



Die ontwikkeling van wiskundige kreatiwiteit deur modelontlokkende aktiwiteite

Author:

 Helena M. Wessels¹
Affiliation:
¹Research Unit for Mathematics Education, University of Stellenbosch, South Africa

Correspondence to:

Helena Wessels

Email:

hwessels@sun.ac.za

Postal address:

Private Bag X1, Matieland 7602, South Africa

Dates:

Received: 27 June 2012

Accepted: 10 Oct. 2012

Published: 29 Nov. 2012

How to cite this article:

 Wessels, H.M., 2012, 'Die ontwikkeling van wiskundige kreatiwiteit deur modelontlokkende aktiwiteite', *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie* 31(1), Art. #372, 12 pages. <http://dx.doi.org/10.4102/satnt.v31i1.372>

Die vermoë om kreatief te dink en probleme op te los word as noodsaaklik vir ekonomiese en persoonlike sukses beskou. Die tradisionele benadering in klaskamers is nie bevorderlik vir wiskundige kreatiwiteit nie en voornemende onderwysers behoort blootgestel te word aan alternatiewe probleemoplossingsaktiwiteite waardeur wiskundige kennis, bevoegdheids- en kreatiwiteit ontwikkel kan word. Navorsingstudies wys op die moontlikhede en suksesse van 'n wiskundige modelleringsbenadering waarin komplekse, oop probleme gebruik word om betekenisvolle wiskundige kennis te ontwikkel en leerders voor te berei vir die alledaagse lewe sowel as vir tersiëre studie en hul beroepe. Modelontlokkende aktiwiteite (MOA's) ontwikkel nie net wiskundige kennis nie, maar ook kreatiwiteit. Vyfhonderd-en-een voornemende grondslagfase-onderwysers het verskillende modelontlokkende aktiwiteite (MOA's) in 'n longitudinale projek oor 'n tydperk van twee jaar opgelos. Die doel was om hul eie wiskundige kennis te verbreed en te konsolideer, en terselfdertyd kreatiwiteit en modelleringsbevoegdheids- te ontwikkel. Die uiteindelige doel is om hulle voor te berei om wiskundige modellering te gebruik om kreatiwiteit in kinders van ses tot nege jaar te bevorder. Deur die oplos van MOA's word leerders se wiskundige kennis opgebou en gekonsolideer, en verbeter hulle hul probleemoplossingsvaardighede. 'n Raamwerk met vier kriteria vir die identifisering van kreatiwiteit is gebruik om vlakke van kreatiwiteit in die oplossing van MOA's suksesvol te evalueer. Studente se finale modelle het redelik konsekwente vlakke van kreatiwiteit volgens die vier kriteria getoon. Studente se bereidwilligheid om MOA's op te los en met veelvuldige, oorspronklike en bruikbare – dus kreatiewe – oplossings vorendag te kom het ook toegeneem in die tydperk waarin hulle aan modelleringstake blootgestel is.

The development of mathematical creativity through model-eliciting activities. The ability to think creatively and solve problems is regarded as crucial for economic and personal success. The traditional approach in classrooms is not conducive to mathematical creativity, and prospective teachers should be exposed to alternative problem solving activities through which mathematical knowledge, competencies and creativity can be developed. Research studies have pointed out the possibilities and successes of a modelling approach in which complex, open problems or model-eliciting problems are used to develop meaningful mathematical knowledge and prepare learners for everyday life, as well as for tertiary studies and their occupations. Model-eliciting activities (MEAs) do not only develop mathematical knowledge, but also creativity. Five hundred and one preservice Foundation Phase teachers completed different model-eliciting activities (MEAs) in a longitudinal project over a period of two years. The purpose was to develop and consolidate their own mathematical knowledge, and at the same time develop creativity and modelling competencies. The ultimate purpose of the project is to prepare preservice teachers to use mathematical modelling to develop creativity in young children aged six to nine. Through solving MEAs learners also build and consolidate their mathematical knowledge and improve their own problem-solving abilities. A framework with four criteria for the identification of creativity was successfully used to evaluate levels of creativity in the solutions offered to the MEAs. Preservice teachers' final models displayed reasonably consistent levels of creativity regarding the four criteria. Their willingness to solve MEAs and create multiple, original and useful – therefore creative – solutions also increased over the period of their exposure to modelling tasks.

Inleiding

Kreatiwiteit en probleemoplossing word beskou as onontbeerlike elemente vir sukses en vooruitgang in die 21ste eeu (Marshak 2003; Seo, Lee & Kim 2005; Sriraman 2005). Florida (Britten 2012) skryf ekonomiese sukses aan innoverende denke toe en maak die stelling dat kreatiwiteit ongelykhede verminder en die kwaliteit van die lewe verbeter. Die mens het kreatiwiteit nodig om die onbekende toekoms tegemoet te gaan en opvoeding behoort leerders toe te rus hiervoor.



Verskeie skrywers verwys na die belangrike rol van kreatiwiteit in wiskunde (Chamberlin & Moon 2005; Ervynck 1991; Piirto 1998; Sternberg 1999; Sriraman 2005). 'n Stewige kombinasie van kreatiewe, praktiese en analitiese vaardighede word vereis vir die suksesvolle toepassing van wiskunde in 'n verskeidenheid kontekste in die realiteit. Die blote weergee van verworwe wiskundige kennis is nie genoeg om probleme in lewenswerklike situasies op te los nie – hierdie kennis moet op kreatiewe wyse aangewend moet word.

Die implikasie vir gelykberegting in wiskundeonderwys is dus dat alle leerders toegang behoort te hê tot wiskunde onderrig wat hul kreatiwiteit bevorder en gevolglik 'n beduidende invloed op hul toekomstige sukses kan hê. Die ontwikkeling van wiskundige kreatiwiteit behoort nie 'n luukse te wees wat net vir 'n uitgesoekte groepie leerders en studente in Suid-Afrika beskore is nie, maar deel te vorm van maatskaplik verantwoordbare onderrig en daarom op alle vlakke van onderwys plaasvind.

Verskillende wiskundekurrikula wêreldwyd beklemtoon die belangrikheid van kreatiwiteit. Die doelstelling van wiskunde in die kurrikulum van Nieu-Suid-Wallis in Australië word soos volg gestel:

The aim of Mathematics in K-10 is to develop students' mathematical thinking, understanding, competence and confidence in the application of mathematics, their creativity, enjoyment and appreciation of the subject, and their engagement in lifelong learning. [*Die doelwit van wiskunde in K-10 is om leerders se wiskundige denke, begrip, bevoegdheid en selfvertroue in die toepassing van wiskunde, hul kreatiwiteit, genot en waardering van die vak, en hul betrokkenheid by lewenslange leer te ontwikkel.*] (New South Wales Government, bl. 7 [outeur se eie vertaling])

Die rol van kreatiwiteit in die probleemoplossingsproses word ook in hierdie kurrikulum genoem:

Problem solving can promote communication, critical reflection, creativity, analysis, organisation, experimentation, synthesis, generalisation, validation, perseverance, and systematic recording of information. [*Probleemoplossing kan kommunikasie, kritiese refleksie, kreatiwiteit, analise, organisering, eksperimentering, sintese, veralgemening, validering/stawing, deurstellingsvermoë, en die sistematiese optekening van inligting bevorder.*] (bl.12, [outeur se eie vertaling])

In die Verenigde State verwys die Common Core State Standards (CCSSI 2010) na die belangrikheid van kreatiwiteit in die analise van lewenswerklike situasies met die oog op die modelle waarmee hierdie situasies beskryf word:

Real-world situations are not organized and labeled for analysis; formulating tractable models, representing such models, and analyzing them is appropriately a creative process. Like every such process, this depends on acquired expertise as well as creativity. [*Lewenswerklike situasies is nie georganiseer en geëtiketteer vir analise nie; die formulering van hanteerbare modelle, die voorstelling van sulke modelle, en die analise daarvan is heel gepas 'n kreatiewe proses. Dit berus, soos elkeen van hierdie prosesse, op verworwe bedreweheid, asook kreatiwiteit.*] (bl. 72, [outeur se eie vertaling])

Onder 'Algemene doelwitte' in die aanhef van die kurrikulum (National Curriculum Statement Grades R-12) van die

Departement Basiese Onderwys in Suid-Afrika word daar in die beskrywing van gewenste vaardighede in leerders verwys na die rol van kreatiewe denke in die identifisering en oplossing van probleme, asook in besluitneming (DBO 2011:5).

Die Nasionale Kurrikulumverklaring Grade R-12 '... stel in die vooruitsig dat leerders die volgende kan doen: identifiseer en los probleme op en neem besluite deur kritiese en kreatiewe denke'. Een van die spesifieke doelwitte in die kurrikulum vir die onderrig en leer van wiskunde in graad 1 tot graad 3 is dat leerders 'n waardering moet ontwikkel vir die feit dat wiskunde 'n kreatiewe deel van menslike aktiwiteit is (DBO 2011:8). Hoewel die wiskunde-kurrikulumdokument vir graad 1 tot graad 3 baie besonderhede gee oor die inhoud en die wyse waarop van onderwysers verwag word om die inhoud te lewer, kom die woorde 'kreatiwiteit' en 'kreatiewe denke' nêrens verder in die dokument voor nie en word geen spesifieke riglyne gegee vir die ontwikkeling van kreatiewe denke in wiskunde nie.

Verskeie navorsingstudies waaroor in die literatuur gerapporteer word, toon die haalbaarheid en sukses van 'n modelleringsbenadering in wiskunde waarin ryk, komplekse, oop take gebruik word om betekenisvolle wiskundige kennis op te bou en om leerders voor te berei vir die alledaagse lewe, tersiêre studies en hul toekomstige beroepe (Biccard 2010; Niss, Blum & Galbraith 2007; Mousoulides, Sriraman & Christou 2007; Sriraman 2005). 'n Verkenning van die literatuur wys ook dat sulke modelontlokkende aktiwiteite as instrumente gebruik kan word om kreatiwiteit te ontwikkel en om begaafdheid te identifiseer (Chamberlin & Moon 2005; Fox 2006; Freiman 2006; Lesh 2001).

