



$r = 1.9$   
 $A = 11.2$

$\omega = 0.8 \text{ [rad/s]}$

$\omega + rAG \times mV_G$   
 $l_G \omega + mV_G h$

$m = 80 \text{ [kg]}$   
 $\Sigma M = I \alpha$

$T = \frac{1}{2} m V_G^2 + \frac{1}{2} I_G \omega^2$

$v = \omega \times r$   
 $a = \alpha \times r - \omega \times (\omega \times r)$

$82.6 = \theta$   
 $5.2 \text{ [m]}$

**TU Delft**  
Partner in sportinnovatie

# Sportinnovatie



Wat hebben topsport en technologie met elkaar te maken? Van alles! Topsport stelt extreem hoge eisen. Niet alleen lichamelijk. Om hun prestaties te kunnen blijven verbeteren, kijken topsporters verder. Naar kleding en uitrusting; naar materialen en ontwerp. Kan het sneller, hoger, met minder weerstand? Precies het soort vragen waar de TU Delft antwoord op kan geven. Daarom willen we als partner van InnoSportNL samen de innovatie binnen de sport bevorderen. Want als technologie, sport en bedrijfsleven de handen ineen slaan, kunnen we tot grootse resultaten komen.

## Koningsnummers

Aan sneller, verder of hoger ligt wetenschap ten grondslag. Aerodynamica, hydrodynamica en biomechanica bijvoorbeeld. Dat zijn onderzoeksgebieden waar we bij de TU Delft veel kennis van hebben. Onze koningsnummers eigenlijk. Gecombineerd met onze expertise op het gebied van materialen en productontwerp passen we die kennis toe in onderzoek en ontwikkeling van sportproducten. Producten die sporters helpen bij de training, bij het verbeteren van hun prestaties, en producten die het risico op blessures verminderen. Niet alleen binnen de topsport, maar ook voor de breedtesport en de recreatie.

## European Platform for Sports Innovation



Christos Spitas

*“De grote uitdaging voor productontwikkeling ligt in het optimaliseren van gebruiksvriendelijkheid, duurzaamheid en prestaties”*

de tweede Europese sportinnovatie conferentie namens EPSI. Het doel van de conferentie is om bedrijven en wetenschappers bij elkaar te brengen. De ontmoeting tussen deze partijen zal leiden tot een verbeterde samenwerking en hopelijk meer Europees gefinancierde projecten.”

## Europese samenwerking

Prof. Christos Spitas bekleedt de leerstoel voor Embodiment Design aan de faculteit Industrieel Ontwerpen. Volgens hem ligt de grote uitdaging voor productontwikkeling in het optimaliseren van gebruiksvriendelijkheid, duurzaamheid en prestaties. Christos Spitas is voorzitter van de onderzoeksc commissie Materials & Technology van EPSI, het Europees Platform voor Sport Innovatie.

“EPSI is een netwerkorganisatie om technologische innovatie te stimuleren voor sport en ontspanning. In 2012 is de TU Delft gastheer van



## ProFit

De gemeente Delft wil dat Delftenaren meer spelen, sporten en bewegen. Om dat te stimuleren, ontwikkelen de gemeente en TU Delft samen producten en diensten voor (inter)actieve voorzieningen. Maar niet alleen de TU Delft werkt mee. Ook gebruikersgroepen en uitvoerende organisaties zijn nauw bij het project betrokken. Andere succesfactoren zijn de aanpak op wijkniveau, de flexibiliteit van de voorzieningen en de creativiteit en ontwerpkraft van de faculteit Industrieel Ontwerpen van de TU Delft. Tijd om het succes te exporteren. In samenwerking met Sports & Technology en het InnoSportLab Sport en Beweeg! is er een project opgestart voor Europese samenwerking. Het project heeft als naam 'ProFit: Fieldlab Sport Innovation and Stimulation'. Het doel is om kennisinstellingen, bedrijven en overheden ook in andere stedelijke gebieden te laten samenwerken op het vlak van sport en bewegen. Hopelijk leidt de samenwerking tussen de steden tot nog veel meer innovatieve concepten, producten en diensten.

