen' samenkomen in het kwadrant rechtsboven (b.v. 1_2, 2_2, 3_2, 4_1 en 7_1), vergezeld van antwoorden die blijken geven van een statische opvatting (zoals 10_2 en 17_1). Je zou kunnen zeggen dat hier de holistische en de cybernetische visie spreekt.

In het kwadrant linksonder is clustering te vinden van antwoorden die getuigen van een dynamisch/ chaotische visie (b.v. 2-4, 3_3, 4_3, 7_3, 14_1, 16_2 en



Figuur 2: Homals-analyse van de antwoordprofielen van de totale groep van 28 docenten en 28 ecologen, (bijvoorbeeld 10_3 = vraag nr.10 met gekozen antwoordalternatief 3) op de 12 vragen.

17-2).

Figuur 1 leert dat in het kwadrant rechtsboven vooral docenten te vinden zijn en in het kwadrant linksonder vooral ecologen.

Om de visies van docenten te kunnen vergelijken met die van ecologen, staan in tabel 7 de percentuele antwoordscores van de groepen ecologen en docenten op de twaalf geselecteerde vragen uit de enquête.

In tabel 8 is per vraag het percentage overeenstemming te zien tussen de antwoorden van de groep docenten respectievelijk ecologen en de antwoorden zoals die gegeven zouden worden door een persoon met een consistent dynamische visie op ecosystemen. Daarmee kan onderzocht worden in hoeverre de groep docenten en de groep ecologen in hun opvattingen aansluiten bij aspecten van deze moderne visies en in hoeverre deze twee groepen daarin van elkaar verschillen. Er is natuurlijk verschil in ecologische kennis binnen de groep van docenten. Aangezien er van de 28 docenten maar 4 waren met een hoofdvak ecologie in hun opleiding, is een sub-categorisering van docenten achterwege gelaten.

Met een χ^2 -toets werd onderzocht of de frequentieverschillen in de scores statistisch significant zijn ($p=.05$).

Op een aantal aspecten vinden we significante verschillen tussen beide

Tabel 7. Percentages van de geprecodeerde antwoorden (alternatief 1-5) van **docenten** (N=28) en **ecologen** (N=28) op de twaalf vragen rond ecologie.

vraag - nr	nr 1		nr 2		nr 3		nr 4		nr 5		χ^2 - waarde
	doc	eco	doc	eco	doc	eco	doc	eco	doc	eco	
1	75,0	89,3	3,6	0,0	21,4	10,7	--	--	--	--	3.26
2	11,5	22,7	38,5	3,7	26,9	40,7	23,1	33,3	--	--	40.00
3	38,5	25,0	26,9	10,7	34,6	64,3	--	--	--	--	10.20*
4	74,1	10,7	7,4	3,6	14,8	60,7	3,7	25,0	--	--	92.22*
7	64,3	28,6	25,0	57,1	10,7	14,3	--	--	--	--	17.46*
10	82,1	94,4	10,7	0,0	7,1	3,6	--	--	--	--	3.38
11	39,3	21,4	46,4	78,6	14,3	0,0	--	--	--	--	12.50*
14	53,6	67,9	3,6	10,7	14,3	3,6	25,0	14,3	3,6	3,6	9.40*
15	33,3	14,8	22,2	29,6	37,0	51,9	7,4	3,7	--	--	3.53
16	35,7	25,0	35,7	60,7	25,0	14,3	3,6	0,0	--	--	5.46*
17	46,4	7,1	50,0	89,3	3,6	3,6	--	--	--	--	17.95*
20	59,3	53,6	25,9	35,7	14,8	10,7	--	--	--	--	1.60

p < 0.05

Tabel 8. Mate waarin de antwoorden van docenten, respectievelijk ecologen een consistente dynamische visie dekken.

vraagnummer	Percentage over- eenstemming bij docenten	Percentage over- eenstemming bij ecologen	χ^2 = significant
1	75	89	2.20
2	21	32	3.78
3	32	64	16.00*
4	14	61	36.21*
7	25	57	16.00*
10	82	96	2.02
11	39	21	15.43*
14	21	14	3.50
15	25	29	0.55
16	46	61	3.69
17	57	89	11.51*
20	64	54	1.85
Gemiddeld percentage overeenstemming per vraag	42	56	

groepen. Dat betreft de aard van ecologie als wetenschap (vraag 16), de ontwikkeling van ecosystemen (vraag 3, 11, 14 en 17) en aard en handhaving van evenwicht en stabiliteit (vraag 2, 4 en 7). Over de positie van de mens (vraag 1 en 15), uitsterven van soorten (vraag 10) en schaafeffecten (vraag 20) is meer overeenstemming.

