

## **Bronnen van inspiratie, mooie kansen, en uitdagingen**

**Pieter A.C. Raats**

### **Jeugd in West-Brabant**

In 1935, het oprichtingsjaar van de NBV, werd ik ‘op de Heikant’ in het West-Brabantse grensdorp Nispen geboren als vierde van acht kinderen. Mijn vader en moeder, geboren in respectievelijk 1890 en 1895, trouwden in 1928 toen grootvader Raats, een oom en twee tantes gingen rentenieren. Het meeste land van de boerderij van mijn ouders lag aan weerszijden van de spoorlijn Roosendaal-Essen, aangevuld met verder weg gelegen weilanden in ‘De Beemd’ en op ‘De Hei’. Het laatste was tot het begin van de 20<sup>e</sup> eeuw onderdeel van een communaal heideveld, ontstaan na afgraven van veen. Wat betreft landbouw op bodems ontstaan op West-Brabantse dekzanden is mijn vroege bodemkundige ervaring vrij divers: wateroverlast en tekort (1947!); winderosie in het voorjaar, met vooral schade aan zomergranen en bieten; traditioneel gebruik van mest en gier aangevuld met kunstmest; variatie in bemestingstoestand; belang van vruchtwisseling, inclusief het gebruik van groenbemesters. Binnen het gemengde bedrijf ging mijn voorkeur uit naar de akkerbouwactiviteiten.

Hoewel wij als kinderen dat nauwelijks zo ervoeren, moeten de oorlogs- en wederopbouwjaren zwaar zijn geweest: confiscatie door de bezetters van ruimte in huis, stallen en schuur; geregelde onderbrekingen door confiscatie en uiteindelijke vernieling van de dorpscholen; eind oktober 1944 dagenlang in een primitieve schuilkelder tijdens gevechten uitmondend in de bevrijding; enorme schade aan gebouwen en gebrek aan materiaal voor reparatie. De schuilkelder voor 12 personen was een lange kuil met een trapeziumvormige doorsnede, afgedekt met boomstammen, stro en grond. Ik vond het dikwijls erg benauwd en mocht daarom extra vaak luchten. Wellicht droeg dat nauwe contact met de grond toch bij aan mijn latere vakkeuze!

Een onderwijzer zorgde er voor dat zijn twee zoons en ik bijgeschoold werden om de achterstand door de oorlogsomstandigheden goed te maken. Op het Norbertuslyceum in Roosendaal blonk ik niet uit in Latijn en andere talen en de exacte vakken waren duidelijk mijn favorieten, dus volgde ik het advies HBS-B. De leraar natuurkunde liet zien hoe je de essenties heel beknopt kon leren samenvatten op papier en daarmee ook in je brein, en toonde ook aan de hand van uitgewerkte voorbeelden hoe je opgaven moest aanpakken. Van die benadering had ik veel profijt bij andere vakken, ook later in Wageningen en Illinois. In 1954 vonden mijn ouders dat ik wel genoeg gestudeerd had, een baantje op de Boerenleenbank of zo leek hun ideaal. Maar een vervolgstudie in Wageningen kon ook.

### **Landbouwhogeschool in Wageningen**

De 16 maandse propedeuse (‘oude stijl’) was een natuurlijk vervolg op de middelbare school, wel met veel laboratoriumactiviteiten en economie als enig echt nieuw vak. Terugkijkend realiseer ik me nu dat we voor de basisvakken eminente leermeesters hadden, waaronder de wiskundige N.H. Kuiper, de natuurkundigen W.R. van Wijk en D.A. de Vries, de geoloog D.J. Doeglas, de plantkundigen E. Reinders en C.A. Reinders-Gouwentak, de chemici J.C. Tendeloo en J.H. den Hertog, en de econoom L.M. Thurlings. Later, via het ingenieurs-keuzevak proeftechniek maakte ik in de colleges van lector S.H. Justesen nog extra gedetailleerd kennis met Fisher proefveldtechniek, waarschijnlijkheidsrekening en lineaire programmering. Twintig jaar later,

toen ruimtelijke variabiliteit van de bodem en verdelingsfuncties van verblijftijden in grondwater mijn aandacht kregen, profiteerde ik alsnog van de sterke nadruk op statistiek.

