

Karin Verouden

Fontys Hogescholen  
k.verouden@fontys.nl

Bram van den Broek

Fontys Hogescholen  
b.vandenbroek@fontys.nl

## Onderwijs

# Fontys-opleiding Toegepaste Wiskunde ontwikkelt een nieuw curriculum

Mede na overleg met het werkveld, in de vorm van een actieve Raad van Advies en gesprekken met het bedrijfsleven, heeft de opleiding Toegepaste Wiskunde van Fontys Hogescholen het landelijk besluit van de Vereniging Hogescholen aangegrepen om een volledig nieuw curriculum in te richten. Een van de innovaties is een afstudeerrichting *Engineering* op hbo-niveau. Een unicum in Nederland. In dit artikel geven Karin Verouden en Bram van den Broek, beiden docenten van Fontys Hogescholen, een nadere beschrijving van het nieuwe curriculum.

Naast wiskundeopleidingen op universiteiten telt Nederland ook vijf opleidingen Toegepaste Wiskunde op hbo-niveau; de Hogeschool van Amsterdam, Inholland, de Haagse Hogeschool, de NHL Stenden en Fontys Hogescholen. Voorheen stonden deze opleidingen bekend als de opleiding Bedrijfswiskunde. De naamsverandering hangt samen met een door de Vereniging Hogescholen ingezette herindeling van alle hbo-opleidingen in grotere opleidingsdomeinen. De opleidingen Toegepaste Wiskunde behoren tot het domein Engineering en delen dezelfde competenties met een aantal andere technische opleidingen. Studenten die de opleiding afronden ontvangen de graad 'Bachelor of Science'.

Afgestudeerden van Toegepaste Wiskunde zullen na het afronden van hun opleiding een belangrijke rol spelen in het systematisch en analytisch aanpakken van praktische problemen binnen bedrijven, zorginstellingen, overheidsinstellingen en

non-profitorganisaties. Deze organisaties hebben een groeiende behoefte aan kwantitatieve onderbouwing van beslissingsprocessen, waaraan de hbo'ers kunnen bijdragen met het toepassen van wiskundige modellen. Hbo-wiskundigen beschikken over vaardigheden die hen in staat stellen te werken in multidisciplinaire teams, veelal in projectvorm, binnen uiteenlopende bedrijfstakken.

### Nieuw curriculum

Iedere opleiding Toegepaste Wiskunde in Nederland bepaalt haar eigen accenten in het curriculum. In afstemming op de arbeidsmarkt en de wensen van het bedrijfsleven heeft de opleiding van Fontys Hogescholen gekozen voor drie afstudeerrichtingen: *Engineering*, *Data Analysis* en *Operations Research*. Deze afstudeerrichtingen zijn vanaf het eerste studiejaar vormgegeven in drie leerlijnen. De leerlijn *Operations Research* richt zich volledig op

de logistieke sector en de leerlijn *Data Analysis* heeft naast de klassieke thema's uit de kansrekening en statistiek, ook programmeervaardigheden hoog in het vaandel staan. De leerlijn *Engineering* focust zich vanuit de klassieke calculusthema's vanaf het eerste jaar van de opleiding op toepassingen in de engineering. Belangrijke onderwerpen zijn 'systemen en signalen' en 'modelvorming met differentiaalvergelijkingen'. De afstudeerrichting *Engineering* wordt in Nederland alleen door Fontys-opleiding Toegepaste Wiskunde aangeboden.

### Engineering

Dit vakgebied is gespecialiseerd in het creëren en verbeteren van onze omgeving door technologische innovaties. Wiskundige hbo-engineers kunnen werken in de technische sector bij grote bedrijven, bij ingenieursbureaus en bij het midden- en kleinbedrijf. Zij kunnen samenwerken met meerdere ingenieursdisciplines, zoals mechatronica, elektrotechniek of werktuigbouwkunde. Vaak zijn andere ingenieurs uit deze disciplines zeer goed in staat om technologische systemen te ontwerpen, maar worden de modellen van deze systemen door hen ervaren als een *black box*. Wiskunde kan van cruciaal belang zijn om deze systemen te verbeteren. Hier is een

