

Rolstoelracen

Onderzoek naar de optimalisatie van prestaties tijdens het rolstoelracen



Naam: Annemiek C.I. van den Broek

Juni 2017

Mens en Techniek | Bewegingstechnologie

De Haagse Hogeschool, Den Haag

Rolstoelracen

Onderzoek naar de optimalisatie van prestaties tijdens het rolstoelracen

Afstudeerscriptie

Bewegingstechnologie
De Haagse Hogeschool
2017

Naam:	Annemiek C. I. van den Broek	
Studentnummer:	12005932	
Datum:	juni 2017	
Studie:	Bewegingstechnologie	
Instelling:	De Haagse Hogeschool	
Plaats:	Den Haag	
Begeleiders:		
	De Haagse Hogeschool	Dr. M.A.M. Berger
		R.M.A. van der Slikke Msc
	Motion Matters	C. Vuijk
	Bondscoach Nederlands	
	Para Atletiek Team	A. Mul

Voorwoord

Voor u ligt de afstudeerscriptie over een onderzoek naar de optimalisatie van prestaties tijdens het rolstoelracen. Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het bedrijf Motion Matters in samenwerking met het Nederlandse Para Atletiek Team. Het onderzoek is gedurende een periode van veertien weken tot stand gekomen, tijdens een afstudeerperiode van 6 maart 2017 t/m 14 juni 2017. Deze scriptie is bedoeld voor de bondscoach van het Nederlandse Para Atletiek Team, Arno Mul, Coen Vuijk en de sporters die het rolstoelracen beoefenen.

Voor het tot stand komen van deze scriptie en de uiteindelijke geschreven methode wil ik graag een aantal mensen bedanken. Op de eerste plaats wil ik mijn begeleiders van de Haagse Hogeschool Monique Berger en Rienk van der Slikke bedanken voor de begeleiding. Ook wil ik graag Coen Vuijk en Arno Mul bedanken voor hun feedback en tijd die zij in dit project hebben gestopt. Zij hebben allen mij handvatten gegeven om deze opdracht uit te kunnen voeren.

Daarnaast wil ik graag de sporters bedanken die hebben meegewerkt aan mijn onderzoek. Door hun sportieve inzet heb ik mijn data kunnen verkrijgen.

Tevens wil ik mijn medestudenten bedanken die mij hebben geholpen bij dit project.

Ik hoop dat naar aanleiding van deze scriptie en de geschreven methode er mooie prestaties neergezet mogen worden voor het Nederlandse Wheelerteam!

Met vriendelijke groet,
Annemiek van den Broek

Inhoudsopgave

Voorwoord	
Samenvatting.....	4
Inleiding.....	6
Doel	7
Methode.....	9
Proefpersonen.....	9
Opzet meting.....	10
Dataverzameling.....	10
Dataverwerking	11
Resultaten	12
Discussie	20
Conclusie	22
Aanbevelingen.....	22
Literatuurlijst	23
Bijlagen	24
Bijlage 1: Classificatie (Tweedy, 2009)	24
Bijlage 2: Meetprotocol.....	25
Benodigheden	25
Uitvoering.....	25
Bijlage 3: Methode Matlab script.....	27
Bijlage 4: Resultaten	37
Bijlage 5: Projectvoorstel.....	47
Bijlage 6: Persoonlijke leerdoelen	55

Samenvatting

Inleiding

Binnen de topsport probeert men steeds te zoeken naar optimalisaties binnen de sport om de prestatie van de sporters te verbeteren, zo ook bij het rolstoelracen. De bondscoach van het Nederlandse Para Atletiek Team Arno Mul en Coen Vuijk van het bedrijf Motion Matters willen meer kennis over de voortstuwing van de sportrolstoel door de versnellingen van de sportrolstoel in kaart te brengen. Uit de literatuur blijkt dat er weinig bekend is over de versnellingen die er daadwerkelijk worden gemaakt tijdens het uitvoeren van de beweging. Het doel van dit onderzoek is daarom een duidelijk beeld te krijgen hoe de versnelling verloopt tijdens de voortstuwing van de sportrolstoel bij een afstand van 100m en 400m. De onderzoeksvraag is: “Hoe kunnen de prestaties tijdens het rolstoelracen geoptimaliseerd worden?” Hiervoor zijn drie hypothesen opgesteld:

- 1. De versnellingen per push bij het van start gaan zullen hogere waardes geven, dan halverwege de afstand die gereden wordt.*
- 2. Bij een verhoging van de snelheid neemt de tijd van de cyclus per pushbeweging af.*
- 3. Bij een verhoging van de snelheid neemt de frequentie van de pushes toe.*

Methode

Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden zullen met behulp van versnellingssensoren de afstand, snelheid en versnelling over de gereden tijd in kaart worden gebracht. Daarmee kan op het niveau van de enkele push een uitspraak worden gedaan over de tijd per cyclus en de gemiddelde versnelling per push.

In dit onderzoek zijn er metingen uitgevoerd bij zes sporters van een atletiekvereniging in Barendrecht en Nijkerk en bij drie (paralympisch) atleten die op Papendal trainen. Vier sporters uit Barendrecht en Papendal hebben éénmaal een 100m en éénmaal een 400m gereden, twee alleen een 100m. De sporters in Nijkerk hebben een 80m en 200m gereden in plaats van een 100m en 400m. Voor het verkrijgen van data is er gewerkt met inertiaële sensoren, zogenoemde Shimmers. Deze Shimmers zijn geplaatst op de assen van de wielen en op het frame waarbij de data is opgeslagen op een SD-kaart. De versnellingen zijn gemeten in de aandrijf- en niet-aandrijfphase. In Matlab is een script geschreven om de data van de Shimmers uit te kunnen lezen en de gewenste resultaten in beeld te krijgen. Allereerst is de gereden afstand in kaart gebracht. Dit signaal is gedifferentieerd om de snelheid te verkrijgen. Vervolgens is de snelheid gedifferentieerd voor de versnellingen. Aan de hand van piekdetectie in het signaal van de snelheid zijn de tijden per cyclus en de versnellingen per push bepaald.

Resultaten

De resultaten laten grote verschillen tussen de sporters zien op de gereden tijd, de globale versnelling over deze tijd, aantal meter dat de snelheid verhoogt, de maximale snelheid en het aantal pushes over de afstand. Op deze punten is duidelijk een onderscheid te maken tussen de sporters die trainen bij een vereniging in Barendrecht en Nijkerk en de atleten die trainen op Papendal.

Het aantal meter dat de snelheid verhoogt ligt bij de atleten die trainen op Papendal 2 tot 4 keer hoger dan bij de overige sporters. Ook is de maximale snelheid hoger.

Alle sporters vertonen de eerste twintig meter, bij een 100m of vijftig meter, bij een 400m, een hogere versnelling dan halverwege de afstand.

Uit de resultaten blijkt dat bij een verhoging van de snelheid niet per definitie de tijd per cyclus van de pushbeweging afneemt. Vijf metingen vertonen een vrij constante of een toename van de tijd per cyclus. Ook neemt de frequentie van de pushes bij verhoging van de snelheid niet bij alle sporters toe. Twee sporters laten per x aantal meter hetzelfde aantal pushes zien.

Discussie

Op basis van de verkregen resultaten kan hypothese 1 als juist worden beschouwd. Hypothese 2 en 3 kunnen deels als juist worden beschouwd. Niet alle sporters vertonen de beelden zoals in deze hypothesen zijn geformuleerd.