In februari 1956 begon ik aan de 28 maandse kandidaatsstudie ('nieuwe stijl') waarover ik wel drie jaar deed, ongetwijfeld mede door mijn lidmaatschap van de KSV-kroegcommissie in 1956-1957. In dat nieuwe studieprogramma werd de Studierichting XVI Bodemkunde en Bemestingsleer geïntroduceerd, met een goed evenwicht tussen de Regionale Bodemkunde van professor dr.ir. C.H. Edelman op Duivendaal en de Algemene Bodemkunde en Bemestingsleer van professor dr. A.C. Schuffelen en lector dr. ir. G.H. Bolt op de splinternieuwe De Dreyen locatie. In aansluiting op het kandidaats was er een half jaar praktijk, en daarna het 2-jarige ingenieurs.

Regionale bodemkunde bracht inspirerende colleges van Edelman, een veldpracticum in de omgeving van Epe en Heerde (1957), veel binnen- en buitenlandse excursies - waaronder een excursie van een maand in Joegoslavië (1960) - en een leerzame bodemkartering met collega-student Arie van Holst in de Betuwe. Voor het ingenieurs-keuzevak regionale bodemkunde deed ik bij dr. A. Jongerius van de Stichting voor Bodemkartering een micromorfologisch onderzoek van een schelpenstrandwal van de IJsselmeerkust.

Op de Dreyen gaf Schuffelen mooie colleges bemestingsleer, met daarin vervlochten niet alleen resultaten van hem en zijn promovendi over mechanismen van opname van nutriënten door plantewortels, maar ook de meer praktisch georiënteerde benadering van de bodemkundige en teeltkundige Groningse instellingen, het laatste waarschijnlijk vooral dankzij eerdere samenwerking met zijn voorganger van Groningse origine, professor J. Hudig. Ook behandelde hij o.a. uitvoerig het proefschrift 'A physical theory on placement of fertilizers' waarop C.T. de Wit in 1953 bij van Wijk en Schuffelen promoveerde. De colleges en practica van lector plantenfysiologie dr. R. Brouwer - later hoogleraar in Utrecht - over de ruimtelijke verdeling van opname van zouten door individuele wortels waren ook fascinerend.

Verreweg het meest interessant vond ik de uitdagende colleges algemene bodemkunde van Gerard Bolt. Hij introduceerde de moderne kijk op de fysische chemie en fysica van de bodem. Als 'graduate student' op Cornell University deed Bolt niet alleen baanbrekend onderzoek op het gebied van de fysische chemie, maar kwam hij ook in aanraking met de nieuwste ontwikkelingen in de bodemfysica. In zijn ingenieurscolleges gaf hij gedetailleerde uiteenzettingen over zijn toepassingen van diffuse dubbellaagtheorie en de nieuwste ontwikkelingen betreffende stroming van water in onverzadigde gronden, gebaseerd op recente resultaten van de Amerikanen Arnold Klute en de gebroeders Ed en Bob Miller - o.a. hun schaaltheorie voor retentie en stroming van bodemwater -, en de Australiër John Philip. Bolt behandelde ook in detail zijn prachtige overzichtsartikel 'Thermodynamics of soil moisture' met Maarten Frissel (*Netherlands Journal of Agricultural Science* 1960, 8:57-78). Van dit alles kwam je weg met een sterk gevoel dat er vooral wat betreft exacte basisvakken nog veel te leren was. Voor het ingenieurs-hoofdvak algemene bodemkunde en bemestingsleer schreef ik een scriptie 'Berekening en meting van pF-vochtgehalte curves van zandfracties, van kleien, en van mengsels van zandfracties en kleien'.