Kreatiwiteit en wiskunde

Kreatiwiteit word dikwels net met die kunste geassosieer, maar dit is ook 'n fundamentele deel van wiskunde, tegnologie, ekonomie en politiek – dit vorm in der waarheid 'n integrale deel van die mens se doen en late (Robinson 1999).

Verskillende standpunte oor en definisies van kreatiwiteit is volop in die literatuur en kan verskil van kultuur tot kultuur (Seo, Lee & Kim 2005; Sriraman 2005; Sriraman 2004). Baie van hierdie definisies verwys spesifiek na die kompleksiteit van die konstruk (Chamberlin & Moon 2005; Fetterly 2010; Sriraman 2004). Sommige outeurs huldig die standpunt dat kreatiwiteit uit domeinspesifieke prosesse bestaan waardeur nuwe voorstellings van 'n konsep voortgebring word, terwyl ander sterk daarvan verskil en die mening huldig dat die interaksies tussen 'n individu, 'n domein en 'n veld kreatiwiteit tot stand bring (Chamberlin & Moon 2005).

Kreatiwiteit word ook getipeer na aanleiding van spesifieke eienskappe. Torrance (1974) beskryf kreatiwiteit aan die hand van die drie komponente, naamlik vloeiendheid, soepelheid en oorspronklikheid. *Vloeiendheid* verwys in hierdie konteks van wiskundige probleemstelling en -oplossing na die generering of skepping van veelvuldige oplossings; *soepelheid*



verwys na veranderinge in klem, rigting of benadering tydens probleemoplossing; en *nuutheid* verwys na die vlak van oorspronklikheid in die ontwikkeling van nuwe, unieke oplossings. Dié komponente word steeds deur navosers gebruik om kreatiwiteit te identifiseer (Gil, Ben-Zvi & Apel 2008; Leikin & Lev 2007; Silver 1997). Die vier eienskappe van kreatiewe prosesse wat in die Robynsonverslag (Robynson 1999) beklemtoon word, sluit aan by Torrance se komponente: *verbeeldingrykheid* in denke en gedrag; *doelgerigtheid* in verbeeldingryke aktiwiteite; die kreatiewe prosesse behoort *oorspronklike* produkte voort te bring; en laastens moet die uitkoms van 'n kreatiewe proses *waardewol* wees met betrekking tot die doelwit. Kreatiwiteit word dus deur Robynson gedefinieer as 'n verbeeldingryke aktiwiteit wat op so 'n manier ingeklee word dat die uitkomst daarvan oorspronklik en waardevol is (bl. 30). Die definisie van kreatiwiteit deur Sternberg en Lubart (2000) fokus op een van hierdie komponente, naamlik die vermoë om onverwagte oorspronklike werk voort te bring wat toepaslik en aanpasbaar in die lewenswerklikheid en daarom bruikbaar is.

Die feit dat kreatiwiteit verband hou met die oplos van wiskunde probleme, en spesifiek met komplekse lewenswerklike probleme, loop soos 'n goue draad deur die literatuur oor definisies van kreatiwiteit. Die belangrike rol van kreatiwiteit in wiskunde word deur verskeie outeurs bespreek (Chamberlin & Moon 2005; Sriraman 2004, 2005; Leikin & Lev 2007) en baie van hierdie definisies verwys spesifiek na die kompleksiteit van die konstruk (Seo, Lee & Kim 2005; Sriraman 2004). Kreatiewe studente gee nie net die wiskundige kennis wat hulle geleer het direk weer wanneer hulle probleme oplos nie, maar gebruik nuwe en ongewone strategieë in hul oplossings (Sternberg 1999). Sternberg is van mening dat wiskundig analitiese redeneringsvermoëns alleen nie noodwendig genoeg is vir die oplossing van lewenswerklike probleme nie – 'n stewige kombinasie van analitiese, praktiese en kreatiewe denke is nodig. Chamberlin en Moon (2005) voer aan dat studente wat 'n buitengewone vermoë toon om deur wiskundige modellering met nuwe en bruikbare oplossings vorendag te kom vir ingewikkelde gesimuleerde en lewenswerklike probleme, kreatiewe wiskundige talent het.

Sriraman (2005) brei die algemene definisie van kreatiwiteit na wiskundige kreatiwiteit uit. Sy definisie van kreatiwiteit is gebaseer op insigte van Einstein, Inheld en Kuhn, en dit bevat elemente van beide Oosterse en Westerse beskouings van die konstruk. Sriraman beskryf wiskundige kreatiwiteit as 'n proses wat uitloop op nuwe, ongewone en insigryke uitkomst wat deur die oplos van probleme gegenerer word – 'n standpunt wat dikwels deur Westerlinge ondersteun word, terwyl die Oosterse siening van kreatiwiteit die herinterpretasie van 'n bekende probleem vanuit 'n nuwe hoek behels (Seo, Lee & Kim 2005). Die definisie wat deur Chamberlain en Moon (2005) voorgehou word, verwys na die domeinspesifieke denkprosesse wat deur wiskundiges gebruik word wanneer hulle nieroetine wiskundige probleme oplos.

Outeurs soos Haylock (1997), asook Wu en Chiou (2008), beklemtoon die onderskeid tussen proses en produk in hul definisies van kreatiwiteit. Wiskundige kreatiwiteit word beskou as 'n denkproses wat manifesteer in drie 'produkte', ofte wel eienskappe: *vlotheid* [*fluency*], *soepelheid* [*flexibility*] en *oorspronklikheid* [*originality*]. *Vlotheid* kan gedefinieer word as die aantal verskillende korrekte antwoorde, metodes of nuwe vrae wat geformuleer is; *soepelheid* as die aantal verskillende kategorieë van antwoorde, metodes of vrae; en *oorspronklikheid* of *nuutheid* as oplossings, metodes of vrae wat uniek is en insig toon (Sheffield 2000). Plucker en Beghetto (2004:156) formuleer hul definisie van kreatiwiteit as '... the interplay between *ability* and *process* by which an individual or *group* produces an *outcome* or *product* that is both *novel* and *useful* as defined within some *social context*' (eie beklemtoning) [...'die wisselwerking tussen vermoë en proses waardeur 'n individu of groep 'n uitkoms of produk voortbring wat nuut en bruikbaar is soos gedefinieer in een of ander sosiale konteks' (eie beklemtoning)]. Hierdie definisie sluit beide die kreatiewe proses as die kreatiewe produk in.

Uit hierdie literatuur is die volgende kriteria in 'n raamwerk vervaar om wiskundige kreatiwiteit te identifiseer:

- *Vlotheid* [*fluency*] wat verwys na die generering van verskeie oplossings.
- *Soepelheid* [*flexibility*] wat handel oor veranderinge of verskuiwings in die klem, rigting of benadering van kreatiewe probleemoplossers.
- *Nuutheid* [*novelty*] wat verwys na die vlak van oorspronklikheid in die ontwikkeling van nuwe en unieke oplossings.
- *Bruikbaarheid* [*usefulness*] wat op toepaslikheid, aanpasbaarheid en herbruikbaarheid van oplossings in ander lewenswerklike situasies gegrond word.

Die eerste drie – *vlotheid*, *soepelheid* en *nuutheid* – wat hul oorsprong in die werk van Torrance (1974) het, is ook gebruik deur Gil, Ben-Zvi en Apel (2008); Leikin en Lev (2007) en Silver (1997). Die laaste kriterium – *bruikbaarheid* – is 'n belangrike komponent wat met wiskundige modellering verband hou en is afkomstig van die definisie van kreatiwiteit deur Sternberg en Lubart (2000) geformuleer.

In die volgende afdeling word wiskundige modellering in oënskou geneem, en die verband tussen modellering en kreatiwiteit bespreek.

Wiskundige modellering

Dossey, McCrone, Giordano en Weir (2002) definieer modellering as 'n proses waardeur lewenswerklike situasies deur die gebruik van wiskunde voorgestel word. Gedurende hierdie proses word betekenisvolle wiskunde geleer waarmee die werklikheid verstaan, voorspel en beheer kan word. Die Common Core State Standards in die Verenigde State van Amerika definieer modellering as: 'the process of choosing and using appropriate mathematics and statistics to analyze empirical situations, to understand them better, and to improve decisions' [...'die proses waardeur gepaste wiskunde en



statistiek gekies en gebruik word om empiriese situasies te analiseer, beter te verstaan en besluite te verbeter] (CCSSI 2010:72, [outeur se eie vertaling]).

In hierdie vorm van modellering word wiskunde toegepas op realistiese oop probleme sodat kragtige wiskundemodelle geskep kan word wat dan weer uitgebrei, aangepas en in veralgemeende vorm in ander kontekste gebruik kan word (Lesh & Doerr 2003; Maass & Gurlitt 2009). Wiskundige modellering is dus 'n belangrike manier om sin te maak van probleem-situasies in 'n verskeidenheid lewenswerklike kontekste. Gedurende die modelleringsproses word die konteks algaande weggesny en word die vraagstuk omvorm tot 'n wiskunde-probleem. Die wiskunde-probleem word dan opgelos en geïnterpreteer in die lewenswerklike konteks waarin dit gestel is. Deur modellering word wiskunde wat die moeite werd is, geleer en leerders se vermoëns geslyp om hul wiskundekennis toe te pas (Niss, Blum & Galbraith 2007). Gedurende die oplossing van 'n komplekse, lewenswerklike probleem beweeg leerders herhaaldelik deur die modelleringsproses – dikwels deur heen en weer te spring tussen die stappe (Ärleback & Bergsten 2010). Elkeen van die stappe word gekenmerk deur veelvuldige siklusse van interpretasies, voorstellings, verduidelikings, stellings en regverdiging wat herhaaldelik verfyn word deur interaksie met ander leerders (Doerr & English 2001).