Tijdens het uitvoeren en uitwerken van het onderzoek is een aantal beperkingen naar voren gekomen. Bij het afbakenen van de data wordt vaak een langere afstand weergegeven dan 100m of 400m. Bij de piekdetectie kan het voorkomen dat niet alle pieken worden gedetecteerd, waardoor er bijvoorbeeld meer maxima dan minima gevonden worden. Dit kan problemen geven tijdens het runnen. Ook zijn niet alle precieze waarden in één oogopslag uit de grafiek te halen door de schaalverdeling op de assen.

Voor de bevestiging van de Shimmers worden er klemmen op het frame en in de assen van de wielen geplaatst. Echter kan het voorkomen dat de Shimmers door de constructie van de sportrolstoel op een andere manier bevestigd moeten worden dan gebruikelijk. Er moet dan in de code worden aangegeven hoe de X-, Y- en Z-as zich verhouden ten opzichte van het gebruikelijke. Ook is de afstand tussen de Shimmer en de as van het wiel van belang. Daarnaast is het niet mogelijk om met de verkregen data een uitspraak te doen over de positie van de handen, de tijdsduur van de aandrijf- en niet-aandrijffase en wat de versnelling is aan het begin en einde van de aandrijffase. Ook missen er resultaten van metingen door fouten in de databestanden.

Conclusie

Uit dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat de prestatie tijdens het rolstoelracen geoptimaliseerd kunnen worden door kennis te nemen van de versnellingen per push, de tijd per cyclus van een push en het aantal pushes per sporter. Met deze resultaten kan het sportprogramma geoptimaliseerd worden, zodat bepaalde waarden gunstiger zijn om een winnende tijd te rijden. De geschreven methode in Matlab leidt tot een eenvoudige manier van dataverwerking en weergave van de resultaten in grafieken. Om de hierboven genoemde beperkingen op te heffen is het noodzakelijk om nader onderzoek te doen.

Inleiding

Binnen de topsport draait het om één ding: de beste worden in jouw sport. Men probeert een manier te vinden hoe de prestaties geoptimaliseerd kunnen worden. Ook in de sport rolstoelracen is dit een belangrijk punt. Rolstoelracen is een onderdeel van de atletieksport. Bij het rolstoelracen zit de sporter in een rolstoel met een lang frame waaraan drie wielen zijn bevestigd. Hierbij hebben de achterste twee wielen een scheefstand, wat de sportrolstoel stabielere in de bocht maakt en om de hoepelafstand minder breed te maken. Het rolstoelracen kan zowel op een atletiekbaan als op de weg worden beoefend. Op de baan kan er deelgenomen worden aan de afstanden 100m, 200m, 400m, 800m, 1500m, 5000m en 10000m. Op de weg zijn dit de 5km, 10km, 10 Engelse mijlen, een halve en hele marathon. De atleet wordt ingedeeld in een klasse. De klasse waarin de atleet valt, wordt bepaald aan de hand van de beperking die de sporter heeft. Er zijn zeven klassen: T32-T34 en T51-T54 (Tweedy, 2009). De T32-34 klasse betreft atleten waarbij er sprake is van coördinatie vermindering. Hierdoor kan er weinig invloed uitgeoefend worden op de ledematen. De T32 klasse geeft hierin de meeste beperkingen. Atleten in deze klassen hebben vaak athetose, ataxie of hypertonie. Bij de T51-54 klasse is er sprake van vermindering in spierkracht en/of beperking in de bewegingsuitslag van de ledematen. Hier hebben de atleten in de T51 klasse de meeste beperkingen. Bij atleten in deze klassen is er vaak sprake van een letsel aan het ruggenmerg of cerebrale parese. In bijlage 1 staat beschreven welke beperking onder welke klasse valt.

De bondscoach van het Nederlandse Para Atletiek Team Arno Mul en Coen Vuijk van het bedrijf Motion Matters willen graag meer verdieping op het sportprogramma van het rolstoelracen om de prestaties van de atleten te verbeteren. Hiervoor willen zij meer kennis over de voortstuwing van de sportrolstoel. Zij willen daarom de versnellingen van de sportrolstoel, die door de pushbeweging van de atleet veroorzaakt wordt, in kaart brengen.

Tegenwoordig kan wat onderzoek betreft steeds meer op technologisch vlak. De innovatie van het rolstoelracen kan ingedeeld worden op drie vlakken: de sportrolstoel, de atleet en de interactie tussen de sportrolstoel en de atleet.

Op het gebied van de sportrolstoel is onder andere onderzocht wat de invloed van de massa van de sportrolstoel is op de tijd die er gereden wordt op een 100m sprint (Fuss, 2009). Uit dit onderzoek blijkt dat een vermindering van de massa van de sportrolstoel een grotere invloed heeft op een winnende tijd dan de rol- en luchtweerstand.

Daarnaast zijn er onderzoeken gedaan naar diverse beperkingen die een atleet kan hebben en welke invloed dit kan hebben op de prestaties van de atleet. Het onderzoek van (Bhambhani, 2002) beschrijft de invloed op de fysiologie van de atleet bij een beperking aan het ruggenmerg. Ook is de aard van blessures onderzocht (Taylor & Williams, 1995) en wat de manier van trainen voor invloed heeft op de hartslag, slagfrequentie, gemiddelde snelheid, waargenomen vermoeidheid en de concentratie lactaat in het bloed van de sporter (Müller, Odermatt, & Perret, 2004).

Ook de diameter van de hoepel speelt een rol bij de snelheid van de sportrolstoel. Het onderzoek van (Van der Woude, et al., 1988) beschrijft wat de invloed van de diameter is op de snelheid in relatie tot de zuurstofopname van de atleet, de hartslag, de gehele cyclus van de beweging, de propulsiefase en de herstelfase. Hieruit blijkt dat er geen optimale diameter is waar op alle beschreven aspecten de hoogste snelheid behaald wordt. Wel blijkt dat elk aspect een rol speelt bij de behaalde snelheid.

Voor de interactie tussen de atleet en de sportrolstoel is de bewegingsanalyse een belangrijk aspect. Er zijn diverse bewegingsanalyses uitgevoerd bij atleten. Het onderzoek van (Forte, 2015) beschrijft wat de bewegingen in de verschillende gewrichten zijn voor de voortstuwing van de sportrolstoel.

Daarbij is de beweging opgedeeld in vijf fases: het aangrijpen van de hoepel, de aandrijving waarbij er een versnelling door de hand en pols wordt gegenereerd, de herstelfase waarbij er geen contact met de hoepel is, het optrekken van de hand waarbij de elleboog een flexie beweging maakt, en de acceleratiefase waarbij het ellebooggewricht in extensie is en weer gepositioneerd wordt voor het aangrijpen van de hoepel. De totale beweging is weergegeven in figuur 1. De gehele propulsiefase, aangegeven met de rode lijn, loopt van een positie op ongeveer 1 uur tot 6 uur.

In het onderzoek van (Limroongreungrat & Wang, 2014) is er gekeken naar de invloed van verschillende hoekuitslagen in de gewrichten tijdens de beweging op de propulsiekracht en daarmee de snelheid die er gegenereerd wordt. Uit dit onderzoek blijkt dat bij een verhoging van de snelheid de propulsiekracht toeneemt. Daarnaast is gebleken dat bij een verhoging van de snelheid de tijd van de propulsie- en herstelfase afneemt, maar de frequentie van de pushes toeneemt.