Het eerste deel van mijn praktijktijd in 1959 was 2 maanden op het Institut für Bodenbearbeitung van de Forschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) te Braunschweig Völkenrode in West-Duitsland, dat in 1949 tot stand kwam op het terrein en in de gebouwen van de 'Luftfahrtforschungsanstalt' uit de tweede wereldoorlog. In die periode was toevallig daar ook ir. Henk Kuipers van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid in Groningen, zich voorbereidend op zijn nieuwe taak als lector Grondbewerking bij de LH. Dit leidde voor mij tot combinatie van het

nieuwe ingenieurs-keuzevak grondbewerking met een student-assistentschap voor onderzoek naar de invloed van de grootte van aggregaten op waterretentiekaracteristieken.

Het tweede deel van mijn praktijktijd was 3 maanden op de Aurora Agronomy Research Farm van Cornell University. Aansluitend maakte ik, voornamelijk liftend, een lange rondreis door Ontario, Canada, waar ik te gast was bij Nederlandse telers van tabak, en door veel oostelijke en zuidelijke staten van de USA.

### **Graduate School, University of Illinois in Champaign-Urbana**

In 1961 bemiddelde Gerard Bolt voor het vervolg als ‘graduate student assistent’ bodemfysica by professor Arnold Klute in het Agronomy Department van de University of Illinois at Urbana-Champaign. In het studiejaar 1950-1951 overlaptten Gerard en Arnold als ‘graduate students’ op Cornell University. Klute’s PhD thesis ‘The flow of water in unsaturated materials’ van 1951 geeft de eerste oplossing van de Richards vergelijking.

Op sterk aanraden en met veel hulp van professor Bolt, arriveerden eind augustus 1961 mijn vrouw Corrie de Kuijer en ik, enkele weken na ons trouwen en mijn laatste examen, als emigranten in New York. Dat liet de mogelijkheid open om onbeperkt lang in de USA te verblijven. Als ‘graduate student assistant’ op een Amerikaanse Universiteit besteedde je in de eerste twee jaren veel tijd aan colleges. Overlap met Wageningse vakken mijndend, volgde ik in het Agronomy Department alleen maar de colleges bodemfysica van Klute, het college ‘physical edaphology’ van M.B. Russell, en een wekelijks ‘seminar’, waarin om beurten iedereen resultaten uit de meest recente literatuur becommentarieerde. In die beginperiode werkte je vooral ook toe naar een plan voor je PhD thesis. De keuze van onderwerpen en invalshoeken was ruim. In Klute’s groep als geheel kregen het formuleren van nieuwe theorie, het numeriek oplossen van stromingsproblemen en het laboratoriumonderzoek evenredige aandacht. Uiteindelijk kwam de nadruk te liggen op een algemene theorie die geschikt is voor de beschrijving van de stroming van water in zwellende/krimpde gronden. De keuze van colleges buiten het Agronomy Department hing sterk samen met het onderwerp van mijn thesis: o.a. ‘advanced calculus’, differentiaalvergelijkingen, vector en tensorrekening, continuüm-mechanica, fysische chemie en transport processen. Voor het laatste vak gebruikten we het fameuze boek ‘Transport Phenomena’ van Bird, Stewart and Lightfoot. Alles bij elkaar gaven al die colleges een forse aanvulling op de baggage die ik vanuit de LH meekreeg. Gelukkig wordt recent ook in Nederland het belang van goed geavanceerd onderwijs in AIO programma’s erkend.

De uitbreiding van de theorie van Richards voor de beweging van water in onverzadigde, rigide gronden naar zwellende en krimpde gronden verliep aanvankelijk vrij moeizaam. Totdat ik via de colleges continuüm mechanica en het nodige toeval kennis maakte met het werk van Clifford Truesdell van The Johns Hopkins University, in het bijzonder met zijn theorie van mengsels. (Truesdell (1919-2000) was de erudiete gangmaker van de vernieuwing van de continuüm mechanica en thermodynamica: zie Wikipedia). Het uiteindelijke resultaat was de PhD thesis ‘Development of equations describing transport of mass and momentum in porous media, with special reference to soils’. Naast zwellende en krimpde gronden, kwamen daarin ook allerlei andere onderwerpen aan de orde: simultane stroming van water en lucht, afwijkingen van de wet van Darcy, effecten van inertia, anisotropie. Arnold Klute was een enthousiast en superb begeleider, met veel aandacht voor heldere formulering van theoretische concepten.