*Interactieve voetbalmuur Sutu*

# Onderwijs

## Minor Sports Innovation

In de minor Sports Innovation krijgen studenten inzicht in (bio)mechanica en ergonomie op het gebied van sport, met daarbij de nadruk op product engineering en innovatie methodologie. Belangrijk onderdeel van het programma is de praktijkopdracht waarmee studenten worden uitgedaagd om een sportgerelateerd ontwerpprobleem op te lossen. Die opdrachten zijn afkomstig van innovatiegedreven bedrijven. Topsport, recreatiesport en sport voor gehandicapten komen allemaal aan bod. De minor is toegankelijk voor alle studenten van de TU Delft, Universiteit Twente en TU Eindhoven, die bezig zijn met een bachelor van een van de construerende faculteiten.

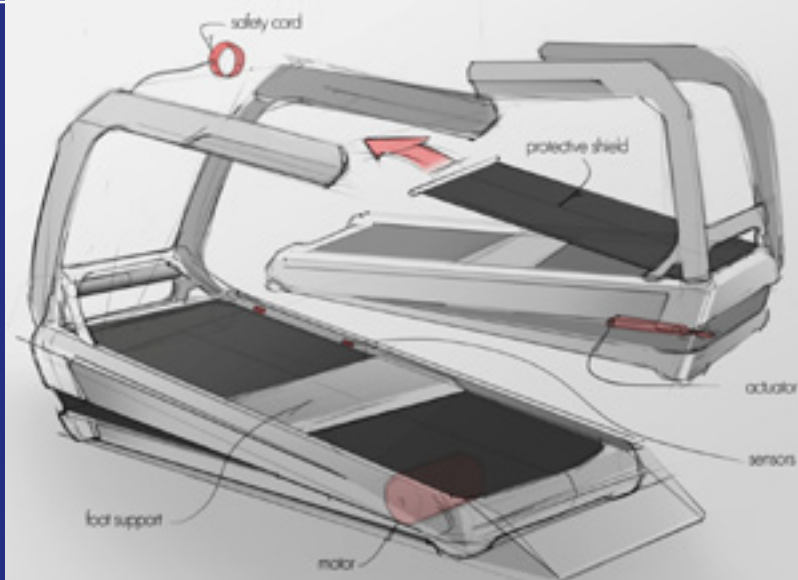


*Het nieuwe roeien in Volans<sup>2</sup>*

## Studentenprojecten

Natuurlijk doen studenten mee aan onze sportinnovatieprojecten. De testfaciliteiten van de TU Delft en de InnoSportLabs bieden hen een wetenschappelijk klimaat om innovatieve ideeën uit te werken. Zo ontwikkelden studenten al een trainingsapparaat dat geblesseerde trampolinespringers helpt bij het ontlasten van de benen tijdens de afzet. Ook werkten studenten mee aan de Volans<sup>2</sup>, een innovatieve roeiboot van lichtgewicht materialen. Een groep studenten van de TU Delft heeft de eerste analyses en ontwerpen voor de roeiboot gemaakt, een prototype vervaardigd en gebruikstesten uitgevoerd. Dit op basis van de jongste inzichten op het gebied van hydrodynamica, materialen, constructie en industrieel ontwerpen.

Bij het mastervak Advanced Embodiment Design (AED) kunnen studenten van de faculteit Industrieel Ontwerpen hun theoretische kennis uit andere vakken toepassen op productontwikkeling. Ze gaan aan de slag met complexe en uitdagende projecten van bedrijven, vaak inclusief het bouwen van een prototype om het verbeterde productontwerp te presenteren. Eerdere jaargangen maakten al de 'Sail simulator' voor training en coaching op de wal, en het kleinere en lichtere ontwerp van de bestaande fietstrainer 'Tacx Alpinista Climb trainer'.