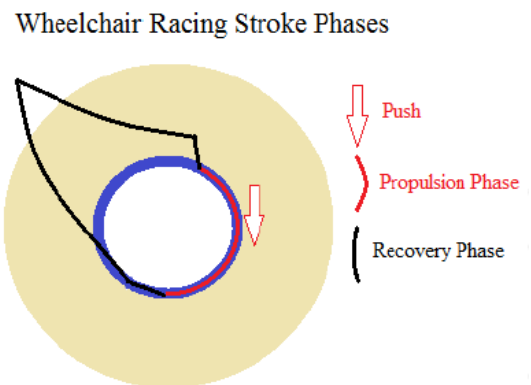
Uit de diverse onderzoeken blijkt dat er vooral de relatie wordt gelegd wat de invloed van verschillende factoren is op de snelheid die door de atleten bereikt wordt. Op het onderzoek van Forte na, wordt er niet gesproken over de versnellingen die er gedurende de pushbeweging plaats vindt. Het onderzoek van Forte benoemt de factoren die van invloed zijn op de versnellingen, zoals de rol- en luchtweerstand, en hoe dit gerelateerd kan worden naar kracht, maar in geen van de onderzoeken worden de versnellingen gedurende de pushbewegingen beschreven.

Er is vandaag de dag dus weinig bekend over de versnellingen die er daadwerkelijk worden gemaakt tijdens het uitvoeren van de beweging. Daarom zal dit onderzoek zich richten op het in kaart brengen van de versnellingen.

Doel

Het doel van dit onderzoek is dat de bondscoach Arno Mul een duidelijk beeld krijgt hoe de versnelling verloopt tijdens de voortstuwing van de sportrolstoel bij een afstand van 100m en 400m. Hierbij worden de versnellingen van de sportrolstoel, die veroorzaakt worden door de pushbeweging die de atleet maakt, in kaart gebracht. De versnelling van de sportrolstoel loopt kort na het van aangrijpen van de hoepels tot het loslaten van de hoepels. Hiervoor worden de afstand, snelheid en versnelling over de gereden tijd in kaart gebracht. Aan de hand van het verloop van de snelheid tijdens een race kan er een uitspraak over de versnellingen gedaan worden. Daarnaast zijn er ook korte versnellingen door de push. Er zal daarom ook gekeken worden naar de tijd per cyclus van een push, de gemiddelde versnelling per push en het aantal pushes over de afstand. Er zal in dit onderzoek geen rekening worden gehouden met de positie van de handen aan de hoepels en de zithouding in de sportrolstoel.

Er wordt een methode met inertiaële sensoren ontwikkeld waarbij de resultaten van de hierboven genoemde uitkomstparameters kunnen worden uitgelezen. Met de verkregen resultaten kan er een uitspraak gedaan worden op welk moment de grootste versnelling plaatsvindt en hoe de versnellingen verlopen gedurende de gereden afstand.



FIGUUR 1 BESCHRIJVING BEWEGING VOOR VOORTSTUWING BIJ WHEELCHAIRES (FORTE, 2015)

Om het doel voor dit onderzoek te kunnen realiseren zal er een pilot onderzoek worden uitgevoerd. De onderzoeksvraag hierin is: “Hoe kunnen de prestaties tijdens het rolstoelracen geoptimaliseerd worden?” Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn er deelvragen opgesteld:

- Hoe kunnen de afstand, snelheid en versnelling duidelijk in kaart worden gebracht?
- Hoe kunnen de versnelling per push, de tijd per cyclus van een push en het aantal pushes over de gereden afstand duidelijk worden weergegeven?

Voor dit onderzoek zijn hypothesen opgesteld met betrekking tot de verwachte resultaten.

1. De versnellingen per push bij het van start gaan zullen hogere waardes geven, dan halverwege de afstand die gereden wordt.

De verklaring hiervoor kan zijn dat er makkelijker kracht kan worden overgebracht, omdat de beweging nog rustig plaats vindt. Daarnaast neemt de frequentie van de aandrijving toe. Er zullen meer pushes per tijdseenheid worden gegeven (Forte, 2015). Bij hogere (contractie) snelheden wordt er minder kracht geleverd en zal er dus minder versnelling plaatsvinden.

2. Bij een verhoging van de snelheid neemt de tijd van de cyclus per pushbeweging af.

Als er een verhoging van de snelheid is, zal de tijd van de propulsie- en herstelfase afnemen (Limroongreungrat & Wang, 2014). De verklaring hiervoor is, omdat de frequentie van de pushes toeneemt. Er worden dus meer pushes per tijdseenheid gemaakt, wat zorgt voor een afname in de tijd van de cyclus (Forte, 2015).

3. Bij een verhoging van de snelheid neemt de frequentie van de pushes toe.

Om een hogere snelheid te genereren moet de kracht die geleverd wordt door de atleet, de propulsiekracht, toenemen (Limroongreungrat & Wang, 2014). Uit dit onderzoek blijkt dat de frequentie van de pushes hiervoor moet toenemen.

Methode

Proefpersonen

Voor dit onderzoek zijn er pilotmetingen uitgevoerd bij zes sporters: drie sporters van de atletiekvereniging CAV Energie te Barendrecht en drie sporters van atletiekvereniging Nijkerk te Nijkerk.

Er zijn ook metingen bij drie atleten op Papendal uitgevoerd. Deze atleten hebben ervaring op internationaal gebied in de atletieksport en doen mee aan (inter)nationale wedstrijden. In tabel 1 staan de eigenschappen per sporter weergegeven.

TABEL 1 EIGENSCHAPPEN SPORTERS

Sporter	Locatie meting	Geslacht	Leeftijd	Classificatie	Ervaring
1	Barendrecht	Vrouw	17	T34	6 maanden. Ze doet mee aan wedstrijden, waaronder het Nederlandse kampioenschap.
2	Barendrecht	Man	36	T52	6 maanden. Hij doet mee aan wedstrijden, waaronder het Nederlandse kampioenschap. Heeft hier twee bronzen medailles gewonnen.
3	Barendrecht	Vrouw	15	n.v.t.	6 maanden. Ze rijdt nog geen wedstrijden.
4	Nijkerk	Vrouw	17	T54	3 jaar. Ze doet soms mee aan nationale wedstrijden, zowel op de baan als op de weg.
5	Nijkerk	Vrouw	18	T54	3 jaar. Ze doet soms mee aan nationale wedstrijden, zowel op de baan als op de weg.
6	Nijkerk	Man	35	T54	1 jaar. Hij doet soms mee aan nationale wedstrijden, zowel op de baan als op de weg.
7	Papendal	Man	36	T54	Vanaf zijn 16 ^e jaar beoefent hij de sport. Veel internationale wedstrijden gereden, waaronder de Paralympische Spelen. Hij heeft veel prijzen gewonnen.
8	Papendal/Utrecht	Vrouw	26	T54	3,5 jaar. Ze is gescout op Schiphol en dit jaar doorgebroken in de T54 klasse. Ze doet mee aan (inter)nationale wedstrijden.
9	Utrecht	Man	16	T54	Ruim 6 maanden. Gescout op de NOC*NSF talentendag. Hij is drie jaar geleden ook gescout, maar door leeftijd niet opgenomen in talententeam. Nu staat hij op de nominatie om fulltime in het programma te worden opgenomen.

Opzet meting

Voor de metingen hebben de sporters één-maal een afstand van 100m en 400m gereden met uitzondering van de sporters uit Nijkerk en sporter 3 en 9. Door de omstandigheden in Nijkerk hebben de sporters daar een 80m en 200m gereden in plaats van een 100m en 400m. Sporter 3 en 9 hebben geen 400m gereden.