Clifford Truesdell reageerde enthousiast op de toepassing van zijn theorie van mengsels. De resultaten voor zwellende/ krimpde gronden leidden tot veel interactie met John Philip en David

Smiles van CSIRO in Canberra. John ontwikkelde de theorie verder, in een kritieke fase rond 1970 ook in samenspraak met Gerard Bolt, en David deed veel ingenieuze experimenten. Gerard Bolt en Pieter Groenevelt reageerden skeptisch: zij prefereerden de klassieke thermodynamica van irreversibele processen (TIP). Terugkijkend constateer ik dat al in 1965 de basis werd gevormd voor een eerst snel groeiend en nu langzaam krimpend netwerk.

### **US Department of Agriculture, Agricultural Research Service (USDA-ARS):**

Professor Champ Tanner regelde een vervolgbaan voor mij als USDA-ARS bodemfysicus gestationeerd in het Soils Department van University of Wisconsin (UW Madison). Inmiddels met bijna drie kinderen, besloten mijn vrouw en ik in te gaan op deze mogelijkheid, in plaats van al meteen terug te keren naar Nederland. Binnen de allianties van USDA-ARS met universiteiten was het klimaat voor fundamenteel onderzoek uitstekend. Met USDA-ARS collega's Dick Amerman (vanaf 1967) en Chris Dirksen (vanaf 1968) en UW stafleden Champ Tanner, George Thurtell (tot 1967), Ed Miller, Wilford Gardner (vanaf 1966), en Johan Bouma (vanaf 1969)) was er activiteit op velerlei gebied, dit natuurlijk ook dank zij een navenant groot aantal 'graduate students' en gastmedewerkers. Het onderzoek was niet beperkt tot de bodemfysica, maar omvatte het hele 'Soil-Plant-Atmosfeer Continuum (SPAC)'. Een 1970-71 sabbatical in Truesdell's groep bij Johns Hopkins leverde permanente contacten in de wereld van de continuum mechanica en thermodynamica, waarvan ik vooral de afgelopen 20 jaar profiteerde.

De onderwerpen waaraan ik aandacht besteedde waren heel divers: de rol van turbulentie aan het bodemoppervlak op de uitwisseling van gassen tussen bodem en atmosfeer; het vochtig worden en in oplossing gaan van kunstmest in relatief droge gronden; natuurlijke convectie in relatief natte gronden als gevolg van hoge concentraties bij lokale toediening van meststoffen; de voortplanting van drukfluctuaties in verzadigde poreuze systemen met mobiele en immobiele fasen; multi-dimensionale stroming van water in onverzadigde gronden, o.a. toepasbaar voor druppelirrigatie; een systematische analyse van randvoorwaarden voor stroming van water in verzadigde en onverzadigde gronden; stroming van water in de onverzadigde zone vlak boven een grondwaterspiegel; simultane opname van water en ionen door planten; instabiliteit van vochtfronten in homogene en heterogene gronden – zgn 'fingered flow'.