**Project Engineering: rekenen aan een chirurgische robotarm**

Microsure is een spin-off van de Technische Universiteit Eindhoven en houdt zich bezig met de ontwikkeling van een medische robotarm, die in de nabije toekomst gebruikt zal worden voor microchirurgie. “Deze robotarm zal onder andere worden gebruikt voor borstreconstructies bij vrouwen die borstkanker hebben gehad”, legt werktuigbouwkundig ingenieur Ferry Schoenmakers uit. Hij heeft eerstejaars studenten de vraag voorgelegd hoe de ruimte waarin de robotarm kan bewegen op een eenvoudige manier groter kan worden. Uit het onderzoek van de studenten bleek dat twee zogenoemde linklengtes, ofwel de afstand tussen twee scharnieren, van grote invloed waren op de beweeglijkheid van de arm. Door de linklengtes allebei iets langer te maken, werd de robotarm heel snel beweeglijker, waardoor de chirurg veel vrijer kan opereren. Deze uitkomst is dan ook in een volgend systeem van de robotarm doorgevoerd.

rol weggelegd voor een wiskundig ingenieur, die zowel een goed begrip heeft van de technologie, als ook van wiskundige modellen van technologische systemen.

De focus in de afstudeerrichting *Engineering* ligt op het ontwikkelen van de vaardigheid om wiskunde in te zetten voor praktijkgerichte technologische problemen. Studenten leren om een praktische context te vertalen naar een wiskundig model. In vergelijking met een wetenschappelijke opleiding is er vooral aandacht voor de toepassing van de modellen en minder voor de theoretische achtergronden hiervan. Het implementeren van de wiskundige modellen in een geschikte softwaretool staat continu op de agenda. Meteen bij aanvang van de opleiding maken de studenten binnen de *Engineering*-leerlijn kennis met MATLAB. In het derde en vierde studiejaar leren studenten bovendien werken met simulatiesoftware Simulink en een specifieke tool voor de eindige-elementenmethode.

**Data Analysis**

Organisaties beschikken in toenemende mate over grote hoeveelheden data, op

basis waarvan inzicht kan worden verkregen in bedrijfsprocessen. Deze inzichten kunnen worden aangewend om processen te verbeteren en onderbouwde beslissingen te nemen. De leerlijn *Data Analysis* verbindt de vakgebieden wiskunde en informatica. Kennis en vaardigheden worden gebruikt om bewerkingen rondom data uit te voeren, zoals het verzamelen, opschonen en structureren, analyseren, modelleren en inzichtelijk maken, om zo patronen bloot te leggen, voorspellingen te doen en conclusies te trekken. Binnen deze leerlijn wordt dan ook veel aandacht gegeven aan de ontwikkeling van programmeervaardigheden. Zo leren studenten reeds in het propedeusejaar werken met de programmeertaal *Python*. Later in de opleiding komt hier de softwaretool *R* bij. Een data-analist heeft een kritische, onderzoekende houding ten aanzien van zijn werk. Hij bekijkt de problematiek niet alleen vanuit het perspectief van de opdrachtgever, maar is zich ook bewust van verschillende contexten van het probleem en het effect van zijn werk op andere belanghebbenden.

**Project Data Analysis: vergroten effectiviteit waterzuiveringsinstallaties**

Een voorbeeld van de werkzaamheden van een data-analist is het verbeteren van de effectiviteit van de zuiveringsinstallaties voor een waterzuiveringsbedrijf. Uitgangspunt voor dit project is een statisch model, dat gebruikmaakt van gegevens van fabrikanten van delen van de installatie. Op basis van meetgegevens van de installaties van het bedrijf en met behulp van data, die verzameld is door andere nutsbedrijven en overheidsinstanties, kan het model worden uitgebreid en dynamisch worden gemaakt. De *near real-time output* van het nieuwe model kan door experts van de organisatie gebruikt worden om knelpunten in het waterzuiveringsproces aan te wijzen en verbeteringen voor te stellen. Het operationeel management van de organisatie kan het model gebruiken om de vraag naar en het aanbod van de dienst beter op elkaar af te stemmen.

**Operations Research**

Bijna ieder bedrijf van enige omvang heeft te maken met problemen op het gebied van logistiek en operations research (OR). Hbo'ers op het gebied van operations research zijn in staat om relevante informatie te verzamelen en te structureren en kunnen een breed arsenaal aan wiskundige modellen en technieken uit de operations research toepassen om logistieke problemen aan te pakken. Bij de leerlijn *Operations Research* wordt gebruikgemaakt van de software AIMMS en het spreadsheetprogramma Excel. Logistieke vraagstukken doen zich voor in vervoersbedrijven, distributiecentra, grotere productiebedrijven en instellingen zoals ziekenhuizen. De OR-ingenieur heeft in bedrijven de functie van planner voor voorraadbeheer, productie of transport, van logistiek ingenieur of van efficiency-onderzoeker.