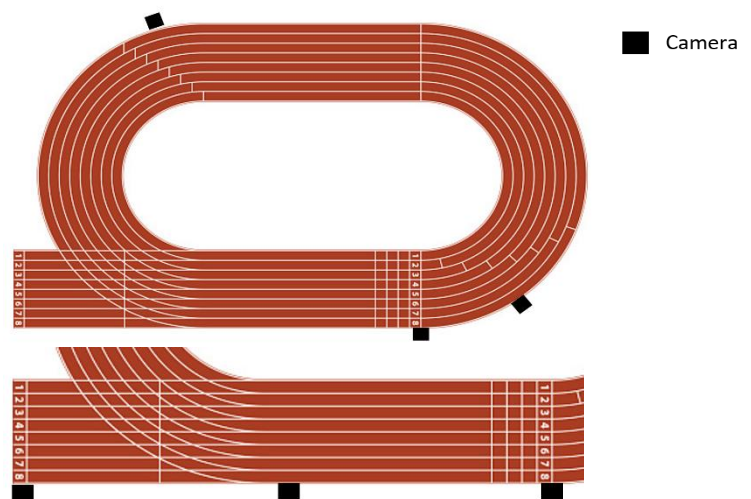
Er is aan de sporters gevraagd of zij voor de start en na de finish minimaal vijf seconden stil willen staan. Dit is gedaan om de data voor die afstand gemakkelijk uit het totale signaal te selecteren.

De versnellingen worden gemeten met behulp van inertiaële sensoren. Om de versnellingen goed in kaart te kunnen brengen zijn de sensoren ingesteld op een frequentie van 504,12 Hz waarbij de data is opgeslagen op een SD-kaart. Voor de metingen is er gebruik gemaakt van drie Shimmers (Shimmer3, Shimmer Sensing). Een Shimmer is een sensor met drie verschillende sensoren erin verwerkt: een gyroscoop, een versnellingssensor (accelerometer) en magnetometer. Voor dit onderzoek zijn alleen de gyroscoop en versnellingssensor van belang. De magnetometer is niet gebruikt, omdat koersinformatie niet relevant is voor dit onderzoek. Op beide assen van de wielen is een Shimmer bevestigd en op het frame van de sportrolstoel, zie figuur 2.

Voor de metingen op Papendal zijn alleen drie Shimmers gebruikt. Voor de pilotmetingen in Nijkerk en Barendrecht zijn naast de drie Shimmers ook drie camera's gebruikt. Deze camera's zijn gebruikt om extra informatie te verkrijgen over de beweging die wordt gemaakt voor de voortstuwing van de sportrolstoel. De videobeelden dienen als naslagwerk mochten er onduidelijkheden in de signalen ontstaan. De camera's zijn allen apart op een statief bevestigd. De eerste twee camera's zijn bij de start en finish geplaatst. De derde camera stond halverwege de afstand. Voor de 100m was dit op 50m en voor de 400m stond de camera op 200m, zie figuur 3. De camera's stonden ingesteld op een frequentie van 120 Hz.



FIGUUR 2 PLAATSIING SHIMMERS OP SPORTROLSTOEL



FIGUUR 3 PLAATSIING CAMERA'S BIJ EEN 400M (IN BAAN 4) EN 100M

Dataverzameling

De versnellingen worden gemeten in de aandrijf- (propulsie) en niet-aandrijffase (herstel), zie figuur 1. Hiervoor moeten de Shimmers, na configuratie, worden geactiveerd. Het is van belang dat de Shimmers op elkaar worden gestapeld en worden rondgedraaid, voordat ze op de sportrolstoel worden bevestigd. Dit is in verband met de synchronisatie. Na bevestiging van de Shimmers op de rolstoel heeft de sporter de aangegeven afstand op maximale snelheid gereden. Na de finish zijn de Shimmers wederom rondgedraaid en is de meting stopgezet.

Bij de pilotmetingen zijn de Shimmers voor de camera's rondgedraaid, zodat de data met het videomateriaal gesynchroniseerd kon worden.

Dataverwerking

Om de gemeten data van de Shimmers over te kunnen zetten naar de computer wordt er gebruik gemaakt van de software Multi Sensor Management Consensus. Met behulp van de Shimmer Dock kunnen de Shimmers worden uitgelezen. De data wordt geïmporteerd en vervolgens geëxporteerd naar een Matlab bestand, zodat de gemeten data verwerkt kan worden tot de gewenste resultaten. In Matlab is er een script geschreven om de data van de Shimmers te kunnen uitlezen en de gewenste resultaten in beeld te krijgen.

Allereerst wordt de gereden afstand tegen de tijd geplot. Door differentiëren is de snelheid en versnelling bepaald. Aan de hand van piekdetectie in het signaal waarbij de snelheid is uitgezet tegen de afstand zijn het aantal pushes, de tijden per cyclus van een push en de versnellingen per pushes bepaald. Hierbij worden alle maxima en minima weergegeven. Voor deze methode zijn er elementen uit het onderzoek van (Van der Slikke, Berger, Bregman, & Veeger, 2016) gebruikt. Om alle gewenste maxima en minima weer te geven in het signaal kan de piekafstand (MinPeakDistance) handmatig worden aangepast. Hoe hoger deze waarde, hoe minder pieken er worden meegenomen in het signaal.

Om de tijd per cyclus te berekenen wordt het aantal samples tussen twee maxima in bepaald, waarna het gedeeld wordt door de samplefrequentie van 504,12 Hz.

De gemiddelde versnelling per push is berekend door de snelheid te delen door de tijd. Hiervoor zijn de maxima en de minima uit het signaal van de snelheid gebruikt. De tijd is bepaald door het aantal samples tussen een maxima en minima door de samplefrequentie te delen. De snelheid is bepaald door de gegeven snelheid op een minimum af te trekken van de gegeven snelheid op het daaropvolgend maximum. Beide getallen worden op elkaar gedeeld, waarna de versnellingen per push en het aantal pushes voor die afstand is bepaald.

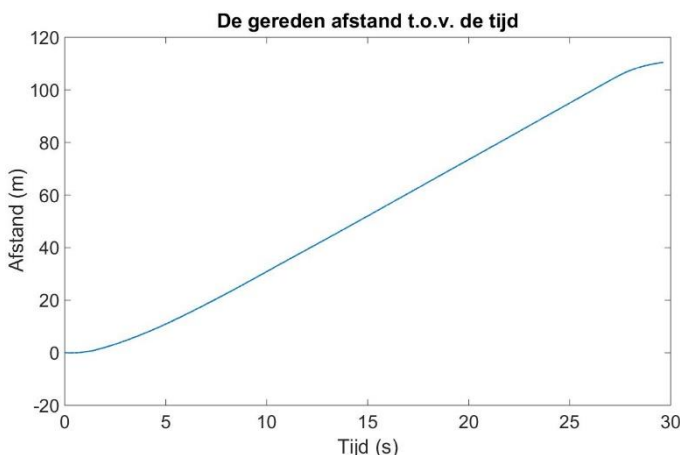
Het gehele meetprotocol van dit onderzoek is te vinden in bijlage 2. Het Matlab script is weergegeven in bijlage 3.