Die prosesse van probleemoplossing en modellering in wiskunde is nou verwant. In kontras met 'n eng siening van probleemoplossing waar 'n eensiklusproses gebruik word om by die antwoord van 'n roetineprobleem uit te kom, behels modellering veelvuldige probleemoplossingsiklusse. In die algemene doelwitte van die nuwe Suid-Afrikaanse kurrikulum (KABV/CAPS) word verwys na sewe aspekte wat in die vooruitsig gestel word vir onderrig op skool (DBO 2011), naamlik dat leerders:

... probleme sal identifiseer en oplos en besluite sal neem deur kritiese en kreatiewe denke; doeltreffend in 'n groep sal saamwerk; hulself en hul aktiwiteite verantwoordelik en doeltreffend sal organiseer en bestuur; inligting sal versamel, ontleed en organiseer en krities evalueer; doeltreffend sal kommunikeer deur middel van 'n verskeidenheid van verskillende voorstellingswyses; wetenskap en tegnologie doeltreffend en krities sal gebruik; en sal begryp dat die wêreld uit 'n stel verwante stelsels bestaan waarin probleme nie in isolasie opgelos word nie. (bl. 5)

Hierdie onderrigdoelstellings sluit baie goed by wiskundige modellering aan, aangesien al sewe dié aspekte ook samestellende elemente van 'n modelleringsperspektief is.

Modellering word beskou as 'n belangrike manier waarop leerders se wiskundige begrip ontwikkel kan word en waardeur onderwysers leerders se denke en probleemoplossingstrategieë kan leer ken. Wanneer 'n modelleringsbenadering gevolg word in die leer en onderrig van wiskunde is die fokus op die matematiesing van realistiese situasies wat vir die leerder sin maak (Wessels 2006). Volgens Glas (2002) is daar verskeie voordele verbonde

aan die gebruik van modelle en modellering in die klaskamer: leerders ontwikkel 'n begrip vir die gekonnekteerdheid [*interconnectedness*] van onderwerpe in wiskunde, maar ook tussen onderwerpe buite die wiskunde; ontwikkel die besef dat daar verskeie perspektiewe oor kennisdomeine bestaan; raak kreatief in hul wiskundige denke; en leer om wiskunde te sien as prakties en toepaslik in die wêreld waarin hulle leef.

Komplekse, lewenswerklike take, of modelontlokkende aktiwiteite (MOA's) word in 'n wiskundige modellerings benadering gebruik. Die eienskappe van modelontlokkende aktiwiteite en redes waarom dit 'n ideale voertuig vir die ontwikkeling van kreatiwiteit is, word vervolgens bespreek.

Modelontlokkende aktiwiteite

Modelontlokkende aktiwiteite (MOA's) is komplekse, oop, nieroetine probleme in 'n verskeidenheid lewenswerklike kontekste wat op verskillende intreevlakke deur leerders benader en opgelos kan word deur middel van die interaksie tussen hulle informele en meer formele wiskundige kennis (Wessels 2011b). Hierdie ryk, oop wiskundetake stel leerders in staat om modelle te ontwikkel en ontlok kreatiewe en toegepaste wiskundige denke (Chamberlin & Moon 2005; Cline 1999; Freiman 2006; English & Watters 2009; Mousoulides, Sriraman & Christou 2007). Daar is twee hoofredes waarom MOA's ontwikkel en gebruik word: leerders kry eerstens die geleentheid om deur die modellering van komplekse wiskundige probleme hul bestaande kennis te konsolideer en nuwe kennis te bou. Tweedens kry onderwysers die geleentheid om leerders se wiskundige denke te bestudeer (English 2003; Lesh, Hoover, Hole, Kelly & Post 2000).

Die oplos van 'n modelontlokkende aktiwiteit, behels 'n proses van die wisselwerking tussen modelleringsbevoegdheids- en die modelleringsproses waartydens 'n groep 'n produk (model) voortbring wat nuut en bruikbaar is in 'n lewenswerklike konteks (Biccard 2010; Lesh & Doerr 2003; Lesh, Cramer, Doerr, Post & Zawojewski 2003). Hierdie prosesbeskrywing toon 'n direkte ooreenkoms met die beskrywing van die kreatiwiteitsproses hierbo. Die stelling kan dus gemaak word dat kreatiwiteit deur wiskundige modellering ontwikkel kan word.

'n Modelontlokkende aktiwiteit vereis van leerders of studente om 'n model te ontwikkel wat 'n lewenswerklike situasie beskryf; om hul idees dan te hersien en te verfyn en om voorstellings te gebruik om hul idees te verduidelik en te dokumenteer (Lesh, Carmona & Post 2002). 'n Verskeidenheid van eksterne voorstellings word gebruik om idees weer te gee wanneer modelle ontwikkel word. Hierdie voorstellings kan grafieke, formules, tabelle, woorde, geskrewe teks en so meer insluit. Afleidings oor die aard van studente se wiskundige kennis en die ontwikkeling daarvan – dus ook van hul denke – kan gemaak word deur hierdie voorstellings te bestudeer. MOA's word opgelos in groepe van drie tot vyf persone. Die oplossing vereis 'n wiskundige model wat bruikbaar moet wees vir 'n kliënt wat in die probleem geïdentifiseer word.



Die studente moet dus hul denkprosesse duidelik beskryf en oortuigende redes aanvoer vir hul oplossing om dit vir die kliënt bruikbaar te maak. 'n MOA het nie net een oplossing nie, maar studente moet die optimale oplossing vir die kliënt probeer vind en moet daarom dikwels hul eerste oplossing verander, verbeter, verfyn of aanpas.

MOA's bied studente dus geleenthede om situasies te matematiseer met behulp van vaardighede soos redenering, kommunikasie, regverdiging, hersiening, verfyning en voorspelling wanneer hulle die probleme oplos. Dié aktiwiteite help ontwikkel divergente denke, kommunikasie vaardighede, vlotheid met voorstelling, kognitiewe soepelheid, kreatiwiteit, en die vermoë om wiskundige kennis toe te pas. Dit bevorder ook onderrig en leer met die oog op begrip en kweek 'n waardering vir die gebruik van wiskunde in 'n lewenswerklike konteks (Chamberlin & Moon 2005; English 2006).

Die gebruik van oop probleme in 'n lewenswerklike konteks lei tot veelvuldige interpretasies en 'n verskeidenheid van verskillende oplossings. Mann (2006) beweer dat die oplossing van hierdie soort probleme 'n stap in die rigting van wiskundige kreatiwiteit is. Die onafhanklike oplossing van komplekse probleme deur selfuitgedinkte strategieë bevorder die ontwikkeling van intuïsie en kreatiwiteit, asook van konvergente en divergente denke (Cotic & Zuljan 2009; Manuel 2009). Die vermoë om te beplan en om probleemoplossingspaaie te evalueer en te verfyn word ook deur hierdie proses ontwikkel. Omdat MOA's dus *vlotheid*, *soepelheid*, *nuutheid* en *bruikbaarheid* bevorder, kan hierdie modelontlokkende aktiwiteite as 'n ideale voertuig beskou word om kreatiwiteit te ontwikkel.

In die verlede kon leerders met buitengewone vermoëns en kreatiwiteit hulle nie maklik identifiseer met die eng en oppervlakkige take uit tradisionele handboeke en toetse nie. Met die gebruik van MOA's kan 'n wyer reeks vermoëns en begrippe in wiskunde, waarvan die *bruikbaarheid* verder strek as net die wiskundeklas, egter ontwikkel en geassesseer word (Lesh 2001; Lesh & Lehrer 2003).

Navorsingsontwerp

Hierdie artikel rapporteer oor die ontwikkeling van onderwysstudente se kreatiwiteit deur die oplos van die MOA's en die beoordeling van kreatiwiteit in hul modelle. Die studie vorm deel van 'n groter onafgehandelde, kwalitatiewe, longitudinale studie om voorgraadse onderwysstudente voor te berei om wiskundige modellering in graad 1 tot graad 3 te implementeer en die kreatiwiteit van hierdie leerders te ontwikkel. Die kwalitatiewe navorsingsmetode wat gevolg is, is dokument- en artefakanalise.

Doel van die ondersoek

Die hoofdoel van die ondersoek is om vlakke van kreatiwiteit in voornemende onderwysers se oplossingstrategieë vir MOA's te identifiseer. 'n Ondergeskikte fokus van die studie is om 'n raamwerk vir die identifisering van kreatiwiteit in wiskundige modelle te toets.

Steekproef en konteks

Wiskundige modellering word ingesluit as 'n onderwerp in die wiskundeonderwysmodule vir grondslagfase-onderwysstudente in hul tweede, derde en vierde jaar. Die deelnemers aan die studie was dus 501 voornemende onderwysers in genoemde groepe oor twee opeenvolgende jare (Tabel 1). Die meeste van die voornemende onderwysers was gewoon aan tradisionele, kunsmatige woordprobleme uit skoolhandboeke en is nie voorheen, gedurende hul skoolopleiding, blootgestel aan komplekse, ryk, oop take in wiskunde nie. Die MOA's is gedurende drie tot vier klasperiodes van 50 minute elk deur groepe van twee tot ses studente opgelos. Tydens die eerste twee jaar van die studie het al drie jaargroepe studenteonderwysers dieselfde MOA's op verskillende tye gedurende die jaar opgelos. In die derde jaar van die longitudinale studie het die jaargroepe verskillende MOA's voltooi en tydens die skryf van hierdie manuskrip was die ontleding van die oplossings vir die MOA's van die derde- en vierdejaars nog nie afgehandel nie, dus word slegs die resultate van die tweedejaars vir MOA 3 hier gerapporteer (Tabel 1).