Docenten hebben bij bepaalde vragen een significant lager percentage overeenstemming met de dynamische visie dan ecologen. Dat betreft vragen over de ontwikkeling van ecosystemen (3 en 17) en over aard en handhaving

van evenwicht en stabiliteit (4 en 7). Bij vraag 11 (over de voorspelbaarheid van ontwikkelingen) zien we dat de ecologen een significant lager percentage overeenstemming hebben dan docenten. Zij gaan er in grote meerderheid vanuit dat voorspellingen best mogelijk zijn, maar niet altijd uitkomen (11_2): een standpunt dat binnen de dynamische visie ook alleszins verdedigbaar is.

5. Conclusies en aanbevelingen

In het voortgezet onderwijs bestaat een zeer sterke overeenstemming tussen het formele (het examenprogramma), het geschreven (de lesmethode), het geïnterpreteerde en het uitgevoerde curriculum, waarmee de leerlingen uiteindelijk worden voorbereid op (onder andere) het centraal schriftelijke examen.

Het huidige examenprogramma is voornamelijk gebaseerd op ecologische inzichten tot 1960 en is overeenstemming daarmee is in de lesmethoden, lessen en examenvragen vooral de, toen dominante, cybernetische visie terug te vinden.

De visie van docenten op ecologie blijkt echter niet eenduidig cybernetisch. Wel wijkt hun visie duidelijk af van die van wetenschappelijke ecologen. Bij de ecologen vonden we een consistent antwoordpatroon dat vooral wijst op een dynamische visie. De docenten daarentegen bleken onderling sterk te verschillen.

Om ervoor te zorgen dat de visie waarop het onderwijs gebaseerd is, verenigbaar is met hedendaagse wetenschappelijke inzichten in het verloop van ecologische processen, lijkt het verstandig om bij de komende vernieuwing van het examenprogramma door de CVBO (Commissie Vernieuwing Biologie Onderwijs) en de daarbij behorende nascholing, in overleg met wetenschappelijke ecologen, ook de modernere visies in het examenprogramma en de bijbehorende toetsing een plaats te geven. Daarnaast lijkt het ons belangrijk dat de verschillen in visie expliciet aan de orde komen, omdat deze verschillen invloed hebben op standpunten die mensen innemen in maatschappelijk belangrijke thema's als natuurbeheer, visserij en planologische ontwikkelingen.

Auteurs zullen de programmaveranderingen vervolgens kunnen opnemen in de lesmethoden, waarna docenten aansluiting zullen zoeken bij deze verandering.

Moderne lesmethoden en nascholing moeten docenten in staat stellen hun kennis te actualiseren, zich op hun eigen visie te bezinnen en eventueel verschillende visies in hun lesgeven aan de orde te stellen en te expliciteren. Voor leerlingen zal moderner ecologieonderwijs de mogelijkheid bieden tot het verkrijgen van een beter inzicht in de complexiteit en dynamiek van ecosystemen en de mogelijkheid zich een beter afgewogen oordeel te vormen in maatschappelijk relevante handelingspraktijken, die in de concept- contextbenadering van de Commissie Modernisering Biologie Onderwijs zo'n belangrijke rol spelen (Boersma et al., 2005).

Eenvoudig zal dit alles niet zijn. Het verkrijgen van inzicht in dynamiek, een centraal concept in de dynamische en de chaotische visie, vereist modelmatig denken (vereenvoudiging etc.) en de beheersing van wiskundige technieken om greep te krijgen op modelgedrag. De voorkennis van veel biologiedocenten is beperkt.

Correspondentie over dit artikel aan René Westra, Freudenthal Instituut voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen, Postbus 80000, 3508 TA Utrecht. Email: R.H.V.Westra@phys.uu.nl.