Resultaten

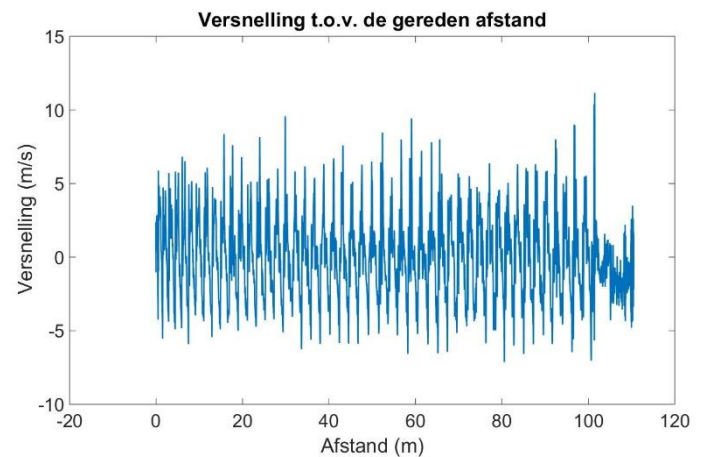
De resultaten die zijn verkregen via het uitlezen van de Shimmers in Matlab staan hieronder weergegeven. De achtergrond van de sporters zijn weergegeven in tabel 1. De resultaten worden per sporter en per afstand weergegeven. Onderstaande resultaten zijn van één sporter bij een 100m en 400m. De overige resultaten van de sporters, in de vorm van grafieken, zijn weergegeven in bijlage 4.

Sporter 1, 100m

De figuren 4 t/m 11 geven de resultaten van een 100m sprint weer. In figuur 4 is te zien dat er een afstand van 100m is afgelegd in een tijd van 25 seconden. Figuur 5 geven de versnellingen ten opzichte van de afstand weer. Er is waar te nemen dat de versnelling globaal tussen -5 en 5 m/s^2 loopt, waarbij er een paar uitschieters zijn waar te nemen. Ook is te zien dat er na 100m wordt geremd, omdat de pieken grotendeels onder de 0 m/s^2 zitten. Er is dus een vertraging waarneembaar.

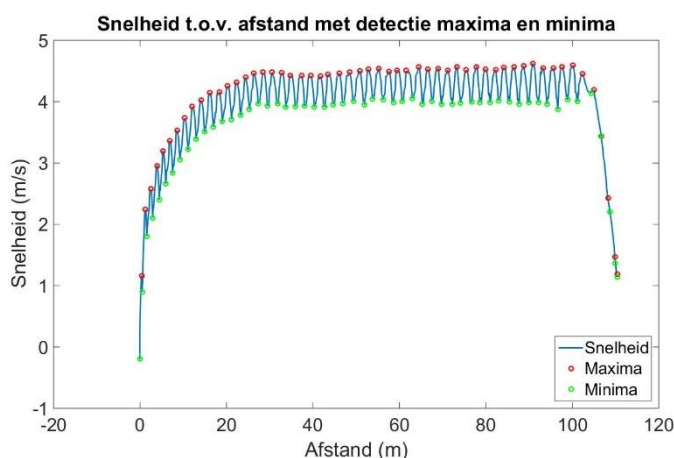


FIGUUR 4 GEREDEN AFSTAND T.O.V. DE TIJD

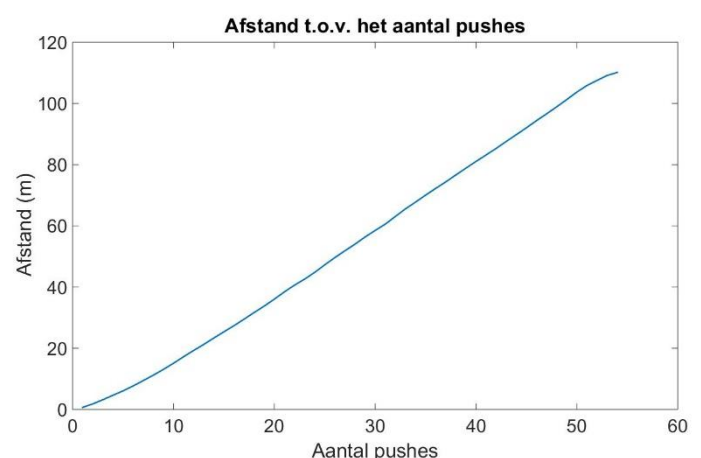


FIGUUR 5 VERSNELLING T.O.V. DE GEREDEN AFSTAND

Aan de hand van figuur 5 kan er geen uitspraak gedaan worden over de hoeveelheid pushes, hoe groot de versnelling is per push en wat de tijdsduur per cyclus van een push is. Daarom is er aan de hand van piekdetectie, in het signaal waarbij de snelheid is uitgezet tegen de afstand, het aantal pushes voor de gereden afstand, de gemiddelde versnelling per push en de tijd per cyclus bepaald. Hiervoor zijn de maxima en minima in de figuur gedetecteerd, zie figuur 6. De rode punten geven de maxima weer en de groene punten de minima. Naast de piekdetectie is ook in figuur 6 waar te nemen dat de snelheid tot 30m stijgt, waarna deze vrij constant rond de $4,5 \text{ m/s}$ blijft tot er 100m is afgelegd.



FIGUUR 6 SNELHEID T.O.V. DE AFSTAND MET PIEKDETECTIE



FIGUUR 7 AFSTAND T.O.V. HET AANTAL PUSHES

In figuur 7 is de afstand ten opzichte van het aantal pushes uitgezet. Uit de figuur is af te leiden dat er

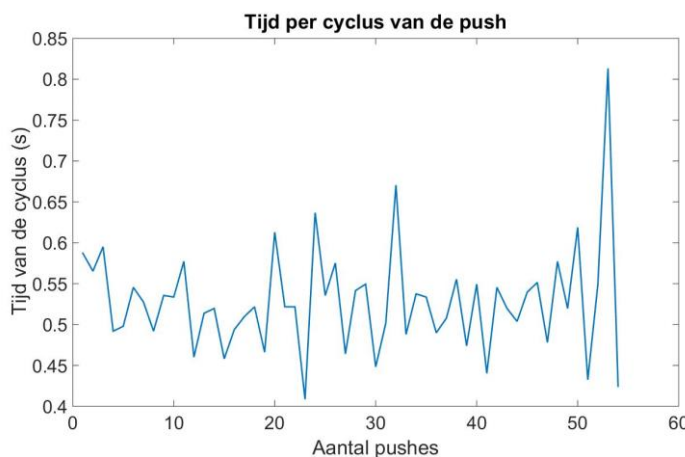
ongeveer 50 pushes zijn gezet. Ook is te zien dat het aantal pushes per x aantal meter vrijwel gelijk is.

Om het precieze totaal aantal pushes te weten kan er in het Matlab script gekeken worden in de Workspace. Hierin is te zien dat het aantal van 54 pushes gaat, zie figuur 8.

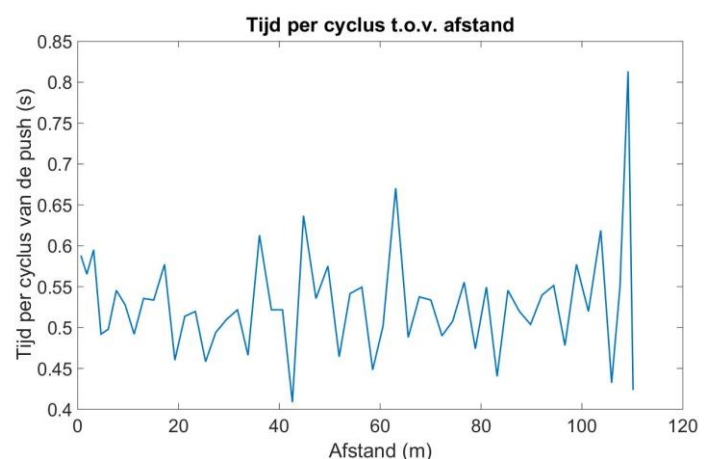
Met de gegevens van de maxima en minima kunnen de tijd per cyclus en de gemiddelde versnelling per push bepaald worden. De uitkomsten hiervan zijn weergegeven in figuur 9 en 11.