Groepe moes al hul berekeninge vir die taak, hul finale modelle en 'n gedetailleerde beskrywing van die proses wat hulle gevolg het, inhandig. Elke groep het die geleentheid gekry om hul oplossingstrategieë en modelleringproses in 'n aanbieding voor drie of vier ander groepe studente te verduidelik, waarna die verskillende oplossingstrategieë bespreek is. In die laaste fase van die onderrigende oor modellering moes elke groep studente twee MOA's vir kleiner kinders (ouderdomme ses tot nege) skep. Verslag oor hierdie laaste kreatiewe fase van die onderrigende oor word in 'n ander artikel gelewer en sal dus nie hier bespreek word nie.

Meetinstrumente

Modelontlokkende aktiwiteite (MOA's)

Drie MOA's in die literatuur is geselekteer vir gebruik oor die periode van twee jaar:

- **Modelontlokkende aktiwiteit 1 (Addendum A):** 'Moenie drink en bestuur nie' (Lesh, Hoover & Kelly 1992:126). Data oor bloedalkoholvlakke, die getal drankies genuttig, liggaamsgewig en tydverloop is in tabelvorm aan voornemende onderwysers gegee. Hulle moes 'n instrument ontwikkel wat deur die Inbelsentrum gebruik kan word om 'n inbeller se bloedalkoholkonsentrasie te skat en sodoende te bepaal of hy binne die wettige perk is

TABEL 1: Getal deelnemers.

| Jaar | N | | | | | |
|---------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | MOA 1 | | MOA 2 | | MOA 3 | |
| | Studente | Groepe | Studente | Groepe | Studente | Groepe |
| 2de | 72 | 22 | 95 | 25 | 85 | 17 |
| 3de | 63 | 17 | 71 | 17 | - | - |
| 4de | 48 | 14 | 67 | 21 | - | - |
| Totaal | 183 | 53 | 233 | 63 | 85 | 17 |

MOA, modelontlokkende aktiwiteit, N, totaal.



of nie. Studente kon baie goed met hierdie taak identifiseer, aangesien hulle in hul sosiale lewe op universiteit dikwels gekonfronteer word deur moeilike keuses ten opsigte van drankgebruik.

- **Modelontlokkende aktiwiteit 2 (Addendum B):** 'Geldmaak' (Lesh, Amit & Schorr 1997:67). 'n Entrepreneur het nege verkopers in diens geneem om gedurende die somer springmielies en koeldrank by 'n speelpark te verkoop. Voornemende onderwysers is gevra om aanbevelings te maak om haar te help met haar besluit oor watter ses verkopers sy weer vir die volgende somer in diens moet neem. Die besluit moet gegrond wees op hul verkope en die getal ure wat hulle gewerk het tydens stadige, bestendige en besige skofte. Baie studente betaal vir hul studies of verdien sakgeld deur in hul vrye tyd deeltydse werk te verrig. Die werk behels dan ook dikwels skofte met uurlikse betaling – hulle kon dus maklik identifiseer met die konteks van hierdie aktiwiteit.
- **Modelontlokkende aktiwiteit 3 (Addendum C):** 'Olimpiese Rekords' (Lesh, Hoover & Kelly 1992:127). Wentye van mans en vroue in vorige 200 m-wedlope by die Olimpiese Spele moet gebruik word om wentye vir die volgende 50 Olimpiese Speles te voorspel. In die lig van die Olimpiese Spele in 2012, het 'n modelleringstaak wat oor wentye van 'n wedloop by die Olimpiese Spele handel, by die studente byval gevind en kon hulle hulle maklik met die konteks van dié aktiwiteit vereenselwig.

Instrumentontwikkeling vir die assessering van kreatiwiteit

'n Raamwerk gebaseer op die literatuur is ontwikkel vir die assessering van kreatiwiteit in die modelle van voornemende onderwysers. Hierdie raamwerk in die konteks van wiskundige probleemstelling en probleemoplossing bestaan uit die vier kriteria vir kreatiwiteit wat reeds vroeër in die artikel onder die opskrif *Kreatiwiteit en wiskunde* bespreek is.

Databronne

Databronne bestaan uit al die werk wat deur die voornemende onderwysers in die modellering van die MOA gedoen is. Dit sluit alle rofwerk, tabelle, grafieke, formules, beskrywings en die finale aanbevelingsbrief in, asook elke groep se beskrywing van hul probleemoplossingsproses.

Analise

Die analise van die modelle is hoofsaaklik gefokus op die vier assesseringskriteria vir kreatiwiteit wat in die literatuur geïdentifiseer is: *vlotheid*, *soepelheid*, *nuutheid* of oorspronklikheid en *bruikbaarheid* in die werklikheid. 'n Denkwyselblad [*Ways of thinking sheet*] (Chamberlin & Moon 2005) is saamgestel om al die verskillende oplossingstrategieë (modelle) vir elke MOA op te teken. Oplossingstrategieë en voorstellings wat deur elke groep gebruik is om die verskillende fases in die modelleringsproses te dokumenteer is ontleed. Oplossings wat op dieselfde strategieë gebaseer is, is dan verder ontleed

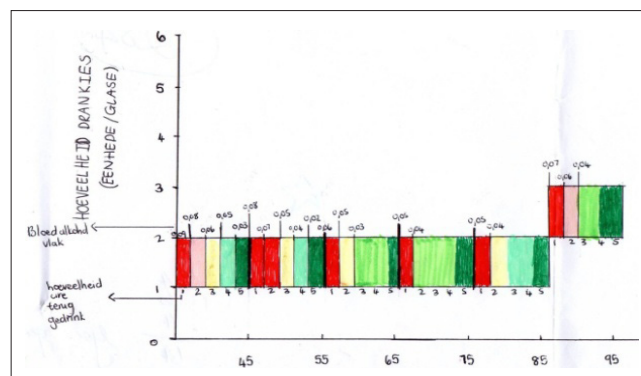
en in groepe verdeel om die vlak van gesofistikeerdheid van die modelle te bepaal. Die vlakke van kreatiwiteit vir elk van die kriteria in die raamwerk is as laag, medium of hoog geklassifiseer op grond van die getal verskillende oplossings of voorstellings (*vlotheid*); die hoeveelheid klemverskuiwings of veranderings van rigting of benadering (*soepelheid*); die vlak van oorspronklikheid (*nuutheid*) van die model in vergelyking met die ander modelle wat deur die ander groepe geskep is; en die vlak van toepaslikheid, aanpasbaarheid en bruikbaarheid van die model in ander lewenswerklike situasies (*bruikbaarheid*).

Resultate en bespreking

Kreatiwiteit in die oplossingstrategieë en voorstellings is in al die siklusse van voornemende onderwysers se modelle ondersoek. Voorbeelde uit elkeen van die drie take word vervolgens ontleed om die vlakke aan te dui van gesofistikeerdheid en kreatiwiteit wat in die modelle vorendag kom.

Modelontlokkende aktiwiteit 1: 'Moenie drink en bestuur nie'

Voorstellings speel 'n belangrike rol in die modelleringsproses en los 'n spoor van die voornemende onderwysers se denke terwyl hulle met 'n taak worstel. MOA 1 het 'n wye verskeidenheid van nuwe en ongewone voorstellings ontlok wat diagramme, tabelle en verskillende tipes grafieke ingesluit het. Die meeste groepe het nie net een oplossing vir die taak geskep nie. Dus is die verskil tussen meer en minder kreatiewe groepe nie so duidelik in die verskillende voorstellings (*vlotheid*) soos in die kriteria *soepelheid* en *nuutheid* nie. Die modelle wat deur die voornemende onderwysers geskep is, het nie konsekwent hoë of lae vlakke van kreatiwiteit, gemeet aan al vier kriteria van die raamwerk, getoon nie. Een groep tweedejaars se model was byvoorbeeld op 'n hoë vlak van *nuutheid*, maar terselfdertyd op 'n laer vlak vir een of meer van die ander kriteria. Een groep se heel unieke staafigrafiek (hoë vlak van *nuutheid*) (Figuur 1) is voorafgegaan deur vyf verskillende grafieke (hoë vlak van *soepelheid*) (drie van hierdie grafieke word in Figuur 2 getoon), maar dit was nie vir die spesifieke situasie waarvoor dit nodig was, geskik nie (laer vlak van *bruikbaarheid*).

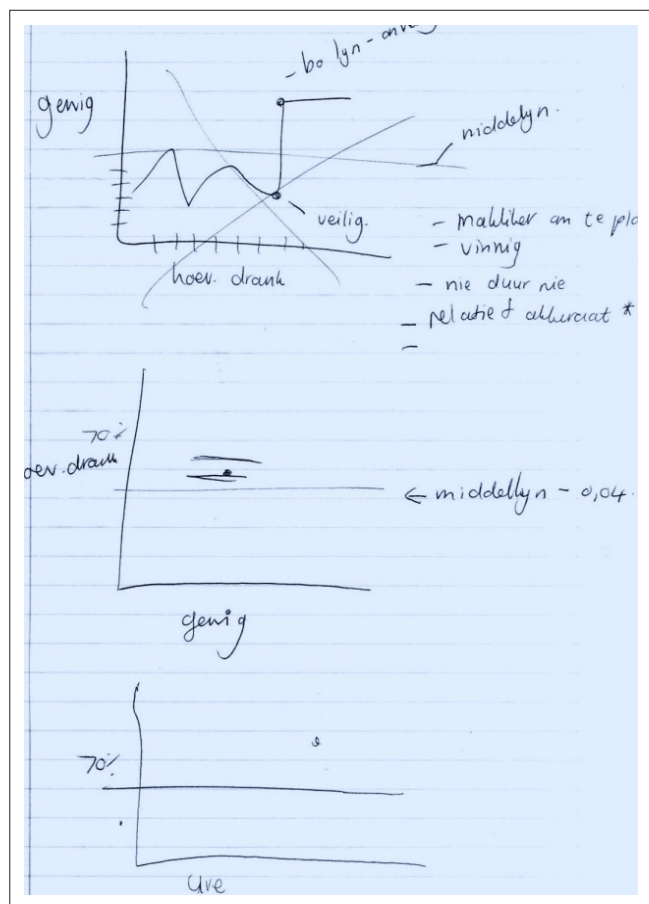


FIGUUR 1: Ongewone staafigrafiek geproduseer deur Groep 1.