Noten

1. Bij het schrijven van dit hoofdstuk hebben we dankbaar gebruik gemaakt van het proefschrift van De Jong (2002), aangevuld met gesprekken met een tiental informanten: dr. M. de Jong (schrijfster van een wetenschapshistorisch proefschrift over ecologische visies), dr. C. Kwa (wetenschapshistoricus) en de ecologen prof.dr. A.M. de Roos, prof.dr. P.M.J. Herman, prof.dr. M. Klaassen, dr. W.M. Mooij, ir. F. Rienks, prof. dr. M. Scheffer, prof.dr. E. van Donk en prof. dr. L.E.M.Vet.
2. De curriculum-indeling is gebaseerd op de indeling van Goodlad (1979), met als toevoegingen het geschreven en het getoetste curriculum.
3. Voorheen bekend als het Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek.
4. Campbell (2005) wordt bij veel onderwerpen door docenten gebruikt als naslagwerk.
5. Met de Homals-techniek kan onderzocht worden of er sprake is van overeenstemming onder geënquêteerde personen over het concept ecosysteem en daarmee samenhangende concepten, en daarmee van overeenstemming in visie. Er wordt gewerkt met een tabel met de gegeven antwoorden. Er zijn in ons geval 28 rijen, een voor elke docent, en 12 kolommen, een voor elke vraag. Een rij geeft een 'antwoordenprofiel' per docent en een kolom een 'antwoordenprofiel' per vraag. Voor elk antwoordenprofiel (per docent of per vraag) wordt nu het verschil berekend met andere individuele profielen en met het gemiddelde antwoordenprofiel. Deze verschillen worden op het scherm weergegeven als geplote punten, er ontstaat dan een afbeelding met punten voor alle docenten en een afbeelding met punten voor alle vragen. Hoe groter het verschil met het gemiddelde antwoordenprofiel, hoe verder een punt van het 0-punt (gemiddelde profiel) wordt geplot. Als de punten van veel docenten dicht bij elkaar liggen, betekent dat een grote mate van overeenstemming in antwoorden op de vragen binnen de onderzochte groep docenten. Door deze plots in een tweedimensionaal diagram weer te geven, ontstaat er een overzichtelijker beeld, hetgeen zeker bij het werken met een groot aantal data aan te bevelen is (Greenacre, 1993).
Als de spreiding groot is, wordt het interessant om te onderzoeken of dat door bepaalde vragen komt. Door de afbeelding van de docenten en die van de vragen over elkaar te leggen, kan vastgesteld worden, welk antwoord gekoppeld kan worden aan een nogal 'afwijkende' docent. Daarmee kan een relatie gevonden worden tussen bepaalde 'indicator- antwoorden', die verantwoordelijk zijn voor de afgelegen positie van deze docent.

English summary

Views on ecosystems in education and research

An understanding of ecosystems behaviour is relevant to anyone confronted with issues about nature conservation and management, that is, for every citizen. In the science of ecology different and sometimes contradictory views on ecosystems behaviour did evolve, each of which has its own implications for nature conservation and management. Although some of these views are dated, it has been found that in nature conservation and management these older views still play a role. Our investigation started from the assumption that the same could apply to ecology teaching. To test this assumption, we analysed the biology examination syllabus (pre university level) and some corresponding school-books. We also compared the ecological views of biology teachers with those of research ecologists. The content analysis of curriculum documents hardly reflected the current scientific status. In addition, teachers

and ecologists differed substantially in their views. The teachers tended towards more traditional views, and were less consistent in their view, compared to ecologists.