Workspace	
Name	Value
lengthsig	147013
locs_max	54x1 double
locs_min	53x1 double
nearZeroRot	3765x1 double
nrSens	3
Persoon	2
pks_max	54x1 double
pks_min	53x1 double
plotLength	147014
ruiten_max	54

FIGUUR 8 WORKSPACE MATLAB, AANTAL PUSHES

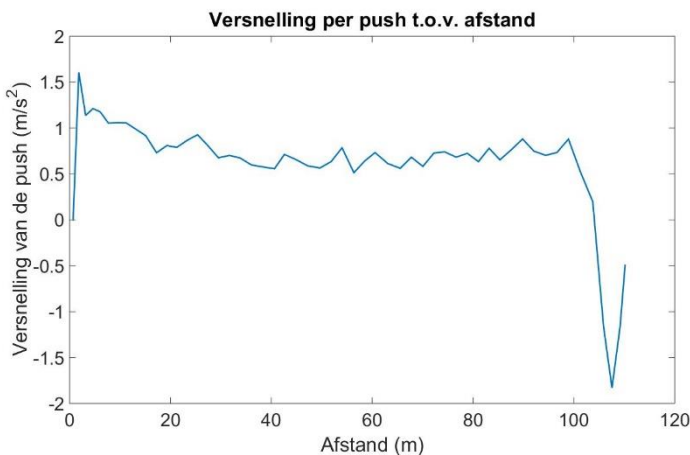


FIGUUR 9 TIJD PER CYCLUS VAN EEN PUSH



FIGUUR 10 TIJD PER CYCLUS T.O.V. DE AFSTAND

In figuur 9 is de tijd per cyclus van een push weergegeven. Deze figuur geeft per push weer wat de tijdsduur is van één gehele beweging. Figuur 10 laat de tijd per cyclus van een push ten opzichte van de afstand zien. De tijd per cyclus schommelt rond de 0,5 seconden. Uit de figuur is te halen dat tussen de 35m en 65m hogere pieken zijn, wat betekent dat er een langere tijdsduur van de cyclus is. In figuur 11 is de gemiddelde versnelling per push ten opzichte van de afstand weergegeven. Uit deze figuur is af te leiden dat er de eerste meters een duidelijke stijging van de gemiddelde versnelling is waarna de versnelling rond de $0,7 \text{ m/s}^2$ blijft. Na 100m neemt de versnelling af.



FIGUUR 11 VERSNELLING PER PUSH T.O.V. DE AFSTAND

In tabel 2 staan de resultaten van de sporters op een 100m weergegeven. Alle resultaten zijn gebaseerd op de grafieken die weergegeven zijn in bijlage 4. Er is per sporter een uitspraak gedaan

over de gereden tijd, het aantal meter dat de snelheid verhoogt, de maximale snelheid, de globale versnelling over de gereden tijd, het aantal pushes over de afstand, de gemiddelde tijd per cyclus van een push, de gemiddelde versnelling per push tussen 0 en 20m en de versnelling van een push op 50m. Er zijn geen resultaten beschikbaar van sporters 2, 4, 5, 6, en 9 door fouten in het databestand.

TABEL 2 RESULTATEN PER SPORTER OP EEN 100M

Sporter	Gereden tijd (s)	Aantal meter dat snelheid verhoogt (m)	Maximale snelheid (m/s)	Globale versnelling over de gereden tijd (m/s ²)	Gemiddelde tijd per cyclus 0-20m (s)	Gemiddelde tijd per cyclus van een push (s)	Gemiddelde versnelling per push 0 - 20m (m/s ²)	Versnelling per push op 50m (m/s ²)
1	25	30	4,5	-5 tot 5	0,53	0,5	1,0	0,6
2	x	x	x	x	x	x	x	x
3	45	25	3	-3 tot 3	0,7	0,7	2,0	0,1
4	x	x	x	x	x	x	x	x
5	x	x	x	x	x	x	x	x
6	x	x	x	x	x	x	x	x
7	14	100	10	-10 tot 15	0,5	0,55	3,0	-5,0
8	22	70	6,2	-6 tot 8	0,6	0,5	2,0	-2,7
9	x	x	x	x	x	x	x	x

VERVOLG RESULTATEN PER SPORTER OP EEN 100M

Sporter	Totaal aantal pushes	Aantal pushes 0-20m	Aantal pushes 20-40m	Aantal pushes 40-60m	Aantal pushes 60-80m	Aantal pushes 80-100m
1	48	12	10	9	8	9
2	x	x	x	x	x	x
3	73	16	11	14	20	12
4	x	x	x	x	x	x
5	x	x	x	x	x	x
6	x	x	x	x	x	x
7	33	15	6	5	4	3
8	47	16	10	7	8	6
9	x	x	x	x	x	x

In de tabel is te zien dat er grote verschillen tussen de sporters zijn op de gereden tijd, het aantal meter dat de snelheid verhoogt, de maximale snelheid, de globale versnelling over de tijd en het aantal pushes over de afstand. Het grootste verschil is waarneembaar tussen sporter 3 en 7. Sporter 3 heeft nog weinig ervaring en rijdt geen wedstrijden, terwijl sporter 7 veel prijzen heeft gewonnen tijdens zijn sportcarrière in het rolstoelracen.

Het aantal meter dat de snelheid verhoogt, is bij sporter 7 en 8 2,5 tot 4 keer hoger dan bij sporter 1 en 3. Ook de maximale snelheid vertoont een groot verschil tussen de sporters.

Bij de gemiddelde tijd per cyclus van de push is weinig verschil tussen de eerste twintig meter en de gemiddelde tijd over gehele afstand.

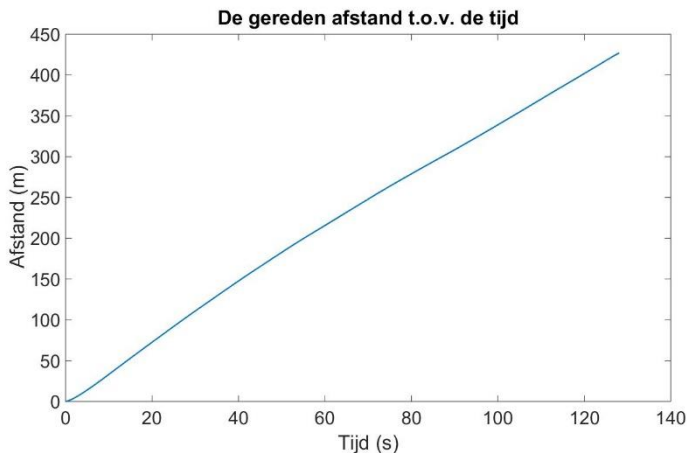
Daarnaast is de spreiding van de globale versnelling over de gereden tijd bij sporter 7 en 8 groter dan bij sporter 1 en 3.

Sporter 1 heeft een lagere gemiddelde versnelling per push de eerste twintig meter in vergelijking met de andere sporters. Bij sporter 7 en 8 is de versnelling per push op vijftig meter negatief, wat inhoudt dat er sprake is van een vertraging.

