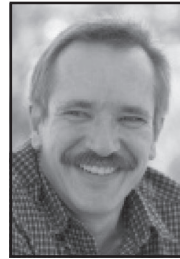


'n Holistiese beskouing van landskapontwikkeling in Geomorfologie: 'n Wetenskapsfilosofiese basis

A holistic study of landscape development in Geomorphology: A philosophical basis

CH BARKER EN G DU T DE VILLIERS

Departement Geografie, Universiteit van die Vrystaat,
Posbus 339, Bloemfontein, 9300, Suid-Afrika.
barkerch.sci@ufs.ac.za



Charles Barker



Gawie de Villiers

CHARLES BARKER is 'n boorling van Kimberley en behaal sy MSc in Geomorfologie aan die PU vir CHO (Noordwes-Universiteit). Hy aanvaar in 1989 diens in die departement Geografie aan die Universiteit van die Vrystaat. In 2002 verwerf hy sy PhD met 'n proefskrif wat handel oor landskapontwikkeling op meso-skaal. Tans is hy 'n senior dosent aan die UV en verantwoordelik vir die onderrig van Geografiese Inligtingstechnologie. Meer as dertig publikasies (tien in geakkrediteerde tydskrifte) waarvan hy outeur of mede-outeur was, het reeds verskyn.

CHARLES BARKER was born in Kimberley and graduated with an MSc in Geomorphology at the PU for CHE (North-West University). He was appointed to the department of Geography at the University of the Free State in 1989. In 2002 he obtained a PhD with a thesis investigating landscape development on a meso-scale. He is currently a senior lecturer at the UFS tasked with teaching Geographic Information Technology. He is the author or co-author of more than thirty publications of which ten have appeared in accredited journals.

GAWIE DE VILLIERS het aan die Universiteit van die Vrystaat gestudeer en het na enkele jare in die onderwys by die Departement van Waterwese se Hidrologiese Navorsingsinstituut aangesluit. Hy voltooi sy doktorsale proefskrif in 1975 oor een van die prosesse in oppervlakhidrologie, en stel modelle daar wat landswyd in Suid-Afrika bruikbaar was. Hy sit sy loopbaan voort aan die Universiteit van Kwa-Zulu Natal (Westville kampus), waar hy betrokke was by navorsing oor stedelike vloede en die waterkwaliteit van stedelike riviere. In 1993 word hy Departementshoof van die Geografie Departement, Universiteit van die Vrystaat. Hy het by verskeie geleenthede in die buiteland gewerk, en ook gereeld daar konferensies bygewoon. Hy tree in 2003 af, maar is steeds 'n navorsingsgenoot van hierdie departement, met bykans 70 wetenskaplike artikels en verslae tot sy krediet. Hy en twee medewerkers ontvang in 2008 die Douw Greeff-toekenning van die SA Akademie.

GAWIE DE VILLIERS studied at the University of the Free State and, after teaching for a number of years, joined the Hydrological Research Institute of the Department of Water Affairs. In 1975 he completed his doctoral thesis on one of the processes in surface hydrology, and proposed models that were to prove useful throughout South Africa. He continued his career at the University of KwaZulu-Natal (Westville campus), where he was involved in research on urban floods and the water quality of urban rivers. In 1993 he was appointed as Head of the Department of Geography at the University of the Free State. He worked overseas on various occasions and regularly attended conferences abroad. He retired in 2003, but is still a research associate in this department, with almost 70 scientific articles and reports to his credit. He and two co-workers received the Douw Greeff Award from the SA Academy in 2008.

ABSTRACT

A philosophical basis for the holistic study of landscape development in Geomorphology
The development of Geomorphology from two former major disciplines (Geography and Geology), makes it difficult for practitioners to accept a single major meta-paradigm as is the case with other earth sciences. It is also clear from current developments in the discipline, that the move away from the traditional qualitative research in micro-scale environments left a methodological gap in investigations into larger (meso-scale) phenomena. In this article, paradigms and science are examined with special reference to Geography as one of the parental sciences of Geomorphology (a view which is largely held in South Africa). After an elucidation of a meta-paradigm for Geomorphology, this meta-paradigm is then discussed in greater detail. Critical issues such as time and space and the way in which they are treated in Geomorphology are considered.

Five social paradigms (functionalism, positivism, pragmatism, realism and the general systems theory or holism) used in Geomorphology are explained in as far as they have been applied to the discipline in the past. These are then linked to philosophical concepts and research approaches in landscape development in particular. The historical evolution of landscape development studies and principles of landscape development such as quantitative methods, antagonism, stability, equilibrium, catenas, directedness, tectonics, and environmental variables provide the foundation from which the authors formulate a philosophical basis, "systemic realism", for the integration of process and historic-genetic studies in Geomorphology. Several criteria are given for testing the proposed methodology, based on the components from which the approach was formulated.

Results from a case study done on the Modder River catchment in the central Free State are compared with the suggested approach. Firstly, a conceptual model of the catchment is discussed. The identification of possible causal processes and environmental conditions is made from the conceptual model, previous studies and the spatial distribution of land forms and geological features in the catchment. Finally, some light is shed on the possible future development of the landscape. It is the authors' contention that systemic realism forms a sound basis for future research in landscape development and, from there, provides a guideline to resource management.

KEY WORDS: Geography, Geomorphology, Science, Landscape development, Philosophy of science, Methodology

TREFWOORDE: Geografie, Geomorfologie, wetenskap, landskapontwikkeling, wetenskaps-filosofie, metodologie.

OPSOMMING

'n Beknopte oorsig word gegee van die studiegebied van Geomorfologie. Dan word daar gekyk na paradigmas en vakwetenskappe met besondere verwysing na Geografie as moederwetenskap van Geomorfologie. Geomorfologie as wetenskap word daarna volledig ontleed, en dan word daar onder andere gekyk na tyd, ruimte, oriëntasie en afstand in Geomorfologie. Voorafgaande word vervolgens gekoppel aan filosofiese denkringtings en navorsingsbenaderings in die Geomorfologie. 'n Filosofiese uitgangspunt vir die integrasie van proses- en histories-genetiese studies in die Geomorfologie word geformuleer. Na 'n kort oorsig oor die ontplooiing van landskapontwikkelingsnavorsing word enkele resultate van 'n studie wat op die Modderrivierdreineringsbekken in die sentraal Vrystaat gedoen is, vergelyk met die voorgestelde uitgangspunt.

INLEIDING

Fisiese geografe is nie tradisioneel daarvoor bekend dat hulle hulle met 'n filosofiese introspeksie oor hulle vakgebiede besig hou nie – dit in skerp teenstelling met hulle menslike eweknieë. Soos in elke wetenskap is daar tog riglyne wat nagevolg word en in hierdie artikel word 'n denkrigting voorgestel wat die bestudering van landskapontwikkeling op 'n meso-skaal kan rig.

Die doel van Geomorfologie kan gestel word as die wetenskaplike beskrywing en verklaring vir die oorsprong, verspreiding en voorkoms van landskappe en landvorme op die aardoppervlak, asook 'n ontleding van die verantwoordelike prosesse. Die beskrywing en verklaring word gegee in terme van tyd en ruimte, met die mens as sentrale tema.¹

Uit verskeie weergawes van die geskiedenis van die Geomorfologie^{2,3,4,5} blyk dit dat twee metaparadigmas in die vak gebruik word. Anders gestel, die vak het 'n tuiste in twee sogenaamde “moederwetenskappe”. In die VSA was Geologie die oorspronklike tuiste, terwyl die vak in Europa en Brittanje grotendeels uit Geografie ontwikkel het. Geomorfologie word in Suid-Afrika (as gevolg van die Britse invloed op die akademiese struktuur) grotendeels as deel van Geografie onderrig en deel derhalwe die metaparadigma van Geografie.

Na die publikasie van die *Geografiese Siklus* deur Davis in 1889² het skrywers soos Penck (1948), King (1953) en andere gepoog om 'n funksionele, tydsgebonde teorie van landskapontwikkeling daar te stel, die sogenaamde ontwikkelingstudies. 'n Paradigmaverskuiwing na positivistiese kwantifisering sedert die vyftigerjare het a-temporele prosesstudies ten koste van tydafhanklike ontwikkelingstudies laat toeneem. Hierdie tipe studies was, in Strahler⁶ se woorde, reduksionisties en tydloos van aard. Daar is gepoog om onafhanklike veranderlikes, oorsake, prosesse en die resultaat op die landvorm van die totale spektrum van moontlikhede te isoleer, en weer later deur middel van multiveranderlike vergelykings, die bydraende invloed van elk te probeer vasstel.