Literatuur

- Aarden, M. (2005). Schiet die beesten af of laat ze gewoon maar sterven. *De Volkskrant* (14 november 2005).
- Ben-Zvi Assaraf, O. & Orion, N. (2005). Development of System Thinking Skills in the Context of Earth System Education. *Journal of Research in Science Teaching* 42(5), 518-560.
- Boersma, K. Th., & Schouw, J. C. (1988). *Tussen natuur en milieu. Uitgangspunten voor een didactiek van natuur- en milieu-educatie*. Enschede: SLO.
- Boersma, K. Th., van Graft, M., Hartevelt, A., de Hullu, E., van den Oever, L., & van der Zande, P. A. M. (2005). *Basisdocument van de Commissie Vernieuwing Biologieonderwijs over ontwikkeling en invoering van samenhangend biologieonderwijs*. Utrecht: CVBO.
- Botkin, D. B. (1990). *Discordant Harmonies. A New Ecology for the Twenty-first Century*. New York: Oxford University Press.
- Budiansky, S. (1996). *Nature's Keepers. The New Science of Nature Management*. London: Orion Books.
- Campbell, N.A. & Reece, J.B. (2005). *Biology*, 7th ed. Menlo Park: Pearson/Benjamin Cummings.
- De Jong, M. (2002). *Scheidslijnen in het denken over natuurbeheer in Nederland (dissertatie)*. Delft: DUP Science.
- Goodlad, J.I. and Associates (1979). *Curriculum Inquiry: The study of curriculum practice*. New York: McGraw-Hill.
- Greenacre, M. J. (1993). *Correspondence Analysis in Practice*. London: Academic Press.
- Holling, C. S. (1987). Simplifying the complex; the paradigms of ecological function and structure. *European Journal of Operational Research*, 30, 139-146.
- Kingsland, S. E. (1985). *Modeling Nature. Episodes in the History of Population Ecology*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Kwa, C. (2002). Romantic and Baroque Conceptions of Complex Wholes in the Sciences. In J. Law & A. Mol (Eds.), *Complexities: Social Studies of Knowledge Practices* (pp. 23-52). Durham: Duke University Press.
- Leendertz, P. N. (1989). Begrippenlijst ecologie voor leraren in het voortgezet onderwijs. *NVON Maandblad* (4).
- Leibniz, G. W. (1991). *La Monadologie*. Paris: Le Livre de Poche.
- Maier, E. X., & Van Wijk, P. (1999). *Nectar biologie 2 deel 1*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Margalef, R. (1963). On certain unifying principles in ecology. *American Naturalist*, 97, 357-374.
- May, R. M. (1973). *Stability and complexity in model ecosystems*. Princeton: Princeton University Press.
- May, R. M. (1976). Simple Mathematical Models with Very Complicated Dynamics. *Nature*, 261, 459-467.
- Maynard Smith, J. (1974). *Models in Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Odum, E. P., & Odum, H. T. (1959). *Fundamentals of ecology* (2 ed.). Philadelphia: W. B. Saunders Company.
- Peters, R. H. (1991). *A Critique for Ecology*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Pihlajamaa-Glimmerveen, L., Schermer, A., & Van Straaten-Huyben, A. (2000). *Synaps. Theorieboek 2 VWO B2*. Utrecht / Zutphen: Thieme Meulenhoff.
- Pimm, S. L. (1991). *The Balance of Nature?* Chicago: University of Chicago Press.
- Prigogine, I., & Stengers, I. (1985). *Orde uit chaos. De nieuwe dialoog tussen de mens en de natuur*. Amsterdam: Bert Bakker.
- Roegholt, S. (1995). *Meerperspectivisch onderwijs (dissertatie)*. Ridderkerk: Ridderprint.
- Scheffer, M. (1999). *Het meer als microkosmos. Inaugurale rede uitgesproken op 21 oktober 1999 bij het aanvaarden van het ambt van hoogleraar in de Aquatische ecologie en het waterkwaliteitsbeheer aan de Universiteit van Wageningen*. Wageningen.
- Smits, G., & Waas, B. (2000). *Biologie voor jou VWO B2 deel 2*. Den Bosch: Malmberg.
- Smuts, J. C. (1973). *Holism and Evolution*. Westport: Greenwood Publishing Group.
- Timmermans, P. (1996). *Biologie. Voorlichtingsbrochure havo-vwo*. Enschede: SLO.
- Van der Aa, R., Van Hulst, B. & Vossen, I. (2003). *De toekomstige arbeidsmarkt voor leraren en managers in het primair en voortgezet onderwijs: prognoses 2003-2011* (publieksversie). Rotterdam: ECORYS-NEI (in opdracht van het Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen)
- Van der Windt, H. (1995). *En dan: Wat is natuur nog in dit land? Natuurbescherming in Nederland 1880-1990 (dissertation)*. Amsterdam / Meppel.
- Von Bertalanffy, L. (1968). *General Systems Theory*. New York: Braziler.
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Cambridge, MA.: MIT Press.
- Woostenburg, M. (2004). Rol kokkelvisserij niet onbesproken. *Weekblad voor Wageningen UR* 5 februari 2004, 6^e jaargang.

Bijlage: schriftelijke enquête

(de acht vragen uit de serie van twintig, die uiteindelijk niet zijn gebruikt, zijn cursief weergegeven).

1. Welke plaats neemt de mens volgens u in de natuur in?
 - 1_1 De mens is een onderdeel van het ecosysteem
 - 1_2 De mens is geen onderdeel van het ecosysteem
 - 1_3 Anders, de mens plaatst zich er soms buiten

2. Wat verstaat u onder een natuurlijk evenwicht?
 - 2_1 Dat een ecosysteem na een verstoring vanzelf weer terugkeert naar de uitgangssituatie
 - 2_2 Dat in een ecosysteem de aanwezige populaties slechts beperkte schommelingen vertonen in omvang
 - 2_3 Iets anders, bijvoorbeeld een combinatie van 1 en 2 of ontstaan van een nieuw evenwicht
 - 2_4 Een natuurlijk evenwicht bestaat helemaal niet