Modelontlokkende aktiwiteit 2: 'Geldmaak'

Die kategorisering van antwoorde toon duidelik verskillende vlakke van *vlotheid*, *soepelheid*, *nuutheid*, en *bruikbaarheid* (Tabel 2). Twee groepe se response word bespreek. Groep 1 het die totale inkomste en totale getal werksure apart bereken, maar die twee datastelle nie gekombineer nie.



FIGUUR 2: Drie van die grafieke wat Groep 1 se finale grafiek (model) vooraf gegaan het.

Hulle het dus 'n minder gesofistikeerde model (*soepelheid*) geskep en het nie van benadering of rigting gedurende die oplossingsproses verander nie. Hulle het hul oplossings nie krities geëvalueer nie en dus by hul oorspronklike idee gehou (*vlotheid*) wat gelei het tot 'n minder oorspronklike (*nuutheid*) en minder nuttige model (*bruikbaarheid*). Groep 1 se model toon dus konsekwent laer vlakke van kreatiwiteit, gemeet aan al vier kriteria in die raamwerk.

Groep 43 het in teenstelling daarmee deur talle modellering-siklusse gegaan (*vlotheid*) en hul benadering vier keer verander (*soepelheid*). Hul finale model het die twee gegewe stelle data gekombineer en is gebaseer op berekeninge van inkomste per uur vir elke verkoper tydens die stadige, bestendige en besige tyd afsonderlik. Hulle het 'n gesofistikeerde model geskep (*soepelheid*) om alle verkopers te rangskik volgens 'n puntestelsel (*nuutheid*), en het in die proses 'n aanpasbare model geskep wat van toepassing is in die werklike wêreld (*bruikbaarheid*). Hierdie groep se model toon dus weer konsekwent hoë vlakke van kreatiwiteit ten opsigte van die vier kriteria.

Modelontlokkende aktiwiteit 3: 'Olimpiese Rekords'

Groep 7 het eers verskille tussen wentye van een Olimpiese Spele na die volgende bereken en gesoek na patrone in hierdie verskille. Daar was egter geen patroon nie; hulle het toe die individuele wentye grafies voorgestel en die lyn van beste passing vir elke grafiek getrek. Hulle het daarna die afname of toename in elke vier jaar se wentye persentasiegewys bereken. Die klem is daarna verskuif na 'n 'menslikevermoëfaktor' wat hulle bereken het deur van verskillende formules gebruik te maak en wat hulle beskryf as die persentasieafname in wentye. Hulle het dus die afname of toename in wentye tussen Speles, die gemiddelde afname of toename, asook die tendens in afnames bereken. Hulle kom tot die

TABEL 2: Analise van response in die 'Geldmaak'-taak.

| Kategorie | Beskrywing | Getal response |
|--|---|----------------|
| Geen kombinasie van die twee datastelle | | |
| Totale inkomste en totale getal uur gewerk ($N = 6$) | Totale alleen | 2 |
| | Totale vir verskillende skofte met rangorde | 4 |
| Gemiddelde inkomste en gemiddelde getal ure gewerk ($N = 1$) | Gemiddelde ure en gemiddelde inkomste | 1 |
| Kombinasie van die twee datastelle | | |
| Inkomste per uur (R/u) ($N = 41$) | R/u vir maande afsonderlik | 3 |
| | R/u oor 3 maande | 15 |
| | R/u vir verskillende skofte en R/u algeheel | 6 |
| | R/u algeheel en R/u in stadige tye | 1 |
| | R/u algeheel en R/u in besige tye (om oor deelydse verkopers te besluit) | 2 |
| | R/u en konsekwente hoë verkope in verskillende skofte | 1 |
| | R/u vir verskillende skofte en R/u algeheel en in rangorde | 4 |
| | R/u vir verskillende skofte en R/u algeheel en in rangorde met verhouding | 1 |
| | R/u en toekenning van gewigte (puntestelsel) | 5 |
| | R/u en % van gemiddelde R/u van al die verkopers tesaam | 1 |
| | R/u en gemiddeld van al die verkopers tesaam – afwyking van gemiddeld | 1 |
| | R/u en gemiddeld van al die verkopers tesaam – bokant hierdie gemiddeld | 1 |
| Totaal | | 48 |

Bron: Wessels, H., 2011b, 'Using a modelling task to elicit reasoning about data', in A. Rogerson & L. Paditz (eds.), *The Mathematics Education into the 21st Century Project. Turning Dreams into Reality: Transformations and Paradigm Shifts in Mathematics Education, Proceedings of the 11th International Conference*, Rhodes University, Grahamstown, viewed n.d., from <http://directorymathsed.net/download/>



gevolgtrekking dat die afname in wentye al kleiner sal word totdat dit negeerbaar klein is en dat dit nooit nul kan word nie. Groep 7 het dus veelvuldige oplossings uitgewerk (*vlotheid*) en verskeie kere van rigting of benadering verander (*soepelheid*). Hul oorspronklike idee om verskille tussen wentye uit te werk was nie uniek nie, maar die berekening van 'n 'menslikheidsfaktor' of 'menslikevermoë-faktor' was wel uniek (*nuutheid*). Hul berekening was nie baie betroubaar nie, maar hul finale model wat op die 'menslikheidsfaktor' gefokus het, was wel *bruikbaar*. Die kreatiwiteit wat blyk uit dié groep se model (oplossing) kan dus as medium tot hoog geklassifiseer word omdat die model volgens al vier kriteria hoog meet.

Die voorgestelde raamwerk kon dus effektief gebruik word om vlakke van kreatiwiteit in die oplossings van hierdie MOA's te bepaal.

Implikasies vir die ontwikkeling van kreatiwiteit deur die gebruik van modelontlokkende aktiwiteite

Vervolgens word implikasies uitgespel vir die voorbereiding van onderwysstudente om wiskundige kreatiwiteit deur die gebruik van MOA's in leerders te ontwikkel.

Bevindinge in 'n studie deur Seo, Lee and Kim (2005) oor onderwysers se begrip van kreatiwiteit wys op die feit dat onderwysers 'n goed afgeronde begrip van kreatiwiteit – insluitend die kognitiewe, persoonlikheids- en omgewingskomponente van kreatiwiteit – nodig het om studente se kreatiwiteit volledig te kan ontwikkel.

Onderwysers behoort aanvullend tot 'n deeglike begrip van kreatiwiteit ook toegerus te wees met kennis en vaardighede om kreatiwiteit deur wiskundige modellering te ontwikkel. Hulle moet kennis dra van die sleutelbeginsels en -konsepte van wiskundige modellering en moet 'n positiewe gesindheid teenoor wiskundige modellering hê (Doerr & Lesh 2011; Wessels 2009). Hulle moet gepaste oortuigings oor die aard van wiskunde en wiskundeonderwys hê en bewus wees van hul eie kennis en bevoegdheid om 'n modelleringsbenadering suksesvol in skole te kan implementeer (Maass & Gurlitt 2009). Studenteonderwysers moet dus reeds voordat hulle die praktyk betree, blootgestel word aan wiskundige modellering.

Die tradisionele benadering in klaskamers is nie bevorderlik vir die ontwikkeling van kreatiwiteit nie, aangesien kennis deur die onderwyser aan die leerders 'oorgedra' word en leerders reëls en prosedures wat die onderwyser gedemonstreer het, presies so moet weergee (Cobb, Wood, Yackel & McNeal 1992). Die vind van die korrekte antwoord – meestal *een* korrekte antwoord – lei tot 'n verskraling van leerders se eie kreatiwiteit en laat geen ruimte vir eie inisiatief, denke en strategieë nie. Die wyse waarop kinders in 'n tradisionele skoolstelsel opgevoed word, stel dus hulle kreatiwiteit en verbeelding op sistematiese wyse in gevaar:

'Education is meant to take us into a future we can't grasp ... yet we are educating our children out of creativity.' [Opvoeding is bedoel om ons te neem tot in 'n toekoms wat ons nog nie kan verstaan nie, tog lei ons ons kinders op en uit hulle kreatiwiteit uit.] (Robinson 2008, [outeur se eie vertaling]). Fox (2006:223) wys daarop dat leerders meer aanpasbare, kreatiewe en toekomsgerigte wiskundige denkers en probleemoplossers moet wees om te kan funksioneer in 'n samelewing wat toenemend op tegnologie en inligting gebaseer is. Voornemende onderwysers behoort dus aan effektiewe metodes vir die ontwikkeling van kreatiwiteit blootgestel te word, soos die gebruik van kragtige probleemoplossingsaktiwiteite waardeur wiskundige kennis, wiskundige vaardighede en kreatiwiteit ontwikkel word. Goeie modelontlokkende aktiwiteite ingevolge 'n modelleringsbenadering verteenwoordig aktiwiteite wat die potensiaal het om sowel wiskundige kennis as kreatiwiteit te ontwikkel. Onderwysstudente behoort deeglik voorberei te word om leerders se kreatiwiteit te ontwikkel deur die gebruik van MOA's – dit impliseer egter dat hul eie kreatiwiteit ook eers ontwikkel moet word sodat hulle hul eie wiskundekennis kan verbreed en terselfdertyd 'n beter begrip kan vorm van hoe die proses van die ontwikkeling van wiskundige kreatiwiteit by leerders verloop.

