

10. Ecologie in vogelvlucht

Inleidend collegeblok 'Ecologie en biocybernetica', Universiteit

P.J. Schroevers

1. **Ecologie** is de wetenschap die de betrekkingen onderzoekt tussen organismen en hun omgeving. Het woord is synoniem te achten met **geobiologie** of **milieukunde**. Met dat laatste wordt tegenwoordig vaak de ecologie van de mens bedoeld.
2. Ecologie kan op zeer veel verschillende manieren bedreven worden. De klassieke manier is het bestuderen van het verband tussen een organisme (individu, populatie, soort) en zijn **abiotische** (niet-levende) omgeving.
3. Al doende ontdekt men dat de meeste van die verbanden indirect verlopen, bijvoorbeeld via andere organismen. Daardoor komt men er meer toe om onder 'omgeving' het geheel van betrekkingen te verstaan, waarvan het organisme deel uitmaakt. Op die wijze wordt ecologie tot **stysteemonderzoek**.
4. Dit is in nog sterkere mate het geval als men, in plaats van naar organismen, naar **gemeenschappen** – groepen van met elkaar voorkomende organismen – gaat kijken. Men doet dan aan **synecologie**, in tegenstelling tot de meer klassieke **autecologie** die zich op soorten of individuen richt.
5. Het **ecosysteem** wordt daarmee tot kernobject van de ecologie. Men zou in deze moderne opvatting de ecologie de leer van de **zelfordening** van de levende natuur kunnen noemen. In die zin staat ze tegenover de technologie (inclusief economie) die bewuste ordening nastreeft. Ze verkrijgt daarmee een maatschappelijk imperatief.
6. Voor de studie van het ecosysteem als totaliteit zijn drie verschillende benaderingen mogelijk, die elkaar moeten becommentariëren, bestrijden, verbeteren, en die op gelijkwaardige wijze beschouwd dienen te worden: een **deductieve** benadering, een **typologisch-structurele** benadering en een **functioneel-mechanistische** benadering.
7. De deductieve benadering baseert zich op theoretische overwegingen en tracht het beeld van de werkelijkheid daarnaar te herleiden. Men kan zeggen dat de begrippen algemene geldigheid hebben ('*unifying concepts*'); ze stammen uit de **stysteemleer** c.q. **cybernetica**.

8. Basisbegrip van cybernetisch denken is de **terugkoppeling**: energetische interactie tussen twee elementen. Deze kan negatief zijn: de verandering van het ene element heft die van het andere op (het 'te veel' van het ene wordt gecompenseerd door het 'te weinig' van het andere) of positief: de beide veranderingen versterken elkaar. Het eerste is voorwaarde voor zelfordening, het tweede verstoort deze. De natuur tendeeert naar inbouw van negatieve terugkoppelingen en dus naar zelfordening.
9. Zelfordening leidt tot ruimtelijke en functionele scheiding. Ruimtelijke scheiding ('hier anders dan daar') doet de **ecosystemen** ontstaan, er is discontinuïteit in de verdeling van het leven op aarde, ofwel: er zijn kernen met grotere zelfstandigheid. Uit functionele scheiding komen de **werkingsferen** voort ('dit anders dan dat'); gedurende toename van ordening geeft de mogelijkheid tot nieuwe ordening (biosfeer, abiotische sferen, noösfeer). Samenhangend hiermee is er ook een ruimtelijke en een functionele **hiërarchie**.
10. Belangrijk voor de deductieve benadering is ook dat men altijd uitgaat van een (dialectische) verhouding deel-geheel. Alle elementen zijn onderdeel van een groter verband maar omgekeerd zijn ze zelf weer verbanden van elementen van lagere orde. In de ecologie onderscheiden we wel een **mesologische** ecologie die de redenering volgt van omgeving naar organisme – dus van geheel naar deel – en een **ethologische** ecologie. Die redeneert van organisme naar omgeving, van deel naar geheel. Veel termenparen uit de ecologie zijn uitvloeisel van deze tegenstelling (habitat vs. omgeving; niche vs. milieu, etc.).
11. **Zelfordening** veronderstelt verandering in de tijd. De deductieve benadering houdt zich dus ook bezig met het beschrijven van 'rijping' (successie, evolutie) van levende systemen; de wisselwerking in aanpassing van element aan geheel, van geheel aan element. Zelfordening valt te zien als kanalisering van energiestromen, intensivering van uitwendige factoren. De tegenstellingen stabiliteit – instabiliteit en extern – intern zijn de kernbegrippen voor iedere kwaliteitsuitspraak.
12. Omdat **afgrenzing** van ecosystemen, in tijd en in ruimte, niet mogelijk is, blijven alle uitspraken hierover arbitrair.
13. Voor de **typologisch-structurele** benadering (sommigen noemen deze 'holistisch') selecteert men uit het ecosysteem een **gemeenschap** of **biocoenose**. Deze selectie vindt plaats op basis van een bepaald standpunt van kijken, een **groep** van organismen en een

methode van selectie. Men acht zo'n selectie representatief en maatgevend voor het gehele systeem. De gemeenschap vormt een **indicator** voor het ecosysteem.