*Ontwerpschetsen van de Tacx Alpinista*

# Onderzoek

Prof. Adriaan Beukers is hoogleraar aan de faculteit voor Lucht- en Ruimtevaarttechniek. Hij onderzoekt de mogelijkheden van duurzame composietmaterialen, lichtgewichtstructuren en productiemethoden om met een minimum aan materiaal en energie een maximale prestatie te bereiken.

"Sportartikelen moeten zo licht mogelijk zijn, want alles wat bewogen wordt, kost energie. Daarom wil je het dode gewicht zo klein mogelijk houden. Daarvoor kijken we bijvoorbeeld naar cellulaire materialen uit de natuur en proberen die te imiteren in synthetische producten. Koolstofcomposieten zijn licht, stijf en sterk. Die vind je dus heel veel terug in de topsport.

"Ook in de lucht- en ruimtevaart wil je volume en gewicht minimaliseren om de kosten zo laag mogelijk te houden. En net als in de topsport

*"Alles wat bewogen wordt, kost energie"*

moeten materialen van constante kwaliteit zijn. Topsport en luchtvaart kunnen op het gebied van materiaalonderzoek dus veel voor elkaar betekenen. Sowieso is sport een heel goed laboratorium. Sporters geven gelijk aan wat er goed of slecht is, daar heb je veel aan.

"Misschien kunnen we in de toekomst leren van de industriële productie van high-tech sportartikelen en dat terugkoppelen naar de vliegtuigbouw om daar de productieprocessen sneller en beter reproduceerbaar te maken. Voor de toekomst van sportkleding voorzie ik materialen die zoveel mogelijk de huid benaderen. De Grieken sportten tenslotte ook naakt."

**Lightweight materials and structures**



Adriaan Beukers



*Hoe groot is de invloed van kleding op de zeilprestatie?*

**Human centered product development and interactive technology design**



Arjen Jansen

*"De interactie tussen product en eindgebruiker is belangrijk in de sportinnovatie"*

Dr. Ir. Arjen Jansen studeerde Industrieel Ontwerpen aan de TU Delft waar hij recent promoveerde op zijn proefschrift 'Human Power Empirically Explored' over het inzetten van menselijk spierkracht als energiebron voor producten. "Sportinnovatie draait niet alleen om de engineering van producten, net zo belangrijk is de interactie tussen product en eindgebruiker".

"In het zeilen gaat de meeste aandacht uit naar de boten, de tactiek, de technologie. Kleding is nog een ondergewaardeerd aspect. Zeilkleding heeft een beschermende functie, maar je moet er zo min mogelijk overlast van hebben. Zeil je tegen de wind in, dan voelt de wind aan als koud. Zeil je voor de wind, dan krijg je het weer warm. Dat wil je als topzeiler niet, want dan verlies je je concentratie op het moment dat je je plaats in het veld moet vasthouden. Kleding die zich aan de omstandigheden aanpast, daar ligt de toekomst.

"Hoe groot die invloed van kleding op de zeilprestatie precies is, daarover is nog niet zoveel bekend. Moet je bijvoorbeeld een petje op of juist niet? Dat is het soort vragen waarop we een antwoord zoeken. Het lijkt misschien onbelangrijk, maar in de topsport zijn marges van procenten genoeg om het verschil te maken tussen winst of verlies."

---

*“Ook in de breedtesport worden materialen steeds belangrijker”*

---

**Prof. Frans van der Helm is hoogleraar Biomechanics and Biorobotics. Hij studeerde Bewegingswetenschappen aan de VU Amsterdam. In 1991 promoveerde hij aan de TU Delft op een biomechanisch model van de schouder.**

“Schaatsen is bij uitstek een sport waarbij je techniek belangrijk is. Je moet voortdurend de kracht die de schaats scheef trekt via co-contractie en reflexen compenseren. Waarom gebruikt de ene schaatser de hele breedte van de baan en schaatst de ander rechtuit? Als we dat weten, kunnen we voor iedere schaatser de optimale beweging uitzoeken.