Met die bekendstelling van Von Bertalanffy se Algemene Stelselteorie in die middel van die vorige eeu⁷ en sedert die verskyning van Chorley se artikel⁸ oor Geomorfologie en die algemene stelselteorie in 1962, het die term, *stelselmodellering*, meer dikwels in Geomorfologiese werk begin voorkom. Bauer⁹ verklaar later dat 'n wetenskap toegespits op slegs die beskrywing en klassifikasie van landvorme, of die studie van prosesse in isolasie van landvorme, nie die doel van Geomorfologie is nie. Hy stel dit dat integrasie en sintese deel van Geomorfologie moet wees. Sukses is reeds behaal om verskeie gedeeltes van geomorfologiese sisteme te modelleer¹⁰ en pogings is aangewend om sosiale en fisiese sisteme te integreer.¹¹ 'n Doeltreffende manier waarop integrasie en sintese bewerkstellig kan word, is om weg te beweeg van die reduksionistiese metodologie wat algemeen in Geomorfologiese navorsing gebruik word en 'n meer generalistiese benadering te volg.

Vir sy studie van die Modderrivieropvanggebied formuleer Barker¹ vyf doelwitte waaronder die bestudering van prosesse, die verwantskap tussen landvorm en proses, die holistiese beskouing van die landskap en die toepassing van die navorsingsresultate. Hy stel dan ook dat die metodologie wat gevolg word sodanig moet wees dat aan al hierdie doelwitte voldoen word. Om navorsing op so 'n holistiese wyse te doen, is dit noodsaaklik om 'n duidelike konseptuele raamwerk te hê waarvandaan die projek benader moet word.

'n Geskikte raamwerk kan bes moontlik uit die onderliggende wetenskapsfilosofiese benaderings in Geomorfologie geskep word. Vir die doel van hierdie artikel word eers na die meta- en sosiale paradigmas in Geografie (as “moederwetenskap”) gekyk voordat die toepaslike denkrigtings in Geomorfologie bespreek word.

GEOGRAFIE AS TUISTE VAN GEOMORFOLOGIE

Die metaparadigma van Geografie

Die metaparadigma is die kern van die wetenskap; met ander woorde, dit waarmee al die beoefenaars van die betrokke vakwetenskap hulle besig hou. Definisies van 'n vakwetenskap is dikwels die mees doeltreffende beskrywing van die betrokke metaparadigma. Uit enkele moderne definisies vir Geografie kan die metaparadigma van Geografie gestel word as die bestudering van die verwantskappe tussen die mens en sy omgewing in 'n tyd-ruimtelike konteks.^{12, 13, 14}

Sosiale paradigmas in die Geografie

Verskeie skrywers gee hulle eie weergawes van watter sosiale paradigmas (onderliggende teorieë of denkskole) deur die ontwikkeling van Geografie as vak nagevolg is. Peet¹² se weergawe van denkskole in die Geografie sluit byvoorbeeld paradigmas soos humanistiese, radikale, feministiese en post-moderne rigtings in. Holt-Jensen¹³ beskou proses-, deterministiese en stogastiese modelle ook as sosiale paradigmas. Dit is buite die bestek van hierdie artikel om 'n bespreking van al die denkrigtings in Geografie in besonderhede te gee. Die navorsers volstaan dus met slegs enkele voorbeelde wat toepaslik vir die doel van die artikel is.

Die **ruimtelik-analitiese** benadering in Geografie word deur Coffey¹⁴ as die wetenskaplike studie van ruimtelike prosesse en gebeurtenisse en die variasie in lokalisering en verspreiding van 'n verskynsel of groep verskynsels beskou. Die begrip "holisme" soos omskryf deur Smuts¹⁵ het rigting gegee aan 'n paradigma wat eintlik nog altyd in die Geografie aanwesig was, naamlik die **sistemiese bestudering** van oorsaak-gevolg verwantskappe, temporele, funksionele en teleologiese verklarings van die verhouding tussen die mens en sy habitat (omgewing). Die moderne **streeksgeografie** (of "gebiedstudie") word volgens Barnard¹⁶ binne vier riglyne beoefen: Tematies – 'n gebied moet op grond van 'n tema verklaar kan word; temporeel-veranderlik – die hantering van tyd moet diachronies (ontwikkeling), sinchronies (gelyktydig) of toekomsgerig wees; kontekstueel-idiografies – die hantering van die mens-omgewing wisselwerking; en interdisciplinêr – die interdisciplinêre aard van sodanige studies.

In die lig van hierdie paradigmas, word Geomorfologie as wetenskap vervolgens bespreek en etlike van die tersaaklike paradigmas word kortliks behandel.

GEMORFOLOGIE AS WETENSKAP

Meta-paradigma

In hierdie gedeelte word die aard van Geomorfologie as wetenskap verduidelik. Weereens word definisies uit die literatuur gebruik om 'n Metaparadigma vir Geomorfologie te formuleer: *Die bestudering van alle aspekte van landvorme op die oppervlak van die aarde, én van die verspreiding daarvan in ruimte en deur tyd wat praktiese toepassing vind in bepaalde aspekte van omgewingsbestuur.*^{17, 18, 19}

Oor die onderwerp van studie, die aardoppervlak, is daar nie in wetenskaplike kringe 'n dispuut nie: Alle aspekte rakende landvorme, die oorsaaklike prosesse en die aard van gevolglike landskappe is ter sprake. Die manier waarop hierdie verskynsels in ruimte en tyd deur Geomorfoloë beskou word, verskil egter en word vervolgens bespreek.

Tyd en ruimte in die Geomorfologie

Geografiese inligting bestaan uit drie komponente: tyd, ruimte en attribuut. Ritter²⁰ wys op die probleme wat in Geomorfologie ontstaan sodra óf tyd, óf ruimte, elk met 'n eie doel en metodologie, die primêre doelwit van navorsing word. Tydgesentreerde studies word onder andere in tektoniese analyses of ontledings van klimaatsveranderings gebruik, terwyl ruimte onder andere dikwels in prosesstudies teenwoordig is, en vir voorspellings oor die gevolge van veranderinge in die kontrolerende faktore in 'n landskap gebruik word. Aangesien die hantering van hierdie twee komponente grotendeels die verskillende denkrigtings in Geomorfologie bepaal, en die vak ook met Geografie verbind, word dit in die volgende gedeeltes in meer detail bespreek.

Die rol van tyd in Geomorfologie

Thornes en Brunsten²¹ merk op dat tyd alle velde van Geomorfologie, van gelokaliseerde studies tot abstrakte makroskopiese modelle beïnvloed, en dat van die belangrikste konsepte in die vakwetenskap soos ewewig, gradering, omvang, frekwensie en landskapontwikkeling aan tyd gekoppel kan word. Die sentraliteit van tyd is teenwoordig by denudasiechronologie en ontwikkelingstudies, die meganisme en tempo van morfologiese prosesse en sisteem-gebaseerde benaderings. Hulle stel dit egter duidelik dat tyd net een van die sentrale temas in Geomorfologiese denke is. Ander aspekte soos litologie en proses, klimaat, ruimtelike veranderings en stogastiese prosesse het ook 'n invloed op waarneming, interpretasie en die modellering van verskynsels in tyd.²¹

Davis²² beskou tyd as die belangrikste faktor in landskapontwikkeling en sy paradigma is dan ook, soos Darwin (met wie hy blykbaar bevriend was) se idees, gegrond op verandering met die verloop van tyd.²³ Davis²² stel dit egter dat daar nie 'n eenvoudige verband tussen tyd, die tempo en mate van verandering bestaan nie. In teenstelling met Davis, is hierdie gerigte konsep van geologiese tyd nie deur Gilbert gebruik nie.²⁴ Hy het tyd as 'n matriks vir oorsake beskou, maar nie as 'n kousale veranderlike nie.²⁰ Walter Penck het 'n soortgelyke siening van tyd gehad en het eerder die wisselwerking tussen endogene en eksogene prosesse as die bepalende faktor in landskapontwikkeling beskou.²³ Tyd en die keuse van tydskaal het verder ook 'n belangrike invloed op die persepsie van ewewig in fluviale stelsels, die oorsaak-gevolg verwantskap en die omvang-frekwensie eienskappe van prosesse.²⁵