3. *Wat verwacht u dat er gebeurt in een ecosysteem als er geen verstoringen zijn?*
 - 3_1 *Ontwikkeling (successie naar climax) en op de lange termijn evolutie*
 - 3_2 *Er blijft evenwicht, met eventuele schommelingen*
 - 3_3 *Zulke ecosystemen bestaan niet, er is altijd fluctuatie in invloeden*

4. Welk verband is er tussen de stabiliteit en de (bio)diversiteit (het aantal verschillende soorten) in een ecosysteem?
 - 4_1 Hoe groter de biodiversiteit, hoe groter de stabiliteit
 - 4_2 Hoe groter de biodiversiteit, hoe kleiner de stabiliteit
 - 4_3 Tussen beide is geen vast verband
 - 4_4 Het verband vertoont een optimumkromme

5. *De mens is de hoofdoorzaak van verstoringen in ecosystemen.*
 - 5_1 *eens*
 - 5_2 *oneens, in de loop van de tijd speelt de mens maar een beperkte rol*
 - 5_3 *nu wel, maar vroeger niet*
 - 5_4 *twijfel, weet niet*

6. *De mens moet optreden als in een ecosysteem de predatoren ontbreken.*
 - 6_1 *eens*
 - 6_2 *oneens*
 - 6_3 *soms moet het, meestal niet*
 - 6_4 *twijfel, weet niet*

7. Via terugkoppelingen wordt steeds evenwicht in een ecosysteem bereikt en/ of gehandhaafd.
 - 7_1 eens
 - 7_2 oneens
 - 7_3 twijfel, weet niet

8. *Van een ecosysteem kom je niet alles te weten door een onderzoek van alle biotische en abiotische factoren.*
 - 8_1 *eens, je moet ook weten hoe de factoren elkaar beïnvloeden*
 - 8_2 *eens, het is praktisch onmogelijk om alles te weten*
 - 8_3 *oneens, je komt alles te weten als je maar lang genoeg onderzoekt*
 - 8_4 *twijfel, weet niet*

9. *Een ecosysteem vertoont qua opbouw sterke overeenkomsten met een organisme.*
9_1 eens
9_2 oneens
9_3 twijfel, weet niet
10. In een ecosysteem is uitsterven van soorten een gebruikelijk verschijnsel.
10_1 eens
10_2 oneens
10_3 twijfel, weet niet
11. Hoe een ecosysteem zich ontwikkelt wat betreft soortensamenstelling en aantallen van de betreffende soorten, is niet te voorspellen.
11_1 eens
11_2 oneens, het kan best voorspeld worden (b.v. met modellen), maar de voorspelling komt niet altijd uit
11_3 twijfel, weet niet
12. *Ecosystemen zoals hei of blauwgrasland zijn onnatuurlijk.*
12_1 eens
12_2 oneens
12_3 twijfel, weet niet
13. *Als er in een ecosysteem plotseling veranderingen optreden, leidt ingrijpen van de mens niet automatisch tot herstel van de oude toestand.*
13_1 eens
13_2 oneens
13_3 twijfel, weet niet
14. De ontwikkeling van een ecosysteem kent geen richting en ook geen doel.
14_1 wel een richting, maar geen doel
14_2 een richting en een doel
14_3 geen richting, maar wel een doel
14_4 geen richting en geen doel
14_5 twijfel, weet niet
15. Door natuurontwikkeling kan de mens de door hem gewenste ecosystemen scheppen.
15_1 eens
15_2 oneens
15_3 alleen niet al te ingewikkelde ecosystemen
15_4 twijfel, weet niet
16. Ecologie is meer een beschrijvende dan een voorspellende wetenschap.
16_1 eens
16_2 oneens
16_3 alleen in bepaalde gevallen
16_4 twijfel, weet niet
17. Voor het functioneren van een ecosysteem zijn alle soorten even belangrijk.
17_1 eens
17_2 oneens
17_3 twijfel, weet niet

18. De definities van begrippen in de ecologie zijn minder helder dan de definities in de celbiologie of fysiologie.

18_1 eens

18_2 oneens

18_3 twijfel, weet niet

19. Als in een ecosysteem een bepaalde soort dreigt uit te sterven, zal het bepreken van de jacht op of op de vangst van die soort ervoor zorgen, dat de aantallen van die soort zich weer herstellen.

19_1 eens

19_2 oneens

19_3 dat hangt ervan af, wat de oorzaak van het uitsterven was

19_4 twijfel, weet niet

20. Hoe groter een ecosysteem, hoe minder kans op verstoring van de aantallen van allerlei soorten.

20_1 eens

20_2 oneens

20_3 twijfel, weet niet