**Professionalisering en Projecten/Stages**

Naast de drie wiskundeleerlijnen profileert de opleiding zich met een leerlijn *Professionalisering* en een leerlijn *Projecten/Stages*. Het eerste doel van de leerlijn *Professionalisering* is dat studenten *soft skills* ontwikkelen, zoals samenwerken, presenteren en communiceren. Bedrijven hechten er grote waarde aan dat wiskundig specialisten in staat zijn om hun berekeningen om te zetten in begrijpelijke taal voor niet-wiskundige derden; collega's uit andere disciplines, beleidsmakers en klanten. Aangezien iedere keuze voor een wiskundig model slechts een gedeeltelijke representatie is van de werkelijkheid, leren de studenten binnen het vak beroepsethiek na te denken over de gevolgen van hun keuze voor een wiskundig model, voor mens en milieu. Om de studenten voor te bereiden op een internationaal georiënteerde samenleving krijgen zij cursussen Engels, netwerken en solliciteren. Iedere professional neemt zichzelf mee in zijn werk en daarom ook staat een tweede doel, de professionele en persoonlijke ontwikkeling van de student als mens, binnen deze leerlijn centraal. Studenten leren hun eigen kwaliteiten kennen en benoemen, zij werken aan assertiviteit, time-management en onderzoeken hun eigen waarden om een moreel oordeel te kunnen vormen. Dit laatste ook met het oog op de loopbaan die zij verkiezen.

De leerlijn *Professionalisering* wordt uitgevoerd in het eerste en tweede studiejaar van de opleiding. Vervolgens loopt de leer-

**Project Operations Research: plannen kookevenement voor een buurtvereniging**

In het project *Running Dinner* hebben tweedejaars studenten een buurtvereniging in Den Bosch geholpen met het plannen van hun jaarlijkse kookevenement en hen zo vele avonden puzzelen met honderden papertjes bespaard. Bovendien is de doelstelling — zoveel mogelijk mensen met elkaar in contact brengen — maximaal gerealiseerd. In de rol van OR-consultant hebben de studenten een acquisitiesgesprek gevoerd om de eisen en wensen aan de oplossing boven tafel te krijgen, het probleem wiskundig gemodelleerd en geanalyseerd en een geschikte oplosmethode — in de vorm van een stapsgewijze aanpak — gekozen. Vervolgens werden verschillende optimalisatiealgoritmen in software geïmplementeerd. Dit werkproces heeft geleid tot een softwaretool, waarmee de buurtvereniging haar eigen handmatig gemaakte planning op conflicten kan controleren, maar ook binnen een mum van tijd automatisch een zeer goed, conflictvrij planningsvoorstel kan genereren.

lijn door in de stage/projectlijn. Vanaf het eerste studiejaar nemen studenten deel aan projecten. In jaar drie en vier lopen zij stage. Alles wat de studenten in de eerste jaren hebben geleerd, passen zij toe in de praktijk. Tijdens intervisiebijeenkomsten bespreken zij hun ervaringen en bevindingen. Binnen de professionele context van een bedrijf of organisatie werken de studenten niet alleen aan opdrachten, maar definiëren zij ook persoonlijke leerdoelen. Zij sluiten de opleiding af met een individuele stage van een half jaar, in binnen- of buitenland.

**Opbouw van de opleiding**

Gedurende de eerste twee jaar van de opleiding Toegepaste Wiskunde van Fontys Hogescholen wordt de wiskundige basis gelegd voor de drie afstudeerrichtingen, georganiseerd in de drie beschreven wiskundeleerlijnen. Enerzijds wordt hierin een landelijke kennisbasis gevolgd met klassieke thema's zoals calculus, lineaire algebra, kansrekening en statistiek. Anderzijds worden hierin keuzes gemaakt door de opleiding zelf, mede afgestemd op de behoeften van het bedrijfsleven. Met enige regelmaat wordt het werkveld dan ook bij de ontwikkeling van het onderwijs betrokken. Binnen de wiskundevakken staat het leren toepassen van wiskunde centraal, onder andere door het gebruik van passende software. De studenten gebruiken de software ook bij de tentaminering met behulp van het zogenaamde *Windows to Go*-systeem. Het kunnen werken met software betekent overigens niet dat er geen uitwerkingen meer op papier worden gemaakt. Er wordt van de studenten verwacht dat zij bepaalde berekeningen zonder gebruik van software kunnen uit-

voeren. Ook hierbij ligt de nadruk op het toepassen van wiskundige methoden. De klassieke bewijsvoering komt doorgaans niet aan de orde.