Ten einde 'n voorspelling te maak oor die toekomstige aard van 'n landskap of om die historiese ontwikkeling van die landskap te verklaar, moet aanvaar word dat daar oor tyd verandering plaasvind. Die konsep *entropie* maak voorsiening daarvoor dat die landvorm-tydverwantskap vertolk kan word om, vir 'n gegewe tydskaal en in 'n gegewe ruimte, 'n verskeidenheid ewewigtoestande te toon.²³

Schumm & Lichty²⁶ identifiseer tyd en ruimte as belangrike faktore in die onderskeiding tussen oorsaak en gevolg in geomorfologiese studies. Verder formuleer hulle die terme *sikliese, gegradeerde* en *stabiele tyd* om die aard van veranderlikes in Geomorfologiese studies te verduidelik (verwys ook na Tabel 1). Faktore wat die aard van die landskap bepaal, kan óf afhanklike, óf onafhanklike veranderlikes wees, afhangende van die dimensies van tyd en ruimte. Gedurende lang tydperke is kanaalmorfologie, byvoorbeeld, afhanklik van geologiese en klimaatsfaktore, maar oor korter tydperke is dit 'n onafhanklike faktor wat die hidroulika van die stroomkanaal beïnvloed. Schumm²⁷ beskou tyd as 'n manier waarmee verandering gemeet kan word. Tyd kan dien as 'n indeks van energieverbruik, werk wat gedoen word of die verandering in entropie. Aangesien hierdie veranderlikes nie deur die loop van geologiese tyd gemeet kan word nie, kan tyd as 'n plaasvervanger

daarvoor beskou word. Tyd beïnvloed ook Geomorfologiese waarneming. Cullingford *et al.*²⁸ onderskei drie tydskaal om verskillende waarnemingsmetodes in die Geomorfologie te verduidelik (Tabel 1).

TABEL 1: Tydskaal vir Geomorfologiese waarnemings (Aangepas^{26,28})

Termyn	Tydsduur (jaar)	Waarnemingsmetodes
Kort (Stabiel / Gegradeer)	10 ¹ tot 10 ²	Direkte waarneming en meting van proses en verandering, historiese data vanaf kaarte en fotobeskrywings.
Medium (Gegradeer / Siklies)	10 ³ tot 10 ⁴	Indirekte datering van oppervlakke deur grondvorming, verwerking, ligenometrie, ens.
Lank(Siklies)	10 ⁴ tot 10 ⁵ +	Stratigrafiese metodes

Die aard en omvang van die landskap bepaal dikwels watter tydskaal toepaslik sal wees, terwyl die doel van navorsing ook 'n belangrike rol in die keuse van tydskaal speel. Kortere tydskaal is gewoonlik van toepassing in prosesstudies, omgewings- of risikostudies en ingenieursprojekte, maar ondersoek op meso-skaal na oorsaaklike prosesse in 'n landskap het inligting oor langer tydperke nodig.²⁹

Konsepte ten opsigte van ruimte in Geomorfologie

Na aanleiding van werk deur Nystuen, bespreek Thorn²³ drie komponente van ruimte wat vir Geomorfologiese studies van belang is, naamlik oriëntasie, afstand en samehang. Die analise van die oriëntasie van liniêre en oppervlakverskynsels word baie maal in die bepaling van kousale faktore soos windrigting en eoliese afsetting²⁴ gebruik. Afstand is 'n aanduiding van die mate van skeiding tussen voorwerpe. Die mees algemene toepassing in Geomorfologie is die bepaling van afhanklikheid tussen voorwerpe wat kan afneem as afstand toeneem. Thorn²³ verwys hierna as "ruimtelike verval funksies" wat gebruik kan word om die verwantskap tussen bron en afsettingsgebiede te ondersoek. 'n Verdere funksie van afstand is die groepering (klassifikasie) van soortgelyke voorwerpe met geen of min variasie oor afstand. Afstand het verder 'n belangrike rol te speel in die identifisering van stroomlyne, stroomvloei en kanaalmorfologie asook sedimentewering en -afsetting. Die samehang tussen verskynsels was volgens Thorn²³ al die onderwerp van vele besprekings en die belangrikste konsepte is verspreiding, patroon, digtheid en verstrooiing.

Die verandering in die resolusie en grootte van verskynsels en voorwerpe veroorsaak dat skaal en grootte verdere aspekte is wat in 'n bespreking van ruimte belangrik is. Schumm²⁷ omskryf skaal as die resolusie waardeur na verskynsels gekyk word en grootte as die vergelyking van groot en klein verskynsels. Die kompleksiteit van verskynsels neem toe met 'n toename in grootte (klein na groot) en as skaal groter word (lae na hoë resolusie). Ekstrapolasie van klein na groot, en omgekeerd, en met lae resolusie mag dalk nie moontlik wees nie.

Met hierdie twee belangrike aspekte in gedagte word enkele sosiale paradigmas wat prominent in geomorfologiese navorsing gebruik is, vervolgens bespreek.

Sosiale paradigmas in geomorfologie

Verskeie veranderings in die implisiete doelstellings van Geomorfologie as, eers deeldisipliene in Geografie (in Europa) of Geologie (in Amerika) en later as selfstandige wetenskap, word deur Chorley³⁰ in sewe fases verdeel. Hierdie fases, wat in 'n groot mate verband hou met die wetenskapsbeskouing van die tyd is kortliks teleologies, immanent, histories, taksonomies, funksioneel, realisties en konvensionalisties. Meer onlangs noem Harrison & Dunham³¹ vier filosofiese (of ontologiese) benaderings, naamlik empirisisme, positivisme, kritiese rasionalisme en realisme. In 'n bespreking van teorieë onderskei Rhoads & Thorn³² vier groepe epistemologieë wat in Geomorfologiese navorsing aanwesig is: rasonale realiste (teorie stel die werklikheid voor en teorie-seleksie is 'n rasonale proses); natuurlike anti-realiste (teorie stel nie die werklikheid voor nie en teorie-seleksie is gebaseer op individuele oordeel en sosiale wisselwerking); rasonale anti-realiste (teorie stel nie die werklikheid voor nie en teorie-seleksie is 'n rasonale proses); en natuurlike realiste wat aanvoer dat teorie die werklikheid voorstel maar dat teorie-seleksie op subjektiewe faktore gebaseer is.

Dit is duidelik dat daar verskeie sosiale paradigmas in die wetenskap bestaan. In die volgende gedeelte word daar van die denkrigtings wat reeds in geomorfologie gebruik is in meer detail bespreek. Klem word gelê op die maniere waarop navorsers en aanhangers van die verskillende denkrigtings met die kenbare werklikheid in Geomorfologie omgaan.

Funksionalisme

Funksionalisme is 'n formalisering van die toepassing van die sisteemteorie³³ en het betrekking op die verwantskappe tussen doel (uitset), behoefte (inset) en die verbindings tussen komponente en prosesse. Harvey³⁴ noem dat funksionalisme implisiet in geografiese navorsing gevolg is en, alhoewel oorspronklik van toepassing op sosiale wetenskappe, skryf Church³⁵ dat funksionalisme dikwels in prosesgeomorfologie voorkom. Ahnert³⁶ bestempel “funksionele” geomorfologie as 'n verklarende beskrywing van die verwantskappe tussen veranderlikes soos landvorme, gesteentetipe, gronde en prosesse. Die basis van verklaring is empiriese waarneming, bepaling van proesestempo en eksperimentering onder gekontroleerde toestande. Harvey³⁴ sê verder dat die funksionalistiese metodologie 'n organismiese model binne die sisteembenadering volg. Die verwantskap tussen komponente is inherent produktief-kousaal wat beteken dat daar 'n *voorwaardelikheid, toereiktheid, onveranderlikheid, uniekheid en kontinuïteit* in die veranderlikes en prosesse bestaan. Hierdie beskouing is moontlik nie van toepassing op die moontlike stogastiese aard van morfologiese prosesse nie.

Positivisme

Volgens Mouton³⁷ het die positivisme sy ontstaan in Bacon se induktiewe wetenskaplike metode wat ontwikkel is om weg te kom van Aristoteles se deduktiewe metode wat waargenome feite in 'n vooraf geformuleerde teoretiese sisteem probeer inpas. Harvey & Holly³³ bestempel positivisme as 'n standpunt wat kennis tot waarneembare feite (verskynsels) en die verwantskap tussen hierdie verskynsels beperk.