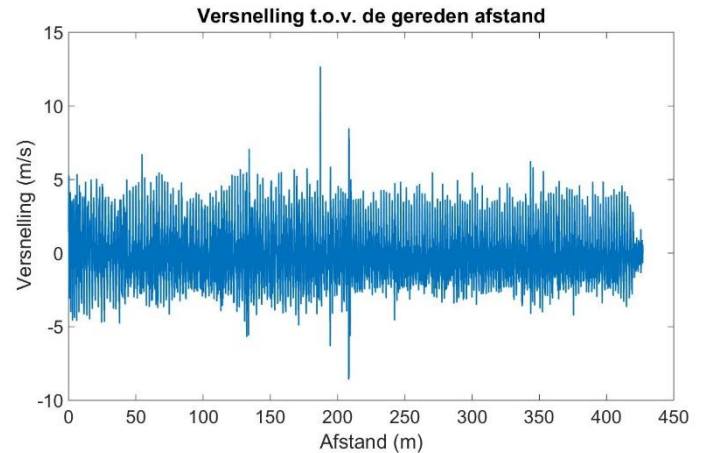
Uit de resultaten blijkt dat het aantal pushes de eerste twintig meter de hoogste waarde geeft. Alleen sporter 3 geeft op 60-80m een hogere waarde. Gedurende de eerste twintig neemt de snelheid het meeste toe gezien het tijdsbestek. Na twintig meter neemt het aantal pushes per twintig meter af.

Sporter 1, 400m

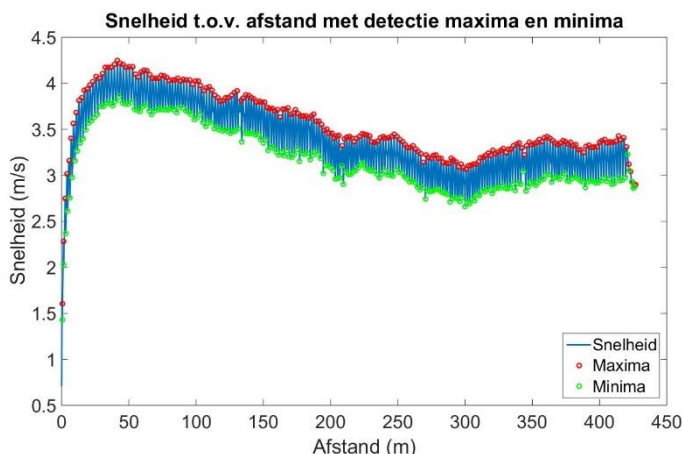
De figuren 12 t/m 19 geven de resultaten van een 400m weer. In figuur 12 is waar te nemen dat er een afstand van 400m in een tijd van 118 seconden is afgelegd. Figuur 13 geven de versnellingen ten opzichte van de afstand weer, waarbij de versnellingen tussen ongeveer -4 en 4 m/s^2 lopen met een enkele uitschieter. Ook is bij de 400m een piekdetectie uitgevoerd om de gewenste resultaten te verkrijgen. In figuur 14 is de snelheid ten opzichte van de afstand met de piekdetectie weergegeven. Ook is te zien dat de snelheid tot 40m toeneemt. Tussen de 40m en 300m is er een daling in de snelheid waar te nemen, waarna deze tot 400m weer iets toeneemt.



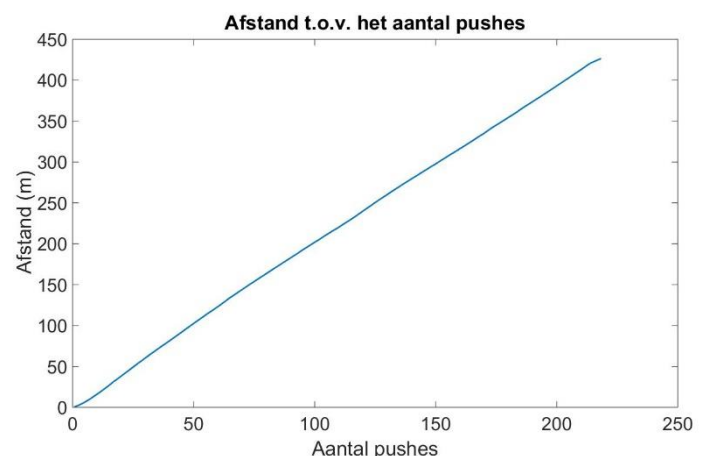
FIGUUR 12 GEREDEN AFSTAND T.O.V. DE TIJD



FIGUUR 13 VERSNELLING T.O.V. DE GEREDEN AFSTAND



FIGUUR 14 SNELHEID T.O.V. DE AFSTAND MET PIEKDETECTIE



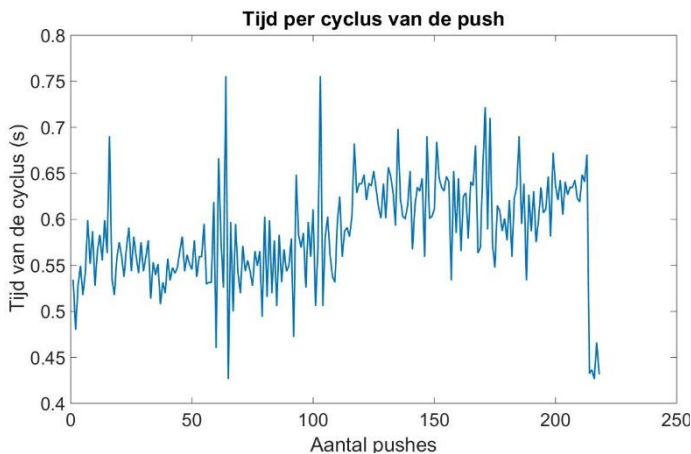
FIGUUR 15 AFSTAND T.O.V. HET AANTAL PUSHES

Figuur 15 geeft de afstand ten opzichte van het aantal pushes weer. Uit de figuur is af te leiden dat er ongeveer 200 pushes zijn gemaakt. Hier is het aantal pushes per vijftig meter vrijwel gelijk. Het precieze totaal aantal pushes wordt in de Workspace in Matlab weergegeven, zie figuur 16.

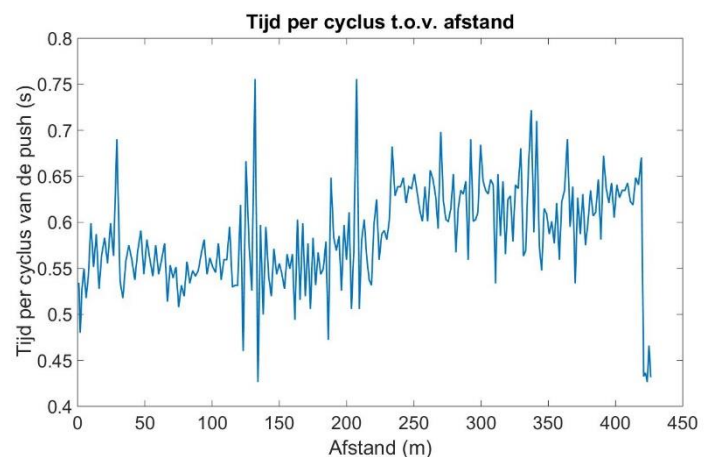
Workspace	
Name	Value
length	156275
locs_max	222x1 double
locs_min	223x1 double
nearZeroRot	11194x1 double
nrSens	3
Persoon	1
pks_max	222x1 double
pks_min	223x1 double
plotLength	156275

FIGUUR 16 WORKSPACE MATLAB, AANTAL PUSHES

In de figuren 17 t/m 19 zijn de resultaten die naar voren komen aan de hand van de piekdetectie weergegeven.