Piaget verduidelik dat reflekerende abstraksie 'n gevorderde denkproses is waardeur denke van een vlak na 'n volgende, hoër vlak beweeg (Piaget 1985). Onderrig aan onderwysstudente behoort reflekerende abstraksie by hulle te bevorder, maar hulle moet terselfdertyd bewus gemaak word van hoe hierdie proses verloop sodat hulle weer op hul beurt reflektiewe abstraksie en dus denke van hoër orde by leerders kan ontwikkel. Dit is dus van kardinale belang dat onderwysstudente self MOA's moet oplos en hul oplossingstrategieë in groepeerbiedings moet verduidelik en verdedig. Deur die blootstelling aan die prosesse, produkte (finale modelle), verduidelikings en beredenering van ander groepe, ontwikkel en konsolideer hulle hul eie wiskundige kennis.

'n Eerste vlak van refleksie word verder geskep wanneer groepe deur middel van aanbiedings hul oplossings (modelle) verduidelik en verdedig, ook wanneer 'n oorsigtelike klasbespreking van oplossings en oplossingsprosesse daarna gehou word. Die ontleding van hul eie modelle na aanleiding van die kriteria vir kreatiwiteit daarna en refleksie oor die verloop van hul oplossingsprosesse verteenwoordig Piaget se projeksiefase [*projection phase*] in die proses van reflektiewe abstraksie waar aksies op een vlak die objekte van refleksie op die volgende vlak word (Piaget 1985).

Die tweede fase, bewustelike herorganisering [*conscious reorganisation*], volg daarna wanneer die studenteonderwysers na aanleiding van hul eie ervarings van wiskundige modellering en kreatiwiteit in hul modelle reflekteer oor hoe hierdie prosesse in die wiskunde klaskamer kan verloop en hoe om sin te maak van kinders se denke. Onderrigbevoegdhede [teaching competencies] van voornemende onderwysers word dus ontwikkel: 'Expertise in teaching involves the



development of powerful conceptual tools for making sense of students' work' [Bedreweheid in onderrig behels die ontwikkeling van kragtige konseptuele gereedskap om sin te maak van leerders se werk.] (Lesh & Lehrer 2003:11, [outeur se eie vertaling]).

Deur self deur die proses van wiskundige modellering te gaan en kreatiwiteit in hul modelle te bestudeer kry studenteonderwysers dus 'n beter insig in die rol wat modellering kan speel in die opbou en konsolidering van wiskundekennis en in die ontwikkeling van kreatiwiteit.

Die keuse van modelleringsprobleme is kernbelangrik in die ontwikkeling van kreatiwiteit. Chamberlin en Moon (2005) beklemtoon dat MOA's spesifiek gefokus is op die ontwikkeling van kreatiwiteit en bespreek vyf kurrikulêre eienskappe van dié soort aktiwiteite. Goedbeplande MOA's is eerstens interdisiplinêr – die primêr wiskundige inhoud kan in 'n verskeidenheid niewiskundige kontekste ingeklee word. MOA's is tweedens ook goed gestruktureerd – voldoende inligting word gegee sodat die taak opgelos kan word. MOA's is derdens realistiese probleme waarmee leerders kan identifiseer en wat vir hulle sin maak in hul eie lewens. Die oplossing van 'n MOA moet vierdens deur metakognitiewe afrigting [*metacognitive coaching*] van die onderwyser gestuur word. Die vrae wat die onderwyser vra, speel hier 'n belangrike rol om leerders te laat reflekteer oor hul strategieë en om veelvuldige strategieë – en dus kreatiwiteit – aan te moedig. Vyfdens stel MOA's onderwysers in staat om leerders se denke te bestudeer, aangesien van leerders vereis word om in hul oplossings ook hul denkprosesse te dokumenteer en redes vir besluite oor keuses van probleemoplossingspaaie te gee. Chamberlin en Moon stel dit dat interdisiplinariteit, metakognitiewe afrigting, en probleemoplossing die drie eienskappe van MOA's is wat sterk op kreatiwiteit fokus.

Beperkinge van die studie

Die navorser het beplan om onderhoude met geselekteerde groepe te voer en om vrae te vra oor hul oplossingsmetodes en die proses van modelskepping. Vanweë studente se akademiese verpligtinge kon die navorser hierdie onderhoude egter nie binne 'n redelike tyd ná die voltooiing van die MOA's voer nie. Studente kon nie later hul probleemoplossingsprosesse en modelle goed onthou en beskryf nie, al het hulle weer al hul geskrewe werk bestudeer. Onderhoude kon dus nie in 'n later stadium met studente gevoer word nie, aangesien dit nie sinvolle data sou oplewer nie.

Groepaanbiedings aan die hele klas en besprekings van oplossingstrategieë en -prosesse is waardevol in die bevordering van reflektiewe denke en metakognitiewe strategieë. Hierdie klasaanbiedings en besprekings is egter vanweë 'n groot toename in studentegetalle die afgelope paar jaar nie meer moontlik nie. 'n Nuwe model van eweknie- en fasiliteerderassessering deur middel van plakkaataanbiedings word tans uitgetoets en lewer tot dusver belowende resultate.

Slotopmerkings

Die feit dat kreatiwiteit ontwikkel kan word deur die oplos van MOA's is bevestig in die navorsing wat hier beskryf is. Studente se bereidwilligheid om die MOA's op te los en te waag deur met veelvuldige, oorspronklike en bruikbare – dus kreatiewe – oplossings vorendag te kom, het ook toegeneem in die tydperk waarin hulle aan modelleringstake blootgestel is.

Die voorgestelde raamwerk vir ontleiding van voornemende onderwysers se modelle met betrekking tot die vier kriteria vir kreatiwiteit is uitgewys as 'n nuttige hulpmiddel om kreatiwiteit in oplossings te evalueer. Die voorstellings in die verskillende modelleringsiklusse het die vier kriteria vir kreatiwiteit nie konsekwent vertoon nie. Ontleiding van vlakke van beredenering in die finale modelle het egter meer konsekwentheid in die vier kriteria getoon.

Erkenning

Die finansiële bystand van die Fonds vir Innovasie en Navorsing in Leer en Onderrig (FINLO) aan die Universiteit van Stellenbosch word hiermee erken. Enige uitsprake, bevindinge en gevolgtrekkings is dié van die outeur en weerspieël nie noodwendig die siening van die ondersteunende organisasie nie. My dank aan Linda Jane du Toit vir hulp met die optekening van die data.

Mededingende belange

Die outeur verklaar hiermee dat sy geen finansiële of persoonlike verbintenis het met enige party wat haar nadelig kon beïnvloed in die skryf van hierdie artikel nie.

Literatuurverwysings

- Aiken, L., 1973, 'Ability and creativity in mathematics', *Review of Educational Research* 43(4), 405–432.
- Årlebäck, J. & Bergsten, C., 2010, 'On the use of realistic Fermi problems in introducing mathematical modelling in upper secondary mathematics', in R. Lesh, P. Galbraith, C. Haines & A. Hurford (eds.), *Modeling students' mathematical modeling competencies. ICTMA 13*, pp. 597–609, Springer, New York.
- Biccard, P., 2010, 'An investigation into the development of mathematical modelling competencies of Grade 7 learners', unpublished MA dissertation, Stellenbosch University, Stellenbosch.
- Britten, S., 2012, 'Can creativity fix South Africa?', *Mail & Guardian Online*, 26 March.
- CCSS, 2010, *Common Core State Standards for Mathematics*, viewed 27 March 2012, from <http://www.corestandards.org/the-standards>.
- Chamberlin, S. & Moon, S., 2005, 'Model-eliciting activities as a tool to develop and identify creatively gifted mathematicians', *Journal of Secondary Gifted Education* 17(1), 37–47.
- Cline, S., 1999, *Giftedness has many faces: Multiple talents and abilities in the classroom. Foundation for Concept in Education*, Winslow Press, Delray Beach.
- Cobb, P., Wood, E., Yackel, E. & McNeal, B., 1992, 'Characteristics of classroom mathematics traditions: an interactional analysis', *American Education research Journal* 29(3), 573–604.
- Cotic, M. & Zuljan, M., 2009, 'Problem-based instruction in mathematics and its impact on the cognitive results of the students and on affective-motivational aspects', *Educational Studies* 35(3), 297–310. <http://dx.doi.org/10.1080/03055690802648085>
- Departement Basiese Onderwys (DBO), 2011, *Kurrikulum- en Assesserings-beleidsverklaring (KABV/CAPS), Graad 1–3 Wiskunde*, Department van Basiese Onderwys, Kaapstad.
- Doerr, H., 2007, 'What knowledge do teachers need for teaching mathematics through applications and modelling?', in W. Blum, P. Galbraith, H. Henn & M. Niss (eds.), *Modelling and applications in mathematics education. The 14th ICMI Study*, pp. 69–78, Springer, New York. http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-29822-1_5