Hill³⁸ verklaar dat die belangrikste invloed van die positivisme op die Geografie seker die waarde van noukeurige waarnemings is. Kwantitatiewe geomorfologie (positivisties van aard) het bes moontlik ontstaan in 'n poging om tydskaal in pas te bring met die waarneembare ruimte³⁵ maar was beperk tot klein-skaal ondersoeke wat ruimte en tyd betref. Dit word deur Bauer³⁹ beaam as hy

sê dat eksperimentering en hipotesetoetsing net in klein-skaal ondersoek soos met watergeute, windtonnels of eksperimentele persele moontlik is. Church³⁵ sê verder dat groter skaal ondersoek na landskapontwikkeling, endogene invloede en gevolge ontbloot wat nie voorspel kan word nie.

Pragmatisme

Pragmatisme stel dat betekenis en kennis slegs gedefinieer kan word in terme van ondervinding. Dit beklemtoon ondervinding, eksperimentele navorsing en die werklikheid as kriteria vir die evaluering van kennis.³³ Baker⁴⁰ beweer dat Geologie en Geomorfologie nog maar altyd pragmaties en prakties bruikbaar was en dat alle kennis en denke toegespits moet wees op die oplos van alledaagse probleme.

Realisme

Richards⁴¹ sê in sy redaksionele artikel, “Real Geomorphology”, dat die oogmerk van realisme verklarings (in stede van voorspellings) is wat op netwerke (sisteme) van onderliggende kousale meganismes (natuurlike meganismes en gebeurtenisse tesame met empiriese waarnemings) gebaseer is. Hy stel egter duidelik dat interaktiewe meganismes of prosesse in ’n werklike “oop sisteem” ander resultate kan lewer as in ’n gekontroleerde eksperimentele omgewing. Rhoads⁴² beskou realisme as een van drie belangrike perspektiewe in die moderne wetenskapsfilosofie en noem dat realisme die totale spektrum van geomorfologiese navorsing kan onderspan en moontlik ’n samesnoerende filosofiese raamwerk vir Geomorfologie kan vorm.

Die Algemene Sisteemteorie (Holisme)

Die Algemene Sisteemteorie het sy (formele) oorsprong in die vroeë 1950’s by Von Bertalanffy⁷ wat die teorie geformuleer het as ’n poging om wetenskappe saam te snoer deur die daarstel van ’n nuwe paradigma vir wetenskapdenke.⁴³ Hanken en Reuver⁴⁴ sê dat die sisteemteorie ’n reaksie was op die oordrewe spesialisasie wat in baie wetenskappe aangetref word en klem wou lê op die ooreenkomste tussen die verskillende wetenskappe. Die sisteemteorie is veral van nut in die oplossing van komplekse en meesal interdisiplinêre probleme en, soos Kriek⁴⁵ dit stel, die beeld wat van verskynsels as geheel geskep kan word. Die verskynsel kan dan saam met die omgewingsinvloede wat op die hele stelsel inwerk, en deur die aksie van ’n stel interne veranderlikes (insette, omskakelings, uitsette en terugkoppelingsnetwerke) verklaar word.⁴⁵

Hoewel die sisteemteorie op sigself nie ’n tegniek is vir die bestudering van die werklikheid nie, stel sisteemanalise, ’n uitvloeisel van die teorie, wetenskaplikes in staat om die werklikheid as ’n oop of geslote sisteem te bestudeer. Chorley⁸ stel sewe voordele wat die gebruik van die sisteembenadering vir Geomorfologie inhou. Drie van die voordele is direk van toepassing op hierdie bespreking: die moontlike verwantskap tussen proses en vorm, die multiveranderlike aard van die meeste geomorfologiese verskynsels en die beskouing van landskappe as ’n geheel.

NAVORSINGBENADERINGS IN LANDSKAPONTWIKKELING

In die voorafgaande gedeeltes is enkele komponente uit die wetenskapsfilosofie genoem wat vir die doel van die bespreking toepaslik is. In hierdie afdeling wil die skrywers deur ’n oorsig oor ’n paar kritiese beginsels van landskapontwikkeling, die agtergrond vir die formulering van ’n sosiale paradigma skeep wat in ’n gevallestudie gebruik is.

Beginsels van landskapontwikkeling

'n Hele aantal skrywers het reeds probeer om die “grondbeginsels” van geomorfologie saam te vat. Enkele voorbeelde van prominente idees is Hutton se “wette” (1788), Playfair se “illustrasies” (1802), Gilbert se “wette” (1880), Davis se “siklus” (1909), Penck se “analise” (1922), Strahler se “dinamiese basis” (1952), King se “kanons” (1963), Thornbury se “basiese beginsels” (1969), Tricart en Cailleux se “dinamiese eenheid” (1972), Schumm (1977) se vier konsepte, Büdel se “stelsel” (1982), Scheidegger se “vyf beginsels van landskapontwikkeling” (1987) en Brunson se “tien stellings” (1990).

Volgens King⁴⁶ is die wetenskaplike bestudering van landskappe gedurende die laaste helfte van die negentiende eeu gevestig deur skrywers soos Powell (1834-1902), Gilbert (1843-1918), Davis (1850-1934) en A Penck (1858-1945). Hutton se gelykheidsbeginsel (uniformitarianisme) het veroorsaak dat gesoek is na 'n verklaring vir die historiese uniekhede van 'n landskap. Die onderliggende motief van geomorfologiese navorsing was die daarstel van 'n tydpatroon vir die interpretasie van die landskap, en teorieformulering is uitgevoer deur die patroon te skep.³⁵ Hoewel skrywers soos Gilbert, A Penck en later ook W Penck (1888-1923) 'n semikwantitatiewe benadering gevolg het, is geomorfologie deur 'n kwalitatiewe beskrywing van sikliese landskapontwikkeling gekenmerk wat kulmineer in die “Erosiesiklus” van Davis. Church³⁵ sê dan ook die rede hiervoor was dat daar nie “instrumente” was waarmee die mens sy begrip van skaal by geologiese tyd kon aanpas nie.

Hierdie skynbare onvermoë om waarneembare prosesse (op 'n beperkte tydskaal) met die ruimtelike skaal van landskappe in verband te bring, het veroorsaak dat 'n “nuwe” benadering tot geomorfologiese studies sedert die tweede helfte van die twintigste eeu deur skrywers soos Horton (1945), Strahler (1950, 1952, 1956), Schumm (1956), Melton (1957), Morisawa (1958, 1962, 1964, 1968) en ook Leopold *et al.* (1995) gevestig is. Dié benadering was in 'n groot mate reduksionisties⁴⁷ en funksioneel³⁵ van aard en het gepoog om ruimtelike skaal te beperk tot dit wat met die tydskaal van waarneembare prosesse³⁵ vergelykbaar was.

In wat bekend staan as dinamiese of prosesgeomorfologie, konsentreer aanhangers op erosie- en afsettingsproesse, die meganiese beginsels van spanning, skuifskuur en vervorming, vloeistofdinamika en die tempo van werking. Hoewel die bydrae wat kwantitatiewe navorsing tot regionale ontwikkelingsstudies moes lewer deur Strahler⁴⁷ beklemtoon word (as hy waarsku dat die dinamiese en historiese gedeeltes van geomorfologie nie geskei moet word nie), noem Church³⁵ dat “grootskaalse” landskapontwikkelingsteorieë deur die paradigma geïgnoreer is.

Die prosesparadigma oorheers geomorfologiese denke tot ongeveer 1970/80 waarna skrywers soos Richards⁴¹, Rhoads⁴² en Basset⁴⁸ 'n meer realistiese benadering in geomorfologie bepleit. 'n Realistiese benadering maak dit (volgens Rhoads⁴²) moontlik om komplekse “wette” saam te voeg om komplekse sisteme te verklaar. Die numeriese modellering van komplekse nie-liniêre sisteme stel die navorser in staat om die relatiewe invloed van bydraende aanvangstoestande en algemene fisiese en chemiese wette op die voorspelde patrone van sisteemontwikkeling te ontdek. Hy⁴² sê ook verder dat nie-liniêre dinamiese modelle die potensiaal het om sinergistiese eienskappe en strukture aan te toon wat nie deur verwantskappe tussen geïsoleerde komponente van die sisteem voorspel kan word nie.

Landskapontwikkeling as studieveld in die geomorfologie beskik ook reeds oor 'n stewige teoretiese basis wat vervolgens bespreek sal word.