14. Men voert een analyse uit (vegetatiekartering), doet dat op veel plaatsen en voegt de gegevens samen tot een **typologie**: een hiërarchisch systeem van keneenheden, waarin een lijn valt te ontdekken; die leent zich voor interpretatie. Analyses in deze geest zijn het verst gevorderd in de **vegetatiekunde** of **geobotanie**, waarin we beschikken over een uitgewerkt systeem van abstracte keneenheden of associaties, hiërarchisch gerangschikt in resp. **verbonden**, **orden** en **klassen**.
15. In Nederland is hierbij voornamelijk gewerkt volgens de school van Zürich-Montpellier. Hierin wordt aan soorten een getrouwheid toegekend ten opzichte van specifieke soortencombinaties. De meest trouwe soorten worden **kensoorten** genoemd; ze vormen het uitgangspunt voor het beschrijven van associaties. Het is een kwalitatieve methode, in tegenstelling tot die van de Uppsala-school; die onderscheidt op basis van de dominantie van soorten.
16. Veranderlijkheid in de tijd (successie, studie van permanente kwadraten) en in de ruimte (gradiëntenonderzoek) leveren de mogelijkheid voor interpretatie. Deze interpretatie kan zich zowel richten op de delen als op het geheel. In het eerste geval zoekt men naar correlatieve verbanden, bijvoorbeeld met een abiotische factor. De soorten kunnen dan voor die factor indicatief worden. In het tweede geval zoekt men naar '*unifying concepts*' (zie punt 7) – een empirische toetsing dus van de deductieve benadering. De principes blijken gevonden te worden in intensiteit van energiestromen (trofiereeks), in structuurrijkdom (diversiteit, complexiteit, zeldzaamheid) en in stabiliteit (divergente en convergente grenzen).
17. De functioneel-mechanistische benadering onderzoekt deelprocessen in geselecteerde gebieden (een bos, een zoetwaterplas). Ze tracht door interdisciplinaire samenwerking deze deelprocessen in onderling verband te plaatsen en zo een ecosysteemmodel te formuleren. In het algemeen wordt dit niet gedaan door gedetailleerde kennis van soorten te bestuderen, maar men vereenvoudigt het probleem door functionele groepen als uitgangspunt te nemen. Dan gaat het om groepen van organismen die zich ten opzichte van het te bestuderen verschijnsel min of meer hetzelfde gedragen.
18. In principe worden voor de processen die het ecosysteem beheersen, steeds dezelfde bouwstenen gebruikt – waarbij overigens de schaal op dit gebied van element tot element verschilt. Het functioneren

van ecosystemen is dus aan te duiden als een kringloop van de stof en een stroom van de energie.

19. Kringlopen van alle elementen hebben hun eigen bijzonderheden. Van de ongeveer 35 van belang zijnde elementen zijn er slechts enkele (C, H, O en in mindere mate S en P) in hoeveelheden die kwantitatief te volgen zijn, en waarvan deze kwantificering van belang is voor het model. Normaal gesproken is er altijd een 'reservoirpool' aanwezig: een onderdeel van de cyclus waarin veel van het betreffende element ligt opgeslagen en waar de beweging langzaam is. Alle kringlopen hebben enige relatie met atmosfeer en hydrosfeer. Ze zijn dus nooit gesloten. Wel bestaan er vaak drempels (o.a. voor luchtstikstof via denitrificatie). Kringlopen kunnen vaak zeer ingewikkeld van opbouw zijn.
20. De voedselrelatie vormt een hoeksteen voor het zelfordeningsproces. Zonne-energie wordt via de fotosynthese door groene organismen vastgelegd. We noemen deze organismen de **primaire producenten**. Ze worden als voedsel gebruikt door de **herbivoren** of **secundaire producenten**, deze zijn op hun beurt voedsel voor de **carnivoren** of **tertiaire producenten**. (Er bestaan overigens ook kwartaire producenten etc.). De **reducenten** breken tenslotte de laatste restjes organische stof af waardoor de mineralen weer vrijkomen. Al deze fasen (als regel zijn er zo'n vier of vijf niveaus) worden **trofische niveaus** genoemd. De **biomassa** (= vastgelegde energie) van twee opeenvolgende niveaus verhoudt zich ongeveer als 10:1. Zo ontstaat een **piramide van biomassa**, waarvan de aard en de stabiliteit bepaald worden door het aantal kanalen waarlangs de doorgifte verloopt. Hiermee hangt ook de vraag samen, hoeveel van deze biomassa men weg kan nemen ('oogst') zonder dat het systeem schade ondervindt.
21. Uiteindelijk zal het model leiden tot invulling van de volgende vragen:
 22. Op welke wijze energie wordt gebruikt en doorgegeven.
 23. In hoeverre regelmechanismen binnen het systeem zijn aan te wijzen die de processen beheersen.
 24. In hoeverre deze de intensiteit van de energiestromen bepalen; of bepaald worden door deze intensiteit. Het geeft de mogelijkheid de interne homeostase van het systeem te verkennen en kwantitatief in te vullen en sluit zo aan bij de beide andere benaderingen.
25. Het hoofdbezwaar van de deductieve benadering is dat ze op geen enkele manier zichzelf verifieert, daarmee gauw een 'geloof' wordt. Het hoofdbezwaar tegen de typologisch-structurele benadering is

dat ze niet tot kwantificering in staat is en desondanks kwantitatieve uitspraken doet. Het hoofdbezwaar tenslotte tegen de functioneel-mechanistische benadering is dat ze slechts een fragmentair model voor enkele plaatsen levert, waarvan de algemene geldigheid niet getoetst is. Daarom horen de drie methoden met elkaar en naast elkaar ontwikkeld en gebruikt te worden.