Aan de aangename en produktieve periode in Wisconsin kwam een abrupt einde toen begin 1973 USDA-ARS de samenwerking met UW Madison opzegde. Op 1 juli gingen Chris Dirksen en ik aan de slag op het U.S. Salinity Laboratory (USSL) in Riverside, California. Onder leiding van de een jaar eerder gearriveerde USSL Director dr. Jan van Schilfgaarde, van geboorte Nederlander, werd de samenwerking tussen de fysici, chemici, plantenfysiologen, en 'agricultural engineers' sterk gestimuleerd. De nadruk lag op het optimaliseren van de groeiomstandigheden in de wortelzone en het minimaliseren van de belasting van grond- en oppervlaktewater met zouten. Ik concentreerde me op dynamiek en verblijftijden van water en zouten in en beneden de wortelzone. We zochten naar mogelijkheden betere controle te krijgen over de behoefte en uniformiteit van de verdeling van water door van bevloeiing over te schakelen op sproei- en druppelsystemen: zie 1974 artikel met Steve Rawlins in Science 188: 604-610. Politiek moest er iets komen om te voldoen aan afspraken van President Nixon en Foreign Secretary Kissinger met Mexico betreffende de hoeveelheid en kwaliteit van het water in de Colorado River. Helaas kon niet worden voorkomen dat uiteindelijk werd gekozen voor een ontzoutingsfabriek by Juma, Arizona, een nog steeds omstreden faciliteit. Zuid-California was een prachtomgeving, maar het USSL bleef ik toch zien als een tussenstation. Uiteindelijk kozen mijn vrouw en ik in 1976 voor terugkeer naar Nederland. Chris Dirksen keerde twee jaar later na 19 jaar terug naar Wageningen.

## **Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (IB-DLO) te Haren (Gr.)**

Dat was flink wennen! Net als in Riverside waren er in principe volop mogelijkheden om aan maatschappelijk relevante problemen te werken: mestoverschotten, uitspoeling van nutriënten, efficiënt gebruik van water en nutriënten in de tuinbouw, etc. Maar wel bleek dat de verdeling van taken nogal star geregeld was en dat niet altijd dankbaar gebruik werd gemaakt van goed bedoelde suggesties voor vernieuwing. Gelukkig tolereerde de leiding uiteindelijk mijn sterke neiging om de grote lijn zelf te bepalen. Transport van opgeloste stoffen kreeg de meeste aandacht: verblijftijden van stoffen in verzadigde gronden; diffusie en dispersie in onverzadigde gronden; transport in gestructureerde gronden; transport van reactieve stoffen, met name de geleidelijke verzadiging van gronden met fosfaat. Ik raakte ook ietwat betrokken bij het onderzoek van Peter de Willigen en Meine van Noordwijk over opname van water en nutriënten door planten, een onderwerp dat binnen de UW Madison groep al veel aandacht kreeg. In 1987 promoveerden ze op het proefschrift 'Roots, plant production, and nutrient use efficiency', met C.T. de Wit (LUW) als promotor, en P.J. Kuiper (RUG) en mijzelf als co-promotors van, respectievelijk, Meine en Peter. Verantwoorde beschrijving van groei en activiteit van wortels is ook nu nog een forse uitdaging. Contacten met onderzoekers elders verliepen voornamelijk via maandelijkse wetenschappelijke bijeenkomsten in Haren en de werkgroep 'Transport en accumulatieverschijnselen i.v.m. bodemverontreiniging' in Wageningen onder voorzitterschap van Gerard Bolt.

Pas bij de verjonging van het IB-DLO beginnend midden 80er jaren begon ik me er redelijk thuis te voelen en konden nieuwe projecten met voldoende menskracht van start gaan. Bij de heroriëntatie van het onderzoekprogramma voerde bodembiologie de boventoon, zodat de modernisering van het bodemfysische laboratorium en veldonderzoek gekoppeld werd aan het ambitieuze 'Dutch Programme on Soil Ecology of Arable Farming Systems', dat vnl. werd uitgevoerd op de IB-Lovinkhoeve in de Noordoostpolder (ir. Bram de Vos). Zelfs het KNMI hielp mee door op de Lovinkhoeve een nieuw meetstation in te richten. Maar ondanks dat en al de gedetailleerde kennis van de bodem werd de Lovinkhoeve een paar jaar geleden toch afgestoten, jammer voor bodemkundig/plantaardig onderzoek nu. Kees Rappoldt verhuisde in 1990 van de LUW groep van C.T. de Wit naar Haren, waar hij nog kans zag een mooi hoofdstuk over opname van nutriënten door planten toe te voegen aan zijn 1992 LUW proefschrift 'Diffusion in aggregated soils'. (Met zijn bedrijf *EcoCurves* is Kees nu een vooraanstaand bruggenbouwer tussen ecologie en modelbouw.) Eind 80er jaren konden ook drie projecten worden gerealiseerd over bodemfysische en fysisch-chemische aspecten van water- en nutriëntenvoorziening in de glastuinbouw (ir. Wilfred Otten en ir. Marius Heinen) en de fruitteelt (ir. Jop Kipp), waarbij wat mezelf betreft eerdere ervaringen met zout- en waterstress goed van pas kwamen. Verder was er nog een NOVEM project over fysische en biochemische processen in compost materiaal (ir. Jan van Ginkel)