Prosesgeomorfologie (Kwantitatiewe metodes)

Schumm⁴⁹ noem dat navorsers twee keuses in die benadering tot dreineringsstelsel- studies het. Hulle kan die stelsel oor 'n kort tydperk as 'n fisiese stelsel beskou, of as 'n stelsel wat oor geologiese tyd verander; dus, die konsep van sikliese tyd en funksionalisme / realisme. Sy model van 'n dreineringsstelsel ('n landvorm) berus op twee aannames, naamlik materie (sediment en water) word in 'n brongebied opgewek, vervoer en in 'n afsettingsgebied gedeponeer (proses) en 'n stabiele stroomkanaal is 'n funksie van geologie, klimaat en grondgebruik (omgewing). Strahler⁴⁷ isoleer die fisiese meganika in morfologiese prosesse wat tot landskapsontwikkeling lei. Prosesgeomorfologie word deur Chorley *et al.* as die studie van erosie- en afsettingsproesse asook die meganismes en tempo's verantwoordelik vir die landvorm⁵⁰ gedefinieer.

Kwantitatiewe navorsing maak gebruik van statistiese en wiskundige tegnieke en is toepaslik wanneer die navorser metings kan gebruik om 'n bruikbare beskrywing van 'n studieonderwerp te gee; wanneer beskrywende veralgemenings van die metings gedoen wil word of wanneer die waarskynlikheid dat sekere veralgemenings nie aan eenvoudige toeval toegeskryf kan word nie, bepaal wil word.⁵¹ Holt-Jensen⁵² noem ook dat kwantitatiewe metodes handig is met die bou en analise van modelle en sisteme en Fotheringham *et al.*⁵³ is oortuig dat numeriese dataontleding 'n doeltreffende en betroubare manier is om kennis oor die ruimtelike prosesse te bekom met die kleins moontlike fout.

Antagonisme, stabiliteit en ewilibrum

Die beginsel van antagonisme⁵⁴ of gelyktydigheid⁵⁵ dui op die balans tussen endo- en eksogene prosesse. Endogene prosesse is die gevolg van tektoniese spanning wat redelik homogeen en sistematies in streke voorkom.⁵⁴ Eksogene prosesse is afhanklik van turbulensie in lug- en watervloei en vind lukraak plaas.⁵⁶ Eksogene prosesse kan deur stogastiese modelle verklaar word en is ook volgens Scheidegger⁵⁴ suksesvol gebruik om die oorsprong van geomorfologiese verskynsels te identifiseer.

Morisawa⁵⁷ verklaar dat daar 'n verband tussen die snelheid van opheffing (Vu) en denudasie (Vd) bestaan en die gedagte word deur Scheidegger⁵⁴ gebruik om sogenaamde intensiteitsparameters voor te stel. Die nettoresultaat op die landskap kan dan soos volg opgesom word:

$V_u = V_d$ Staties (geen verandering in reliëf)

$V_u > V_d$ Opbouing (toename in reliëf / "potensiële energie" en prosestempo)

$V_u < V_d$ Denudasie (verlaging in reliëf / "potensiële energie" en prosestempo)

Landvorme ontstaan deur tektoniese en denudasieproesse wat gelyktydig plaasvind en is 'n direkte weerspieëling van die verhouding tussen die tempo's van hierdie prosesse.⁵⁵ Natuurlike sisteme verkeer normaalweg in een of ander vorm van ewewig.⁵⁸ Verandering in sulke sisteme is konstant en die stelsel kan as stabiel beskryf word. Stabiliteit kan 'n paar vorms aanneem waaronder 'n dinamiese ewilibrum. Dié konsep van Hack⁵⁹ maak voorsiening vir fluktuasies om 'n nie-herhalende gemiddelde met die verloop van tyd.⁶⁰ Phillips⁶¹ verskil hiervan en sê dat daar nie noodwendig een ewilibrumtoestand vir 'n geomorfologiese stelsel sal bestaan nie. Hy lê eerder klem op disekwilibrum, non-ekwilibrum en veelvuldige ewilibria, verder ook op nie-liniêriteit, terugvoer en universaliteit. Schumm⁴⁹ beskou dinamiese ewilibrum as 'n vorm wat oor 'n korter periode (sikliese tyd) mag voorkom.

Scheidegger^{54,56} stel dat dié vorm van ewilibrum in wese onstabiel is. Hiermee bedoel hy dat individuele landvorme nie permanent is nie, hoewel die oorkoepelende voorkoms konstant lyk (fluktuasie om 'n gemiddeld). Verder is die rigting van verandering weg van uniformiteit wat, op sy

beurt, beteken dat daar 'n algemene toename in entropie in die sisteem is. Indien 'n gebeurtenis op die frekwensieomvangskaal van 'n tektono-klimatologiese sisteem egter die normale gedrag van die sisteem omverwerp, sal die sisteem reageer en aanpas tot 'n nuwe ewewig wat uitdrukking sal kry in nuwe kenmerkende landvorme. So 'n gebeurtenis staan as 'n geo-katastrofe bekend.⁵⁵ Die gedagte hang ook saam met Schumm⁴⁹ se konsep van drempelwaardes. Daar kom 'n wye ruimtelike variasie voor in die vermoë van 'n landskap om te verander. Hierdie vermoë staan as die sensitiwiteit vir verandering bekend. Morfologie is egter nie net die gevolg van historiese prosesse nie, maar is self ook 'n faktor wat huidige erosieprosesse en daarom ook die toekomstige landskap beïnvloed.⁶² Landskapstabiliteit is 'n funksie van die tyd-ruimtelike verspreiding van weerstandbiedende en versteurende kragte en is dus divers en kompleks.

Katenas, gerigtheid, tektoniek en omgewingstoestande

Ten spyte van die primêr stogastiese aard van eksogene prosesse bestaan daar tog 'n mate van gerigtheid in die werking van hierdie prosesse. Hierdie "seleksie" van landvorme is grootliks die gevolg van die gewig van die materiaal in die landvorm self en veroorsaak dat stadies-stabiele landvorme by voorkeur gevorm word.⁵⁴ 'n Bekende beginsel uit Bodemkunde, die katena, vorm die basis van kenmerkende "kettings" van eienskappe wat op bepaalde plekke in die landskap ontwikkel. Scheidegger⁵⁴ se gedagte met katenas is feitlik dieselfde as King⁶³ se hangelemente en vorm dikwels die basis vir die herkenning van landvormstreke.

Geologiese struktuur (in die breë sin van die woord) is een van die vroegste beginsels wat deur Davis²² geïdentifiseer is as bepalend in landskapontwikkeling. Tektoniese voorafbepaling beteken dat, alhoewel eksogeniese verskynsels ewekansig plaasvind, landvorme sistematies ontstaan as gevolg van strukturele beheer soos tektoniese beweging en geassosieerde spanningsvelde.⁵⁵ Die aanvangstoestande vir landvormontwikkeling word verder gestel deur omgewingstoestande (spesifiek veranderende seevlakke) soos ondervind word gedurende die lewensduur van 'n landskap.⁵⁵ Landvorme is ook gedurig blootgestel aan 'n wisseling in die omgewingstoestande van die sisteem. Vir enige gegewe stel omgewingstoestande sal daar deur die aksie van 'n konstante stel prosesse 'n neiging wees vir 'n stel kenmerkende landvorme om te ontwikkel.

Met bogenoemde in gedagte, gaan die skrywers poog om in die volgende gedeelte 'n werkbare denkrigting voor te stel waarmee navorsing in landskapontwikkeling gerig kan word.