“Sport is een mooi platform om als TU Delft te laten zien wat we kunnen. Het kunnen bijdragen aan optimale medische peesverplaatsingen is heel belangrijk. Het spreekt bij veel mensen alleen niet zo tot de verbeelding. Sportresultaten zijn kwantificeerbaar. Omgekeerd heeft de sport veel aan wetenschappelijk onderzoek.”

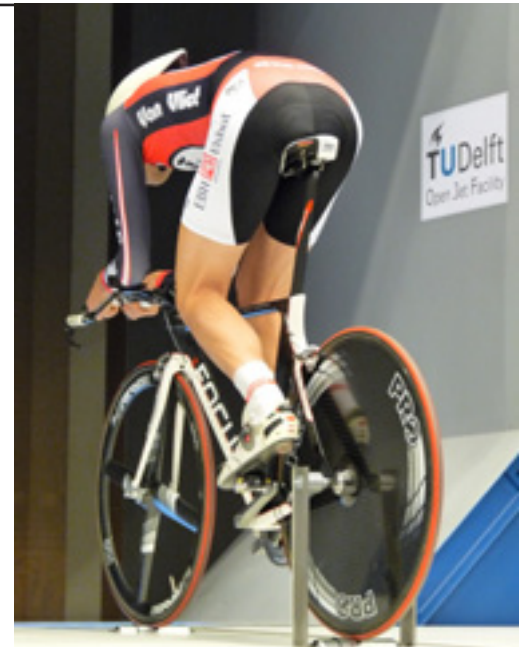
“Op het gebied van materialen en sturing hebben we al hele goede modellen die interessant zijn voor sporters. Sport is een belangrijke industrie geworden. Ook in de breedtesport worden materialen steeds belangrijker. Nog belangrijker zijn materialen voor de gehandicaptensport. We hebben hier al eens een beenprothese voor een snowboarder ontwikkeld, maar het aantal mensen dat daarvoor in aanmerking komt, is maar klein. De uitdaging is om producten zodanig te verbeteren dat het commercieel interessant wordt, en dat meer gehandicapten de weg naar het sportveld weten te vinden.”

## Biomechanical engineering



Frans van der Helm

*Windtunnelmeting naar de houding op de fiets tijdens tijdritten*



---

*“Er is nog veel winst te behalen, eigenlijk bij alles waar aerodynamica een invloed heeft”*

---

**Dr. Ir. Leo Veldhuis is universitair docent Aerodynamica bij de faculteit Lucht- en Ruimtevaarttechniek. Hij staat aan het hoofd van de Open Jet Facility, de nieuwe onderzoekswindtunnel van de TU Delft, waar windsnelheden van meer dan 120 kilometer per uur bereikt kunnen worden.**

“In de aerodynamica (de dynamica van lucht), bekijken we hoe lucht zich gedraagt ten opzichte van oppervlakken. Als we weten hoe lucht over een object stroomt en op welke manier de druk- en wrijvingskrachten daardoor worden beïnvloed, kunnen we dit sturen. Op zo’n manier kunnen we dan de weerstandskracht zo laag mogelijk houden.

“Er is nog veel winst te behalen, bij sporten als tennis, zeilen en voetbal, eigenlijk bij alles waar aerodynamica een invloed heeft. Vorig jaar hebben we windtunnel metingen gedaan met wielrenners om hun houding op de fiets tijdens tijdritten te verbeteren. Je hebt het dan over marginale verschillen, die kun je in de windtunnel beter meten dan op de weg.

“Prestaties uit het verleden bieden in de sport-innovatie wél garanties voor de toekomst. Ik voorzie onder meer nog vooruitgang op het gebied van de sportkleding. We kunnen slimme structuren ontwikkelen, die de weerstand verminderen op verschillende plekken van het lichaam. Al met al kan de wetenschap significant bijdragen aan sport en sportsuccessen. Essentieel is wel dat sporters en sportorganisaties ervoor open staan. En als kennisinstelling moeten wij een duidelijke boodschap hebben over hoe we onze taak daarin zien.”