- Doerr, H., & English, L., 2001, 'A modelling perspective on students' learning through data analysis', in M. Van den Heuvel-Panhuizen (ed.), *Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, p. 361, Freudenthal Institute, Utrecht.
- Doerr, H., & Lesh, R., 2011, 'Models and modelling perspectives on teaching and learning mathematics in the twenty-first century', in G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri & G. Stillman (eds.), *Trends in teaching and learning of mathematical modelling – ICTMA 14*, pp. 247–268, Springer, Dordrecht. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-0910-2_26
- Dossey, J., McCrone, S., Giordano, F., & Weir, M., 2002, *Mathematics methods and modeling for today's mathematics classroom: A contemporary approach to teaching Grades 7-12*, Brooks/Cole, New York.
- English, L., 2006, 'Mathematical modeling in the primary school: Children's construction of a consumer guide', *Educational Studies in Mathematics* 63, 303–323. <http://dx.doi.org/10.1007/s10649-005-9013-1>
- English, L., 2003, 'Mathematical modelling with young learners', in S. Lamon, W. Parker & S. Houston (eds.), *Mathematical modelling: A way of life*, pp. 3–18, Horwood Publishing, Chichester.
- English, L. & Watters, J., 2009, 'Mathematical modelling in the early school years', in B. Sriraman, V. Freiman & N. Lirette-Pitre (eds.), *Interdisciplinarity, Creativity and Learning*, pp. 233–247, Information Age Publishing, Charlotte.
- Ervynck, G., 1991, 'Mathematical creativity', in D. Tall (ed.), *Advanced mathematical thinking*, pp. 42–53, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Fetterly, J., 2010, 'An exploratory study of the use of a problem-posing approach on pre-service elementary education teachers' mathematical creativity, beliefs, and anxiety', Unpublished doctoral thesis, Florida State University.
- Fox, J., 2006, 'A justification for mathematical modelling experiences in the preparatory classroom', in P. Grootenboer, R. Zevenbergen & M. Chinnappan (ed.), *Proceedings 29th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia*, pp. 221–228, MERGA, Canberra.
- Freiman, V., 2006, 'Problems to discover and boost mathematical talent in the early grades: A challenging situations approach', *The Montana Mathematics Enthusiast* 3(1), 51–75.
- Gil, E., Ben-Zvi, D. & Apel, N., 2008, 'Creativity in learning to reason informally about statistical inference in primary school', in R. Leikin (ed.), *Proceedings of the 5th International Conference on Creativity in Mathematics and the Education of Gifted Students*, Haifa, Israel, February 24–28, pp. 125–135.
- Glas, E., 2002, 'Klein's model of mathematical creativity', *Science and Education* 11, 95–104. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1013075819948>
- Government, New South Wales, 2006, *Mathematics K-6*, Board of Studies New South Wales, Sydney.
- Haylock, D., 1997, 'Recognizing mathematical creativity in school children', *International Reviews on Mathematical Education* 29(3), 68–74.
- Hiebert, J., Carpenter, T., Fennema, E., Fuson, K., Wearne, D., Murray, H., et al., 1997, *Making sense: Teaching and learning mathematics with understanding*. Heinemann, Portsmouth.
- Leikin, R. & Lev, M., 2007, 'Multiple solution tasks as a magnifying glass for observation of mathematical creativity', in J.-H. Woo, H.-C. Lew, K.-S. Park & D.-Y. Seo (eds.), *Proceedings of the 31st International Conference for the Psychology of Mathematics Education* 3, 161–168.
- Lesh, R., 2001, 'Beyond constructivism: A new paradigm for identifying mathematical abilities that are most needed for success beyond school and in a technology-based age of info', in M. Mithelmore (ed.), *Mathematics Education Research Journal*, Special issue.
- Lesh, R. & Doerr, H., 2003, 'Foundations of a model and modeling perspective on mathematics teaching, learning and problem solving', in R. Lesh & H. Doerr (eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics, problem solving, learning and teaching*, pp. 337–358, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ.
- Lesh, R. & Lehrer, R., 2003, 'Models and modeling perspectives on the development of students and teachers', *Mathematical Thinking and Learning* 5(2&3), 109–129.
- Lesh, R., Carmona, G. & Post, T., 2002, 'Models and modeling: Representational fluency', in D. Mewborn, P. Sztajn, D. White, H. Wiegel, L. Bryant & K. Nooney (eds.), *24th Annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, proceedings, Athens, Georgia, October 26–29, 2002, pp. 89–98.
- Lesh, R., Cramer, K., Doerr, H., Post, T. & Zawojewski, J., 2003, 'Model development sequences', in R. Lesh & H. Doerr (eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning and teaching*, pp. 35–58, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ.
- Lesh, R., Hoover, M. & Kelly, E., 1993, 'Equity, assessment, and thinking mathematically: Principles for the design of model-eliciting activities', in I. Wirsup & R. Streit (eds.), *Developments in school mathematics education around the world*, vol. 3, pp. 104–130, Teachers of Mathematics.
- Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A. & Post, T., 2000, 'Principles for developing thought-revealing activities for students and teachers', in R. Lesh & A. Kelly, *Handbook of research design in mathematics and science education*, pp. 591–645, Lawrence Erlbaum, Mahwah, NY.
- Lesh, R. Amit, M. & Schorr, Y., 1997, 'Using "real-life" problems to prompt students to construct conceptual models for statistical reasoning', in I. Gal & J. Garfield (eds.), *The assessment challenge in statistics education*, pp. 65–83, IOS Press, Amsterdam.
- Maass, K., & Gurlitt, J., 2009, 'Designing a teacher questionnaire to evaluate professional development in modelling, paper presented at the 6th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 6), Lyon, France, January 28 – February 01, 2009.
- Mann, E., 2006, 'Creativity: The essence of mathematics', *Journal for the Education of the Gifted* 30 (2), 236–260.
- Manuel, D., 2009, 'Does technology help building more creative mathematical environments?', in B. Sriraman, V. Freiman & N. Lirette-Pitre (eds.), *Interdisciplinarity, creativity and learning*, pp. 233–247, Information Age Publishing, Charlotte, NC.
- Marshak, D., 2003, 'No child left behind: A foolish race into the past', *Phi Delta Kappan* 85, 229–231.
- Mousoulides, N., 2009, 'Mathematical modeling for elementary and secondary school teachers', *Research and theories in teacher education*, A. Kontakos (ed.), University of the Aegean, Greece.
- Mousoulides, N., Sriraman, B. & Christou, C., 2007, 'From problem solving to modeling. The emergence of models and modeling perspectives', *Nordic Studies in Mathematics Education* 12(1), x–y.
- Niss, M., Blum, W. & Galbraith, P., 2007, 'Introduction to modelling and applications in mathematics education', in W. Blum, P. Galbraith, H.-W. Henn & M. Niss (eds.), *Modeling and applications in mathematics education. 14th ICMI Study*, pp. 3–32, Springer, New York. http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-29822-1_1
- Piaget, J., 1985, *The equilibration of cognitive structures: The central problem of intellectual development*, University of Chicago Press, Chicago.
- Piirto, J., 1998, *Understanding those who create*, Great Potential Press, Scottsdale, AZ.
- Plucker, J. & Beghetto, R., 2004, 'Why creativity is domain general, why it looks domain specific, and why the distinction does not matter', in R. Sternberg, E. Grigorenko & J. Singer (eds.), *Creativity: From potential to realization*, pp. 153–168, American Psychological Association, Washington, DC. <http://dx.doi.org/10.1037/10692-009>
- Robinson, K., 1999, *Creativity, Culture and Education. Report*, National Advisory Committee on Creative and Cultural Education, London.
- Robinson, K., 2008, *Keynote address, Apple Education Leadership Summit*, viewed 28 May 2012, from <http://flihered.com/2011/07/05/does-education-kill-creativity/>
- Seo, H.-A., Lee, E. & Kim, K., 2005, 'Korean science teachers' understanding of creativity in Gifted Education', *Journal of Secondary Gifted Education* XVI (2/3), 98–105.
- Sheffield, J., 2000, 'Creating and developing promising young mathematicians', *Teaching Children Mathematics* 6(7), 416–419.
- Silver, E., 1997, 'Fostering creativity through instruction rich in mathematical problem solving and problem posing', *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 29(3), 75–80. <http://dx.doi.org/10.1007/s11858-997-0003-x>
- Sriraman, B., 2005, 'Are giftedness and creativity synonyms in mathematics?', *Journal of Secondary Gifted Education* 17(1), 20–36.
- Sriraman, B., 2004, 'The characteristics of mathematical creativity', *The Mathematics Educator* 14(1), 19–34.
- Sternberg, R., 1999, 'Developing mathematical reasoning', in L. Stiff & F. Curcio (eds.), *The nature of mathematical reasoning*, pp. 37–44, NCTM, Reston, VA.
- Sternberg, R. & Lubart, T., 2000, 'The concept of creativity: Prospects and paradigms', in R. Sternberg (ed.), *Handbook of creativity*, pp. 93–115, Cambridge University Press, New York.
- Sung, Y.-T., Chang, K.-E., Chiou, S.-K. & Hou, H.-T., 2005, 'The design and application of a web-based self- and peer-assessment system', *Computers and Education* 45(2), 187–202. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2004.07.002>
- Torrance, E., 1974, *Torrance tests of creative thinking*, Ginn, Lexington.
- Urban, K., 1995, 'Creativity: a component approach model', paper presented at the *World Conference on the Education for the Gifted and Talented*, July 31, Hong Kong.
- Wessels, D.C.J., 2009, 'Die moontlikhede van die modelleringsperspektief vir skoolwiskunde', *Die Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie* 28(4), 319–339.
- Wessels, H., 2011a, 'The Development of Creativity through Rich Open-Ended Mathematical Tasks', paper presented at the *16th Korean International Seminar of Mathematics Education on Creativity Development and Gifted Students*, Daejeon, Korea, August 11–13.
- Wessels, H., 2011b, 'Using a modelling task to elicit reasoning about data', in A. Rogerson & L. Paditz (eds.), *The Mathematics Education into the 21st Century Project. Turning Dreams into Reality: Transformations and Paradigm Shifts in Mathematics Education. Proceedings of the 11th International Conference*, Rhodes University, Grahamstown, viewed n.d., from <http://directorymathsed.net/download/>
- Wessels, H., 2006, 'Types and levels of data arrangement and representation as modeled by Grade 4-7 learners', unpublished doctoral dissertation, University of South Africa, South Africa, viewed n.d., from <http://hdl.handle.net/10500/1867>
- Wu, P. & Chiou, W., 2008, 'Postformal thinking and creativity among late adolescents: A post-piagetian approach', *Adolescence* 43(170), 237–251.