SISTEMIESE REALISME: 'N PRAKTIESE OPLOSSING

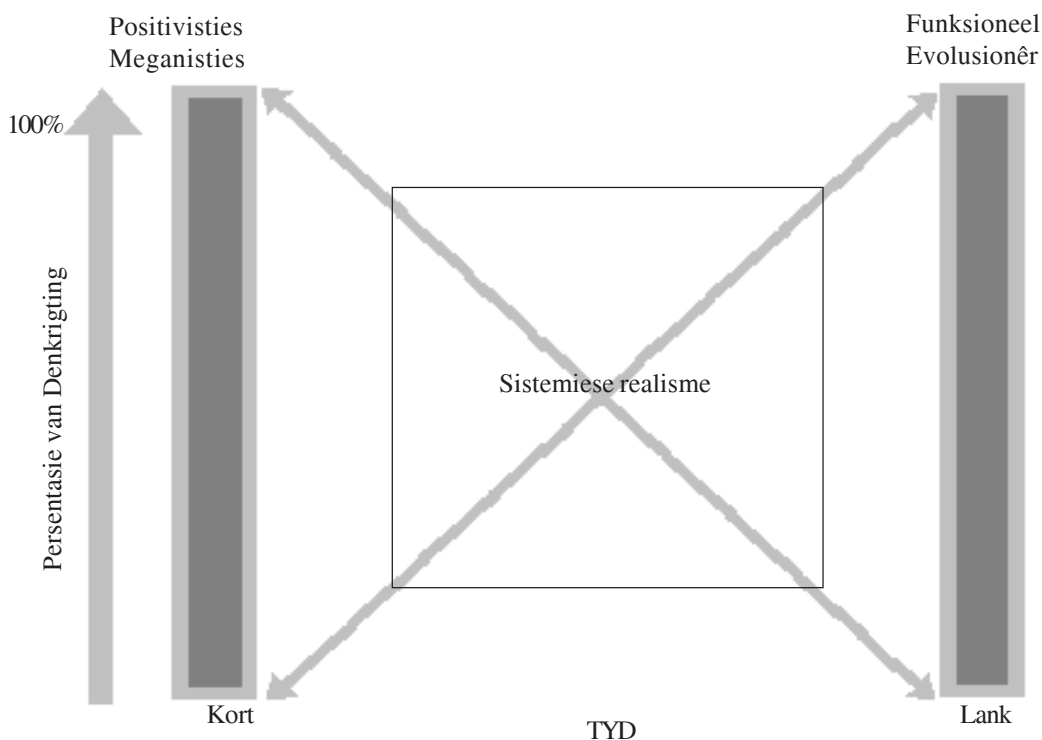
In die voorafgaande gedeeltes is die huidige denkrigtings en sosiale paradigmas in Geomorfologie bespreek. Nie een van die huidige denkrigtings wat in Geomorfologie gebruik word, is op sigself geskik vir die uitvoering van landskapontwikkelingstudies op mesoskaal (beide ruimte en tyd) nie. In hierdie afdeling word die denkrigtings en sosiale paradigmas wat Barker¹ in die Modderivier-opvanggebied gebruik het, verduidelik en aan die hand van verkreeë resultate gerugsteun.

Drie aspekte van realisme het aanleiding gegee tot die gedagte dat sistemiese realisme 'n geskikte epistemologie is om landskapontwikkeling mee te benader: (1) daar is kousale komponente in die geskiedenis van 'n landskap wat nie waargeneem kan word nie; (2) die werklikheid is gestruktureer en komponente kan nie in isolasie beskou word nie; en (3) die intrinsieke eienskappe van 'n komponent sal slegs aanleiding gee tot verandering (kousaliteit) mits die oorsaaklike omgewingstoestande aanwesig is. Uit die funksionalisme word die **funksie** van morfologiese veranderlikes gebruik. Die bydrae van die positivisme lê in die **ontleding** van 'n landskap soos dit

tans daar uitsien en die wiskundige modelle wat geformuleer is om **proses** te beskryf. Die pragmatisme lewer 'n bydrae tot die **praktiese** waarde van die studie. Realisme word gebruik om verborge **kousale veranderlikes** aan te dui. Die sisteemteorie verskaf die **metodologie** vir die studie deur sisteemanalise wat met behulp van Geografiese Inligtingstegnologie aangewend kan word.

Deur die sisteembenadering en realisme te kombineer is gepoog om die tyd- en ruimte- (skaal) beperking in landskapontwikkelingstudies te oorbrug. Figuur 1 gee 'n perspektief op die benadering wat gevolg is. Sistemiese realisme gebruik konsepte uit die hele spektrum van die positivistiese tot die funksionele denkrigings en so ook die artefak-paradigmas wat daarmee saamgaan. Die tydskonsep wat gebruik word, lê tussen gegradeerde en sikliese tyd (Tabel 1).

Om die sukses van sistemiese realisme te toets, word gekyk na die vermoë van die benadering om 'n geheelbeeld van die verwantskap tussen huidige prosesse en landvorme te gee; kan die benadering 'n aanduiding gee van kousale faktore wat tot uiting kom in die huidige vorm van die landskap; en kan enige voorspelling gemaak word van toekomstige ontwikkeling – aangeneem dat tektoniese faktore konstant bly.



Figuur 1: *Sistemiese realisme*

DIE MODDERRIVIER GEVALLESTUDIE

Agtergrond

Die Modderrivier dreineer 'n gebied in die sentraal-Vrystaat en word gekenmerk deur 'n normale dendritiese dreineringspatroon in die oostelike gedeelte. Oppervlakdreinerings in die weste word belemmer deur 'n groot aantal panne.

Verskeie morfometriese parameters (bekken-, stroom-, en vormparameters) wat reeds in vroeëre studies^{64, 65} geïdentifiseer is en etlike prosesparameters (Tabel 2) is vir die studie ontleed. Die parameters is as volg gegroepeer: *Stroomparameters* (met betrekking op die aard van strome in die studiegebied), *Bekkenparameters* (beskrywend van die aard van die bekkens), *Proses 1* (parameters wat in die erosie model (USLE) gebruik is) en *Proses 2* (parameters wat ontwikkel is om prosesse in die landskap te karakteriseer).

Met behulp van Geografiese Inligtingstegnologie is die dreineringsbekkens eerstens in eerste- tot sewende-orde opvanggebiede verdeel en daarna is die tersaaklike parameters bepaal. Ten einde die analise tot 'n hanteerbare datastel te beperk, is slegs van tweede-orde bekkens gebruik gemaak. Verskeie tegnieke soos faktoranalise, trosanalise, korrelasie en regressie is in die studie gebruik om die parameters te karakteriseer en ook om verwantskap en oorsaak tussen parameters te bepaal.

TABEL 2: Parameters wat in die Modderrivierstudie gebruik is

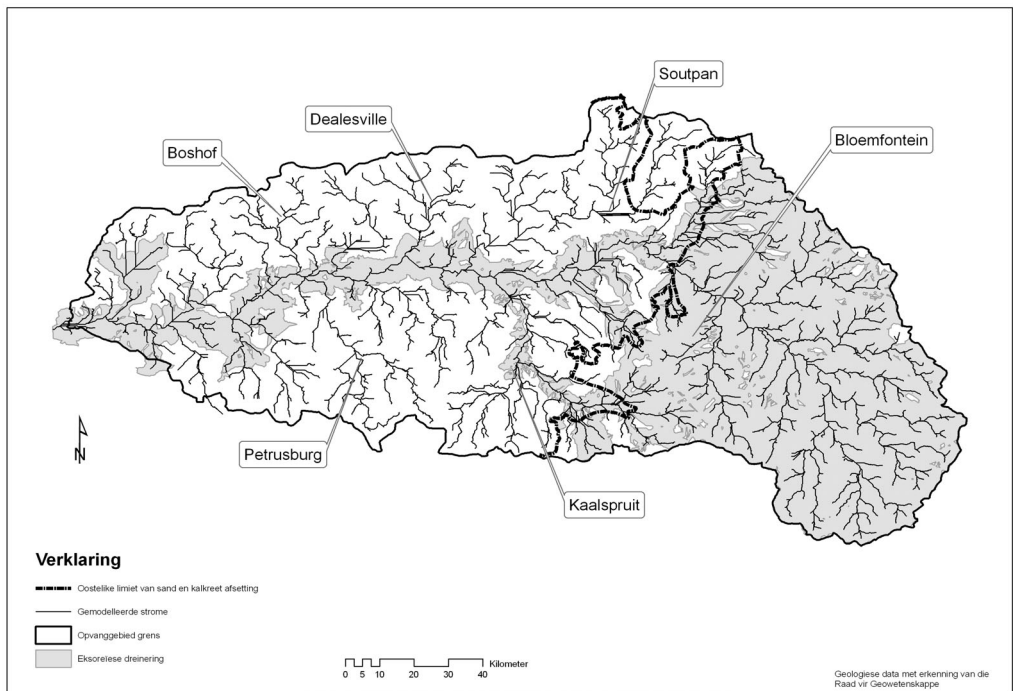
Tipe	Parameter	Simbool
Stroom	Aantal strome	COUNT
	Dreineringsdigtheid	DD
	Stroomlengte	S_LENGTH
	Vloeilengte	F_LENGTH
	Vloeiakkumulاسie	FACC
Bekken	Bekkenlengte	B_LENGTH
	Bekkenomtrek	PERIMETER
	Bekkenoppervlakte	HECTARES
	Helling (°)	SLDEG
	Hoogte bo seevlak	ALT
	Reliëf	REL
Vorm	Sirkelvormigheid	CIRCLE
	Verlengingsverhouding	ELONG
	Vormverhouding	BV_SHAPE
Proses 1 (Erosie)	Bedekking	C_LU
	Erodeerbaarheid	K
	Erosie	USLE_LU
	Erosiwiteit	R
	Helling-lengteverhouding	LS
Proses 2 (Landvorm)	Benattingsindeks	WET
	Plankromming	PLAN
	Profielkromming	PROF
	Sedimentvervoerindeks	TPT
	Stroomkragindeks	POW

kleierige gronde ('n wesentlike negatiewe verband in Figuur 2). Huidige erosieprosesse blyk dus die aktiefste te wees in gebiede met hoë reliëf, hoë erodeerbaarheid en 'n lae bedekingswaarde. Aanduidings bestaan ook dat die gebied gedurende die laaste 20 000 jaar 'n laer reënval as die huidige gehad het⁶⁷ wat 'n laer bedekking sou impliseer en ook die erosiepotensiaal sou verhoog.