## Aerodynamics



Leo Veldhuis

## Applied ergonomics and design



Johan Molenbroek

*“Uitrusting wordt in de sport belangrijker én steeds intelligenter”*

Dr. Johan Molenbroek is universitair hoofddocent Applied Ergonomics & Design. Hij houdt zich bezig met het optimaliseren van de interactie tussen mens en materiaal. In de sportwereld kan dat zorgen voor betere prestaties en het voorkomen van blessures.

“Uitrusting wordt steeds belangrijker in de sport. En steeds intelligenter. Je kunt kleding ontwerpen die sommige bewegingen stimuleert en andere verhindert, of een hockeystick met een ander zwaartepunt. Met zulke hulpmiddelen kunnen sporters tijdens de training de juiste techniek

aanleren om tijdens wedstrijden beter te presteren. Ik verwacht dat er in de toekomst steeds meer ‘intelligentie’ in de sport komt.

“De ergonomie houdt zich bezig met de variatie aan menselijke eigenschappen: afmeting, ervaring, leeftijd én fysieke mogelijkheden. Mensen met lichamelijke beperkingen halen heel veel uit sport: het geeft ze een gevoel van eigenwaarde en ze voelen zich beter thuis in de maatschappij. Neem bijvoorbeeld zitvolleybal. In sommige voormalig oorlogsgebieden is dat –erg genoeg– een nationale sport geworden. Maar ze beoefenen dat vaak in een broekje uit de textielsuper en met gewone schoenen, terwijl de vloer vuil is en vol ligt met scherpe steentjes en splinters. Wij ontwerpen broekjes en schoenen die beschermen en bepaalde bewegingen als glijden en afremmen ondersteunen.”

De bodyscanner; onderzoek naar het snelste zwempak



Prof. Jerry Westerweel is hoogleraar Fluid Dynamics. Zijn onderzoek is onder meer gericht op de ontwikkeling van nieuwe meettechnieken in de stromingsleer.

“Watersport heeft een heel ander snelheidsbereik dan scheepvaart, maar de principes zijn hetzelfde. Ons onderzoeksbereik is ideaal voor sporten als zwemmen, zeilen of roeien. Bovendien kunnen we simulaties combineren met metingen. Bij simulatieberekeningen zijn we in staat om weerstand op ongeveer tien procent nauwkeurig te berekenen; met metingen kunnen we al verschillen van een procent waarnemen. Sporten is wel heel complex, er spelen heel veel factoren mee. Van een paar procent verschil die wij in het lab kunnen meten, blijft misschien in werkelijkheid een paar tienden procent over. Maar bij een roeiwedstrijd

*“Watersport heeft een heel ander snelheidsbereik dan scheepvaart, maar de principes zijn hetzelfde”*

van zo’n zes minuten kan een seconde het verschil betekenen tussen brons en goud. Daarvoor hoeft de weerstand maar met een half procentje omlaag.

“Het doel van sport is dat het sneller gaat, niet met minder kosten, zoals in de industrie meestal het geval is. Dat is een heel ander uitgangspunt. Bij sportonderzoek kun je dus mooi ‘out of the box’ denken. Het is voor mij een soort speeltuin waarin je dingen via een andere weg kunt benaderen.”

## Hydrodynamics



Jerry Westerweel

# Valorisatie

## De gouden driehoek

De hechte samenwerking tussen bedrijfsleven, kennisinstellingen en de sportwereld draagt bij aan succesvolle resultaten. De TU Delft bevindt zich midden in deze 'gouden driehoek'. Dat biedt een gezond toekomstperspectief voor ontwikkelingen binnen het domein van de sportinnovatie.

## InnoSportLab Den Haag: Innovatie in Zeilen

Meer medailles voor topzeilers, mogelijkheden voor kennisinstellingen om hun know-how naar de praktijk te brengen en economische groei voor bedrijven in de zeilbranche met vernieuwende producten, diensten en faciliteiten. Dat zijn de ambities van het InnoSportLab Den Haag, Innovatie in Zeilen. Het Watersportverbond, NOC\*NSF, TU Delft, VU Amsterdam, de Haagse Hogeschool, gemeente Den Haag en InnoSportNL bundelen hun krachten en werken samen voor het ontwikkelen en testen van nieuwe producten en diensten. Projectmatig, dichtbij de zeilers en in nauwe samenwerking met bedrijven.