Vanaf het derde studiejaar maken de studenten een keuze voor een afstudeer-richting. Hoewel hun focus op de gekozen richting ligt, volgen de derdejaars en vierdejaars studenten daarnaast ook nog een aantal vakken uit de andere leerlijnen. Bovendien is in het derde jaar een minor opgenomen waarin zij volledige keuzevrijheid hebben voor verdere verdieping of verbreding. Het onderwijs wordt overwegend uitgevoerd in hoor- en werkcolleges. Naast de klassieke vorm van tenta-

minering, maken samenwerkingsprojecten deel uit van de toetsing. In het derde en vierde studiejaar worden studenten onder andere getoetst door in groepsverband te werken aan casussen. Sommige onderwijseenheden worden met een portfolio afgerond.

De formele toelatingseisen voor de opleiding Toegepaste Wiskunde op hbo-niveau zijn landelijk vastgelegd. Een vwo-leerling is vanuit ieder profiel met wiskunde A of B zonder meer toelaatbaar. Van havoleerlingen die een CM- of EM-profiel hebben gevolgd, wordt expliciet geëist dat zij wiskunde B hebben gehad; vanuit het NG- en NT-profiel is een havoleerling zonder meer toelaatbaar. Ook vanuit het mbo is instroom naar de opleiding mogelijk. Naast studenten met een havo-, vwo- of mbo-achtergrond stromen er ook studenten binnen die eerst een academische opleiding of een andere hbo-opleiding hebben geprobeerd. De diverse achtergronden leiden tot een heterogene groep studenten in het eerste jaar, die onderling verschillen in hun oordeel over de moeilijkheidsgraad van de opleiding. Het curriculum is zodanig opgebouwd dat studenten met wiskunde B op havoniveau een goede aansluiting ervaren. De opleiding werkt met een norm van 60 EC na één jaar, oftewel de propedeuse moet na één jaar worden behaald.

Jaar 1	Project	Professionalisering	Engineering	Data Analysis	Operations Research
P1	Beat-It	Studievaardigheden; Soft skills	Goniometrie; Complexe getallen	Beschrijvende statistiek; Excel	Inleiding logistiek
P2	Verkenning logistiek werkgebied	Engels; Presenteren	Differentiëren; Integreren	Kansrekening; programmeren	Inleiding Modelleren
P3	Modelleren robotarm	Mindset; Samenwerken	Lineaire algebra; Partieel differentiëren	Kansverdelingen; programmeren	Lineair Programmeren
P4	Analyse verkoopcijfers	Engels; Netwerken	Vervolg integreren; Reeksen	Regressie; programmeren	Discrete Optimalisatie

  

Jaar 2	Project / stage	Professionaliseren	Engineering	Data Analysis	Operations Research
P1	Planningsapplicatie ontwerpen	Presenteren Internationalisering	Gewone differentiaalvergelijkingen	Hypothese toetsen	Verdieping logistiek
P2		Solliciteren Bedrijfskunde Rapportage Engels	Signaalanalyse	Variantieanalyse; Introductie R	Improving Search
P3	Oriënterende stage	Ethiek Zakenreis	Vectorcalculus	Introductie Machine Learning; vervolg R	Verdieping Modelleren en Optimaliseren
P4		eindassessment	Inleiding partiële differentiaalvergelijkingen	Statistisch onderzoek	Casusopdracht

  

Jaar 3 / 4	Engineering	Data Analysis	Operations Research
P1	Minor		
P2			
P3	Kernvakken: Partial Differential Equations	Kernvakken: Machine Learning	Kernvakken: Inventory Management
P4	System and Control	Modelling	Simulations of Queueing Systems
P1	Advanced FEM and Control	Predictive Analytics	Data Skills for Business
P2	Image and Data Processing in Engineering	Data Skills for Business	Operations Planning and Warehousing
	Scientific Computing	Image and Data Processing in Engineering	Management Accounting
	Keuzevakken: Keuze van 3 vakken uit de kernvakken van Data Analysis en / of Operations Research	Keuzevakken: Keuze van 3 vakken uit de kernvakken van Engineering en / of Operations Research	Keuzevakken: Keuze van 3 vakken uit de kernvakken van Engineering en / of Data Analysis
	Projectstage (in P3/P4 van Jaar 3)	Projectstage (in P3/P4 van Jaar 3)	Projectstage (in P3/P4 van Jaar 3)
P3	Afstudeerstage		
P4			

Figuur 1 Schema van de opleiding Toegepaste Wiskunde van Fontys Hogescholen.