'n Vergelyking met die verspreiding van kwaternêre sandafsettings⁶⁸ in die gebied toon 'n opvallende ooreenkoms met die westelike "grens" van die eksoreïese dreineringsgebied (Figuur 3). Dit lyk of die sandafsettings en die droër klimaat 'n invloed op die oppervlaktreinerings, en daarom ook die ontstaan van die panne in die gebied, kon gehad het.

Toekomstige ontwikkeling

'n Dreineringsmodel van die Modderrivier sonder die invloed van panne (Figuur 3) verskaf inligting oor die moontlike toekomstige aard van die opvanggebied. Die model toon die ligging van 'n hele paar groter sytakke vir die Modderrivier waarvan die prominentste deur die huidige Soutpanomgewing loop. Verdere sytakke word in die Dealesville-Boshofomgewing en in die Petrusburggebied getoon. 'n Vergelyking van hierdie gemodelleerde strome met die eksoreïese dreineringsgebied toon dat hierdie nuwe strome moontlik vanuit die huidige hoofstroom sou kon ontwikkel (soos wat moontlik die geval met die Kaalspruit en een spruit in die westelike gedeelte was) en dat die gebiede wat tans nie oppervlaktreinerings na die hoofstroom toon nie wel in die toekoms endoreïese dreinerings kan ontwikkel. Dit sal egter beteken dat die kenmerkende panne in die gebied sal verdwyn.



Figuur 3: 'n Vergelyking van die eksoreïese dreinerings van die Modderrivier met gemodelleerde strome

TEN SLOTTE

Montgomery *et al.*⁶⁹ stel dat vele hedendaagse studies op *ad hoc* aannames of eenvoudige empiriese korrelasies gebaseer is. 'n Soliede teoretiese basis verskaf maniere om data te veralgemeen, 'n objektiewe, herhaalbare metodologie en hipotesetoetsing in plaas van slegs data-insameling.

Uit die bespreking is dit duidelik dat geen enkele filosofiese standpunt genoegsaam is om geomorfologiese analyses op mesoskaal uit te voer nie. Deur van elemente uit verskillende benaderings gebruik te maak toon die skrywers dat, wat hulle as “sistemiese realisme” wil bestempel 'n benadering is wat in meso-skaal studies gevolg kan word. Deur enkele resultate van 'n gevallestudie te gebruik, toon hulle aan dat sistemiese realisme as teoretiese begroning vir meso-skaal studies haalbaar is. Die benadering is getoets aan drie kriteria: Die studie was in staat om 'n holistiese beeld van die prosesse en landvorme in die gebied as 'n konseptuele model te toon. Dit kon ook sekere kousale prosesse uit die literatuur met die huidige vorm van die landskap verbind en het ook 'n verdere moontlike verband met dreinerings en geologiese afsetting aangetoon. Met behulp van sistemiese modellering kan die moontlike toekomstige ontwikkeling van die morfologie in die gebied voorspel word.

Laastens behoort dreineringsbekkenanalise, bestuursbesluite met wetlike en etiese vereistes vir die bewaring van ekologiese stelsels te versoen deur die vermoë van 'n landskap om volhoubare gebruik te onderhou, op 'n wetenskaplike en objektiewe manier te analiseer.⁶⁸ Hierdie metodologie bied dan ook die moontlikheid vir die skep van scenario's waarin parameters verander kan word ten einde die bestuur van water as 'n skaars hulpbron te vergemaklik.

BIBLIOGRAFIE

- 1 Barker, C.H. (2002). *'n Morfometriese Ondersoek na Landskapontwikkeling in die Sentraal-Vrystaat, 'n Toepassing met behulp van 'n Geografiese Inligtingstelsel*. Ongepubliseerde PhD Proefskrif. Bloemfontein: Universiteit van die Vrystaat.
- 2 Tinkler, K.J. (1985). *A Short History of Geomorphology*. Totowa: Barnes & Noble.
- 3 Chorley, R.J., Dunn, A.J. & Beckinsale, R.P. (1964). *The History of the Study of Landforms Vol 1*. London: Methuen.
- 4 Chorley, R.J., Beckinsale, R.P. & Dunn, A.J. (1973). *The History of the Study of Landforms. Vol 2*. London: Methuen.
- 5 Walker, H.J. & Grabau, W.E. (eds). (1993). *The Evolution of Geomorphology; A Nation by Nation Summary of Development*. Chichester: Wiley.
- 6 Strahler, A.N. (1992). Quantitative/dynamic Geomorphology at Columbia 1945 – 60: a retrospective. *Progress in Physical Geography* 16(1):65 – 84.
- 7 Von Bertalanffy, L. (1968). *General Systems Theory. Foundations, Development, Applications* (Revised Edition). New York: Brazillier.
- 8 Chorley, R.J. (1962). *Geomorphology and the General Systems Theory*. Geological Survey Professional Paper 500B. Washington: US Government Printing Office
- 9 Bauer, B.O. (1996). Geomorphology, Geography, and Science. In Rhoads, B.L. & Thorn, C.E (eds). *The Scientific Nature of Geomorphology*. Chichester: Wiley, pp.381-417.
- 10 Phillips, J.D. & Renwick, W.H. (eds). (1992). *Geomorphic Systems*. Proceedings of the 23rd Binghamton Symposium in Geomorphology. *Geomorphology* 5 (1992) .
- 11 Blaikie, P. (1985). *The Political Economy of Soil Erosion in Developing Countries*. Essex: Longman.
- 12 Peet, R. (1998). *Modern Geographical Thought*. Oxford: Blackwell.
- 13 Holt-Jensen, A. (1988). *Geography History and Concepts A Student's Guide* (2nd ed). (Translated by Fullerton, B.) London: Paul Chapman.
- 14 Coffey, W.J. (1981). *Geography – Towards a General Spatial Systems Approach*. London: Methuen.
- 15 Smuts, J.C. (1987). *Holism and Evolution*. Cape Town: N&S Press.
- 16 Barnard, W.S. (1984). Gebiede en Streke – 'n Oorsig van die Veranderende Plek van Gebiedstudie in die