## **Op naar vrij onderzoek op thuisbasis in Roden**

Eind 80er jaren werd in Den Haag geconcludeerd dat het IB-DLO, met zijn eigen visie op het mestbeleid, best gemist kon worden. Na veel geharrewar werd op 1 November 1994 het AB-DLO opgericht door fusie van CABO-DLO en IB-DLO. Tot echte integratie van bodemkundig en plantaardig onderzoek is het helaas toen niet gekomen. Kort na de fusie stemde ik in met een wachtgeld-VUT regeling per 31 maart 1995. Na veel aderslatingen verhuisden uiteindelijk ruwweg 35 van de oorspronkelijk 150 mensen in Haren naar Wageningen, eerst naar wat nu het PRI is en de meesten van hen vervolgens naar Alterra. Op 1 oktober 1998 kwam met de sluiting van de vestiging Haren van het AB-DLO een einde aan bijna 110 jaar landbouwkundig onderzoek in het

Noorden. Mooie kansen voor gentegeerd bodemfysisch/plantaardig onderzoek liggen mijns inziens nu bij de WUR leerstoelgroep Bodemfysica, Ecohydrologie, en Grondwaterkwaliteit van dr.ir. Sjoerd van der Zee. Het is mooi dat soms van nabij te volgen.

In de 90er jaren kon ik nog een paar kleine bijdragen leveren in Wageningen: een DLO-gasthoogleraarschap in toepassingen van continuüm mechanica in bodemkunde en plantkunde in de periode 90-99; bescheiden organisatorische en begeleidende rollen in het Speerpuntprogramma Bodemonderzoek als coördinator van projecten op het gebied van bodemstructuur en transportprocessen, en in de C.T. de Wit Onderzoeksschool Produktie Ecologie als organisator van bijeenkomsten en cursussen. Naast het geven van colleges continuüm mechanica en de begeleiding van doctoraalscripties, bood het gasthoogleraarschap een mooie gelegenheid om de dissertaties op basis van de bovengenoemde projecten van Wilfred Otten (1994), Jan van Ginkel (1996), Marius Heinen (1997), en Bram de Vos (1997) te begeleiden, in samenspraak met collega LUW hoogleraren. Verder was ik ook nog betrokken als co-promotor bij het LUW/WOTRO project van Geert Sterk (1997) over wind erosion in de Sahel zone van Niger. Buiten Wageningen participeerde ik in het landelijk platform Nonlinear Transport Phenomena in Porous Media van het Prioriteitenprogramma Niet-Lineaire Systemen, en fungeerde ik als adviseur bij de Bouwdienst van Rijkswaterstaat m.b.t. slibdepots, en bij diverse SKB-AIO projecten van de TU Delft, U Utrecht en VU.

Bij de geleidelijk terugkeer naar vrij onderzoek waren vooral inspirerend een verblijf in 1998 als Regents Professor in de groep van Jan Hopmans op de University of California, Davis, een kort verblijf in Canberra, Australia in 1999, en gastvrijheid bij de TU Eindhoven Applied Analysis Group van Hans van Duijn in de periode 2002-2004. Het laatste leverde mooie resultaten over stabiliteit van stroming van water in onverzadigde gronden en bij overstroming door zeewater, met behulp van voor de bodemkunde nieuwe wiskundige methoden. Ik ben blij dat ik weer met echt nieuwe dingen bezig ben en daarmee in zekere zin terug bij af.