Addenda Addendum A

'n Voorbeeld van modelontlokkende aktiwiteit 1: 'Moenie drink en bestuur nie'

Don't drink and drive

Read the following article about drinking and driving.

Every year, thousands of people are killed in car accidents. Hundreds of thousands more are injured. As many as 50% of car accidents are caused by drunk drivers. The Arrive Alive campaign aims to crack down on drunk driving. Across the country, drunk driving is a very serious crime. There are laws governing how much a person may drink and still be considered safe to drive. Anyone who has a blood alcohol level of 0.05% or higher will be considered drunk and not fit to drive. Persons caught driving drunk can lose their licenses, receive a fine and a possible jail sentence. It is important for those individuals who choose to drink to understand what their blood alcohol level is. The higher the level, the more impaired a person's abilities are. A can of beer, a glass of wine or one shot of hard liquor all contain the same amount of alcohol. Each of these should be counted as one drink. How much an alcoholic drink affects someone depends on the person's weight. So, the effect of a glass of wine is much more pronounced in a slight person than in someone heavy. Once a person stops drinking, the blood alcohol drops about 1.5% per hour. For example: a 64 kg person with a blood alcohol level of 0.10 % would have a blood alcohol level of 0.085% after one hour and 0.070% after another hour. While a person can legally drive at blood alcohol levels of 0.04%, experts warn that impairment is still possible. To be safe, the best policy is never to drink and drive. If one does drink, however, one should at least have a 'designated driver'. This is a person who accompanies other people, but chooses to abstain. At the end of the evening, the designated driver takes everyone home safely. Other ways for drinkers to be safe is to call a taxi or stay overnight at the place where they are drinking. These alternatives seem inconvenient, but being involved in an accident or going to jail is even worse!

Table 1: Blood alcohol concentration % within one hour.

| Body Weight (kg) | Number of drinks | | | | |
|------------------|------------------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 45 | 0.04 | 0.09 | 0.15 | 0.20 | 0.25 |
| 55 | 0.03 | 0.08 | 0.12 | 0.16 | 0.21 |
| 65 | 0.02 | 0.06 | 0.10 | 0.14 | 0.18 |
| 75 | 0.02 | 0.05 | 0.09 | 0.12 | 0.15 |
| 85 | 0.02 | 0.05 | 0.08 | 0.10 | 0.13 |
| 95 | 0.01 | 0.04 | 0.07 | 0.09 | 0.12 |

Don't Drink and Drive hotline!

A community group wants to start a Don't Drink and Drive Hotline. They have asked your group for help. The group needs a method to estimate a caller's blood alcohol concentration. Develop useful tools for estimating this. You may want to use tables, graphs etc. Your method should work for the wide range of cases the hotline might receive. Write a description of your tools and method to assist the hotline employees that will be applying them.

Addendum B

'n Voorbeeld van modelontlokkende aktiwiteit 2: 'Geldmaak'

During the last summer holidays Maya started a concession business at Wild Days Amusement Park. Her vendors roam the park with popcorn and drinks for sale. Maya needs help deciding whom to rehire next summer.

Last year Maya had nine vendors. This summer, she is only able to employ six – three full-time and three half-time. She wants to rehire only the most successful vendors, but she doesn't know how to compare them because of unequal shift lengths. Also, *when* they worked, makes a big difference. After all, sales would peak on a crowded Friday night and dip on a rainy afternoon. Maya reviewed her records from last year. For each individual vendor, she totalled the number of working hours and the money collected – when business in the park was good (high attendance), steady, and slow (low attendance) (see Table 1 and Table 2). Please evaluate how well the various vendors did for the business last year and choose three she should rehire full-time, and three half-time.

Write a letter to Maya giving your results. In your letter describe how you evaluated the vendors. Give details so Maya can check your work; do give a clear explanation so she can decide whether your method is efficient.

Table 1: Hours worked last summer.

| Vendor | November | | | December | | | January | | |
|--------|----------|--------|------|----------|--------|------|---------|--------|------|
| | Busy | Steady | Slow | Busy | Steady | Slow | Busy | Steady | Slow |
| Maria | 12.5 | 15 | 9 | 10 | 14 | 17.5 | 12.5 | 33.5 | 35 |
| Kim | 5.5 | 22 | 15.5 | 53.5 | 40 | 15.5 | 50 | 14 | 23.5 |
| Terry | 12 | 17 | 14.5 | 20 | 25 | 21.5 | 19.5 | 20.5 | 24.5 |
| Jose | 19.5 | 30.5 | 34 | 20 | 31 | 14 | 22 | 19.5 | 36 |
| Yusuf | 19.5 | 26 | 0 | 36 | 15.5 | 27 | 30 | 24 | 4.5 |
| Thandi | 13 | 4.5 | 12 | 33.5 | 37.5 | 6.5 | 16 | 24 | 16.5 |
| Robin | 26.5 | 43.5 | 27 | 67 | 26 | 3 | 41.5 | 58 | 5.5 |
| Tony | 7.5 | 16 | 25 | 16 | 45.5 | 51 | 7.5 | 42 | 84 |
| Willy | 0 | 3 | 4.5 | 38 | 17.5 | 39 | 37 | 22 | 12 |

Table 2: Money collected last summer (in Rand).

| Vendor | November | | | December | | | January | | |
|--------|----------|--------|------|----------|--------|------|---------|--------|------|
| | Busy | Steady | Slow | Busy | Steady | Slow | Busy | Steady | Slow |
| Maria | 690 | 780 | 452 | 699 | 758 | 835 | 788 | 1732 | 1462 |
| Kim | 474 | 874 | 406 | 4612 | 2032 | 477 | 4500 | 834 | 712 |
| Terry | 1047 | 667 | 284 | 1389 | 804 | 450 | 1062 | 806 | 491 |
| Jose | 1236 | 1188 | 765 | 1584 | 1668 | 449 | 1822 | 1276 | 1358 |
| Yusuf | 1264 | 1172 | 0 | 2477 | 681 | 548 | 1923 | 1130 | 89 |
| Thandi | 1115 | 278 | 574 | 2972 | 2399 | 231 | 1322 | 1594 | 577 |
| Robin | 2253 | 1702 | 610 | 4470 | 993 | 75 | 2754 | 2327 | 87 |
| Tony | 550 | 903 | 928 | 1296 | 2360 | 2610 | 615 | 2184 | 2518 |
| Willy | 0 | 125 | 64 | 3073 | 767 | 768 | 3005 | 1253 | 253 |

Addendum C

'n Voorbeeld van modelontlokkende aktiwiteit 3: 'Olimpiese Rekords'

Olympic records

The editor of a local newspaper is writing an article called 'The Fast Track'. In the article the levels of speed for women and men in



the 200 m event for future Olympics are compared and predicted. The editor needs your help to predict the speed levels for the next 50 Olympics (the next 200 years). Write a report on your predictions and conclusions as the editor would have to explain why predictions were made. Include any tables or charts that may help the editor understand your reasoning.

Olympic results

WOMEN: 200 meter

1928–1936 (not contested)

1948

1. Fanny Blankers-Koen (Hol) 24.4

1952

1. Marjorie Jackson (Aus) 23.7

1956

1. Betty Cuthbert (Aus) 23.4 WR

1960

1. Wilma Rudolph (US) 24.0

1964

1. Edith McGuire (US) 23.0 WR

1968

1. Irena Szewinska (Pol) 22.5 (A) WR

1972

1. Renate Stecher (EG) 22.40 WR

1976

1. Bärbel Wöckel* (EG) 22.37

1980

1. Bärbel Wöckel (EG) 22.03

1984

1. Valerie Brisco* (US) 21.81

1988

1. Florence Griffith Joyner (US) 21.34 WR

1992

1. Gwen Torrence (US) 21.81

1996

1. Marie-José Pérec (Fra) 22.12

2000

1. Marion Jones (US) 21.84

2004

1. Veronica Campbell (JAM) 22.05

2008

1. Veronica Campbell –Brown (JAM) 21.74

MEN: 200 meter

1896 (not contested)

1900

1. Walter Tewksbury (US) 22.2

1904

1. Archie Hahn (US) 21.6

1908

1. Bob Kerr (Can) 22.6

1912

1. Ralph Craig (US) 21.7

1920

1. Allen Woodring (US) 22.0

1924

1. Jackson Scholz (US) 21.6

1928

1. Percy Williams (Can) 21.8

1932

1. Eddie Tolan (US) 21.2

1936

1. Jesse Owens (US) 20.7

1948

1. Mel Patton (US) 21.1

1952

1. Andy Stanfield (US) 20.7

1956

1. Bobby Morrow (US) 20.6 WR

1960

1. Livio Berruti (ITA) 20.5

1964

1. Henry Carr (US) 20.3

1968

1. Tommie Smith (US) 19.8 (A) WR

1972

1. Valeriy Borzov (SU) 20.00

1976

1. Don Quarrie (Jam) 20.22

1980

1. Pietro Mennea (Ita) 20.19

1984

1. Carl Lewis (US) 19.80

1988

1. Joe DeLoach (US) 19.75

1992

1. Michael Marsh (US) 20.01

1996

1. Michael Johnson (US) 19.32 WR

2000

1. Konstadínos Kedéris (Gre) 20.09

2004

1. Shawn Crawford (US) 19.79

2008

1. Usain Bolt (JAM) 19.30