- Geografie. *Suid-Afrikaanse Geograaf* 12(2): 161 – 177.
- 17 Cooks, J. (1991). *Basiese Geomorfologie*. Menlo Park: J. Cooks.
- 18 Moon, B.P. & Dardis, G.F. (1988). Introduction. In Moon, B.P. & Dardis, G.F. (eds) *The Geomorphology of Southern Africa*. Johannesburg: Southern, pp.1-11.
- 19 Bauer, B.O. (1996). Geomorphology, Geography, and Science. In Rhoads, B.L. & Thorn, C.E. (eds) *The Scientific Nature of Geomorphology*. Chichester: Wiley, pp.381-417.
- 20 Ritter, D.F. (1988). Landscape analysis and the search for geomorphic unity. *Geological Society of America Bulletin* 100: 160 – 171.
- 21 Thornes, J.B. & Brunsden, D. (1977). *Geomorphology & Time*. London: Methuen.
- 22 Davis, W.M. (1954). *Geographical Essays*. [Johnson, D.W. (ed) Republication of the 1909 Edition] London: Dover.
- 23 Thorn, C.E. (1988). *Introduction to Theoretical Geomorphology*. Boston: Unwin Hyman.
- 24 Baker, V.R. & Pyne, S. (1978). G.K. Gilbert and Modern Geomorphology. *American Journal of Science* 278: 97 – 123.
- 25 Knighton, D. (1998). *Fluvial Forms & Processes*. London: Arnold
- 26 Schumm, S.A. & Lichty, R.W. (1965). Time, Space, and Causality in Geomorphology. *American Journal of Science* 263: 110 – 119.
- 27 Schumm, S.A. (1991). *To Interpret the Earth; Ten ways to be wrong*. Cambridge: Cambridge University Press.
- 28 Cullingford, R.A., Davidson, D.A. & Lewin, J. (eds) (1980). *Timescales in Geomorphology*. Chichester: Wiley.
- 29 Lewin, J. (1980). Available and Appropriate Timescales in Geomorphology. In Cullingford, R.A., Davidson, D.A. & Lewin, J. (eds). *Timescales in Geomorphology*. Chichester: Wiley, pp.3-10.
- 30 Chorley, R.J. (1978). Bases for Theory in Geomorphology In Embleton, C., Brunsden, D. & Jones, D.K.C. (eds). *Geomorphology: Present Problems and Future Prospects*. Oxford: Oxford University Press, pp.1-13.
- 31 Harrison, S. & Dunham, P. (1998). Decoherence, quantum theory and their implications for the philosophy of geomorphology. *Transactions of the Institute of British Geographers*, New Series 23: 501 – 514.
- 32 Rhoads, B.L. & Thorn, C.E. (1993). Geomorphology as Science: The Role of Theory. *Geomorphology* 6:287 – 307.
- 33 Harvey, M.E. & Holley, B.P. (1981). Paradigm, Philosophy and Geographic Thought. In Harvey, M.E. & Holley, B.P. (eds). *Themes in Geographic Thought*. London: Croom Helm, pp.11-37.
- 34 Harvey, M.E. (1981). Functionalism. In Harvey, M.E. & Holley, B.P. (eds). *Themes in Geographic Thought*. London: Croom Helm, pp.11-37.
- 35 Church, M. (1996). Space, Time and the Mountain — How do we order what we see? In Rhoads, B.L. & Thorn, C.E. (eds). *The Scientific Nature of Geomorphology*. Chichester: Wiley, pp.147-170.
- 36 Ahnert, F. (1998). *Introduction to Geomorphology*. (Vertaal deur F. Ahnert uit die oorspronklike Duitse uitgawe 1996) London: Arnold.
- 37 Mouton, J. (1987). Die Positivismes In Snyman, J.J. & Du Plessis, P.G.W. (reds). *Wetenskapsbeelde in die Geesteswetenskappe*. Pretoria: Raad vir Geesteswetenskaplike Navorsing, pp.1-29.
- 38 Hill, M.R. (1981). Positivism: A “Hidden” Philosophy in Geography. In Harvey, M.E. & Holley, B.P. (eds). *Themes in Geographic Thought*. London: Croom Helm, pp.38-60.
- 39 Bauer, B.O. (1996). Geomorphology, Geography, and Science. In Rhoads, B.L. & Thorn, C.E. (eds). *The Scientific Nature of Geomorphology*. Chichester: Wiley, pp.384-413.
- 40 Baker, V.R. (1996). The Pragmatic Roots of American Quaternary Geology and Geomorphology. *Geomorphology* 16: 197 – 215.
- 41 Richards, K. (1990). ‘Real’ Geomorphology. *Earth Surface Processes and Landforms* 15: 195 – 197.
- 42 Rhoads, B.L. (1994). On Being a ‘Real’ Geomorphologist. *Earth Surface Processes and Landforms* 19: 269 – 272.
- 43 Walmsley, D.J. (1972). *Systems Theory: A Framework for Human Geographical Enquiry*. Canberra: Australian National University.
- 44 Hanken, A.F.G. & Reuver, H.A. (1976). *Inleiding tot de Stelselmeer*. Leiden: Stenfort Kroese.
- 45 Kriek, D.J. (1987). Die Stelselteorie In Snyman, J.J. & Du Plessis, P.G.W. *Wetenskapsbeelde in die Geesteswetenskappe* pp 221 – 236.
- 46 King, L.C. (1953). Canons of Landscape development. *Bulletin of the Geological Society of America* 64:81 – 102.

- 47 Strahler, A.N. (1952). Dynamic basis of Geomorphology. *Bulletin of the Geological Society of America* 63: 923 – 938.
- 48 Basset, K. (1994). Comments on Richards: The Problems of ‘Real’ Geomorphology. *Earth Surface Processes and Landforms* 19:273 – 276.
- 49 Schumm, S.A. (1977). *The Fluvial System*. New York: Wiley .
- 50 Chorley, R.J., Schumm, S.A. & Sugden, D.E. (1984). *Geomorphology*. London: Methuen.
- 51 Williams, F. (1992). *Reasoning with Statistics. How to Read Quantitative Research* (4th Ed). Fort Worth: Harcourt Brace Jovanovich.
- 52 Holt-Jensen, A. (1999). *Geography History and Concepts* (3rd Ed) London: Sage.
- 53 Fotheringham, A.S., Brunson, C & Charlton, M. (2000). *Quantitative Geography Perspectives on Spatial Data Analysis*. London: Sage.
- 54 Scheidegger, A.E. (1987). The Fundamental Principles of Landscape Evolution. In Ahnert, F. (ed). *Geomorphical Models – Theoretical and Empirical aspects*. Catena Supplement 10, pp. 199-210.
- 55 Brunson, D. (1990). Tablets of Stone: Toward the Ten Commandments of Geomorphology. *Zeitschrift für Geomorphologie. NF Supplementband* 79:1 – 37.
- 56 Scheidegger, A.E. (1983). Instability principle in geomorphic equilibrium. *Zeitschrift für Geomorphologie. NF* 27(1): 1 – 19.
- 57 Morisawa, M. (1985). *Rivers*. London: Longman.
- 58 Doornkamp, J.C. & King, C.A.M. (1971). *Numerical Analysis in Geomorphology, An Introduction*. New York: St. Martins.
- 59 Hack, J.T. (1960). Interpretation of Erosional Topography in Humid Temperate Regions. *American Journal of Science. Bradley Volume* (258-A): 80 – 97.
- 60 Chorley, R.J. & Kennedy, B.A. (1971). *Physical Geography: A Systems Approach*. London: Prentice-Hall.
- 61 Phillips, J.D. (1992). The end of equilibrium? *Geomorphology*, 5:192 – 201.
- 62 Lane, S.N., Chandler, J.H. & Richards, K.S. (1998). Landform Monitoring, Modelling and Analysis: Land Form in Geomorphological Research. In Lane, SN, Richards, KS & Chandler, JH (eds). *Landform Monitoring, Modelling and Analysis*. Chichester: Wiley, pp.1-17.
- 63 King, L.C. (1957). The uniformitarian Nature of Hillslopes. *Transactions of the Edinburgh Geological Society*, 17:81 – 102.
- 64 De Villiers, A.B. (1981). 'n Kwantitatiewe analise van sekere morfologiese eienskappe van die Grootspuitopvanggebied in die Oranje Vrystaat. Ongepubliseerde PhD Proefskrif. Bloemfontein: Universiteit van die Oranje Vrystaat (UV).
- 65 Barker, C.H. (1985). 'n Geomorfologiese studie van die Mooirivieropvanggebied. Ongepubliseerde MSc Verhandeling. Potchefstroom: Potchefstroomse Universteit vir CHO (NWU).
- 66 Marshall, T.R. (1988). The origin of the Pans in the western Orange Free State – A Morphotectonic Study of the Palaeo-Kimberley River. In Heine, K. (ed). *Palaeoecology of Africa and the Surrounding Islands*. Vol 19 Rotterdam: Balkema, pp.97-108.
- 67 Tyson, P.D. & Preston-Whyte, R.A. (2000). *The Weather and Climate of Southern Africa*. Cape Town: Oxford (South Africa).
- 68 Raad vir Geowetenskappe. (Verskeie). Geologiese kaarte 2824, 2826, 2924 en 2926. Pretoria: Raad vir Geowetenskappe.
- 69 Montgomery, D.R., Dietrich, W.E. & Sullivan, K. (1998). The role of GIS in Watershed Analysis. In Lane, S.N., Richards, K.S. & Chandler, J.H. (eds). *Landform Monitoring, Modelling and Analysis*. Chichester: Wiley, pp. 241-261.