TU Delft leidt een aantal projecten binnen het Lab. Zo werken wetenschappers van de universiteit aan een hightech boot voor de coach. Die moet licht en zuinig zijn, en bovendien de coach in staat stellen om via een dataverbinding de verrichtingen van de zeilers op de voet te volgen. Ook doet de TU Delft onderzoek naar innovatieve zeilkleding. Door de aerodynamica, warmtehuishouding en spierondersteuning van zeilkleding te verbeteren kunnen de prestaties van sporters omhoog.

## Ondernemerschap

YES!Delft is het centrum voor technisch ondernemerschap. YES!Delft voorziet technostarters van praktische begeleiding, strategisch advies en een technische infrastructuur voor product- of procesontwikkeling. Ook op het gebied van sportinnovatie zijn er al succesvolle bedrijven uit de broedplaats van YES!Delft voortgekomen.



## Een nieuwe manier om enkelverstuiking te voorkomen

Voetballers, hardlopers, tennissers, allemaal krijgen ze weleens met een verzwikte enkel te maken. Voor een sporter een ongemak en in de topsport een klein drama. Het dragen van een enkelbrace vermindert het risico op verzwikken, maar veel sporters gebruiken die niet omdat het de flexibiliteit vermindert. Nu is er het eXo-ligament, een gepatenteerde vinding die effectieve ondersteuning biedt, zonder het ongemak van brace of tape. Het eXo-ligament wordt vastgemaakt aan de schoen en ondersteunt zo de enkel zonder de bewegingsvrijheid te beperken.

*eXo-ligament*

## Innovatie in lichaamskoeling voor optimale sportprestaties en medische controle

Ijsbaden zijn ideaal voor spierherstel na intensieve sportprestaties. Vroeger duurde het uren om zo'n bad op de juiste temperatuur te krijgen. Daarom bedachten alumni Tarek Ghobar en Hicham Shatou de IcyDip, een methode om een ijsbad pijlsnel koud te krijgen. De volgende stap was het IcyBath: een opvouwbaar ijsbad dat met sporters mee kan reizen naar wedstrijden. Atleten hoeven nu niet langer in een klikbak met water en ijsklontjes te klimmen. Het IcyBath is inklapbaar, lichtgewicht en heeft een geïntegreerde trap en zitje. Zo wordt afzien in een ijsbad in ieder geval veilig en comfortabel. IcySolutions bereikte snel de aansluiting bij de wereldtop. Het IcyBath vierde al triomfen op de Vancouver Winter Olympic Games en bij de Tour de France.

## Gadget voor ski liefhebbers

V-Go Instruments werkt aan de lancering van een systeem om de snelheid en buitenomstandigheden van skiërs te meten en registreren. Een kliksensor voor op de ski meet snelheid, hoogtevverschillen, air time en rekent de gemiddelde snelheid uit. Op een polsdisplay kunnen gebruikers alle gegevens onderweg in de gaten houden. Met de bijbehorende applicatie kan de skiër aan het eind van de dag alle data nog eens bekijken en via Facebook en Twitter delen.



### Valorisation Centre

Mekelweg 2  
2628 CD Delft  
[www.tudelft.nl/samenwerken](http://www.tudelft.nl/samenwerken)



#### Projectleider

Aniek van Vlaardingen  
+31 (0)15 278 9139  
+31 (0)6 2446 2804  
[a.vanvlaardingen@tudelft.nl](mailto:a.vanvlaardingen@tudelft.nl)



#### Coördinator

Lenneke de Voogd-Claessen  
+31 (0)15 278 4446  
+31 (0)6 1434 6301  
[h.devoogd-claessen@tudelft.nl](mailto:h.devoogd-claessen@tudelft.nl)