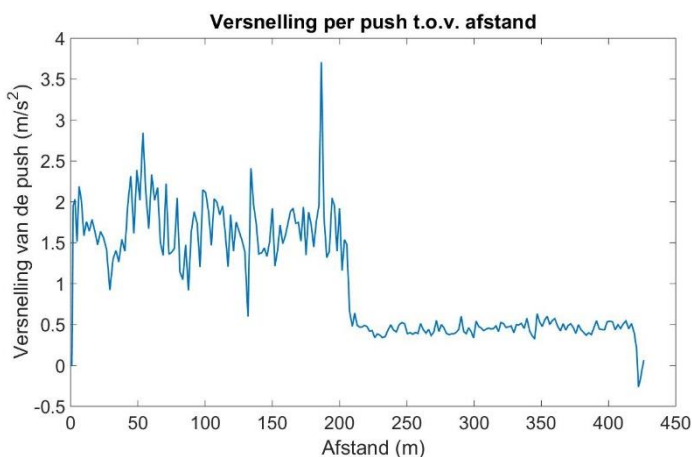
FIGUUR 17 TIJD PER CYCLUS VAN EEN PUSH



FIGUUR 18 TIJD PER CYCLUS T.O.V. DE AFSTAND

Figuur 17 geeft per push de tijdsduur van één cyclus weer. In figuur 18 is deze tijdsduur per cyclus ten opzichte van de afstand weergegeven. In deze figuur is duidelijk te zien dat de tijdsduur na 230m toeneemt. Er worden langere slagen gemaakt. Ook zijn er een paar duidelijke pieken in het signaal te zien. De sporter maakt bijvoorbeeld tussen de 120m en 140m ook langere slagen.

In figuur 19 is de gemiddelde versnelling per push ten opzichte van de afstand weergegeven. Hieruit is af te leiden dat er de eerste meters een duidelijke stijging van de gemiddelde versnelling is. Daarna blijven de versnellingen tot 200m rond de $1,7\text{m/s}^2$ zitten. Na de 200m gaat de gemiddelde versnelling richting de 0m/s^2 , wat betekent dat er een constante snelheid wordt gereden. Na 400m neemt de versnelling af.



FIGUUR 19 VERSNELLING PER PUSH T.O.V. DE AFSTAND

Tabel 3 geeft een weergave van de resultaten van de sporters op een 400m. Hierin zijn dezelfde punten uitgelicht als bij de 100m. Hierbij is de gemiddelde versnelling per push de eerste vijftig meter en wordt de versnelling per push op de 200m weergegeven. Sporter 4 en 6 hebben op een 200m baan gereden. Daarom zal voor de vergelijking van de resultaten de gegevens van de tijd en het aantal pushes worden verdubbeld. Ook is bij hen de versnelling per push op 100m genoemd in plaats van 200m. Er zijn geen resultaten beschikbaar van sporter 3, 5, 7 en 9 door fouten in het databestand of doordat de sporter de afstand niet gereden heeft.

TABEL 3 RESULTATEN PER SPORTER OP EEN 400M

Sporter	Gereden tijd (s)	Aantal meter dat snelheid verhoogt (m)	Maximale snelheid (m/s)	Globale versnelling over de gereden tijd (m/s ²)	Gemiddelde tijd per cyclus 0-50m (s)	Gemiddelde tijd per cyclus van een push (s)	Gemiddelde versnelling per push 0 - 50m (m/s ²)	Versnelling per push op 200m (m/s ²)
1	118	40	4,2	-4 tot 4	0,57	0,6	1,5	1,0
2	120	60	4,3	-4 tot 4	0,55	0,7	1,6	0,4
3	x	x	X	x	x	x	x	x
4 (200m)	57 (*114)	40	4	-4 tot 4	0,67	0,65	1,8	1,3**
5	x	x	x	x	x	x	x	x
6 (200m)	40 (*80)	90	6	-4 tot 5	0,6	0,6	0,8	0,4**
7	x	x	x	x	x	x	x	x
8	63	100	7	-5 tot 10	0,45	0,5	1,0	0,4
9	x	x	x	x	x	x	x	x

* Bij sporter 4 en 6 zijn deze waarden verdubbeld om de gegevens te kunnen vergelijken met een 400m.

** Versnelling per push op 100m in m/s²

VERVOLG RESULTATEN PER SPORTER OP EEN 400M

Sporter	Totaal aantal pushes	Aantal pushes 0-50m	Aantal pushes 50-100m	Aantal pushes 100-150m	Aantal pushes 150-200m	Aantal pushes 200-250m	Aantal pushes 250-300m	Aantal pushes 300-350m	Aantal pushes 350-400m
1	205	25	25	23	27	25	26	26	28
2	195	30	20	25	15	30	20	30	25
3	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4	86 (*172)	25	21	21	19	x	x	x	x
5	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6	82 (*164)	27	18	18	19	x	x	x	x
7	x	x	x	x	x	x	x	x	x
8	120	20	20	13	12	15	10	20	10
9	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Ook in de tabel 3 zijn de grootste verschillen waarneembaar op de gereden tijd, het aantal meter dat de snelheid verhoogt, de maximale snelheid, de globale versnelling over de tijd en het aantal pushes over de afstand. Sporter 8 heeft een snellere tijd gereden ten opzichte van de anderen. Ook is de spreiding van de globale versnelling over de gereden tijd groter en geeft zij hogere versnellingen. Daarnaast ligt het aantal pushes bij sporter 8 lager.

Sporter 6 en 8 kunnen de snelheid over een langere afstand verhogen dan sporter 1, 2 en 4. Ook ligt de maximale snelheid bij hen hoger.

De gemiddelde tijd per cyclus van een push is bij alle sporters vrijwel gelijk bij zowel de eerste vijftig meter als het totale gemiddelde. Alleen sporter 2 laat een wat duidelijker verschil zien van 0,15 seconden per push tussen de eerste vijftig meter en over het geheel.

Er zijn ook verschillen te zien bij de gemiddelde versnelling per push de eerste vijftig meter en de versnelling per push op de 200m. Sporters 1, 2 en 4 tonen een hogere gemiddelde versnelling de eerste vijftig meter dan sporter 6 en 8. De versnelling per push op de 200m vertonen sporters 2, 6 en 8 dezelfde waarden en geven sporter 1 en 4 een hogere versnelling op dit moment. In de resultaten is te zien dat bij alle sporters de gemiddelde versnelling van de eerste vijftig meter hoger is dan de versnelling op 200m.

De resultaten over het aantal pushes per vijftig meter laten zien dat bij sporter 1 het aantal pushes

vrijwel gelijk blijft ondanks of de snelheid toeneemt of constant is. Sporters 2, 4, 6 en 8 vertonen dat bij een verhoging in de snelheid de frequentie van de pushes toeneemt.

Discussie

Uit de resultaten is gebleken dat de uitkomsten uit de data redelijk overeenkomen met elkaar. Echter zijn er naast overeenkomsten ook verschillen binnen de sporters.

Aan het begin zijn er drie hypothesen met betrekking op de verwachte resultaten opgesteld.

1. De versnellingen per push bij het van start gaan zullen hogere waardes geven, dan halverwege de afstand die gereden wordt.

De hypothese is juist. De eerste paar meter stijgt bij elke sporter de versnelling. Uit de resultaten komt naar voren dat halverwege de afstand de gemiddelde versnelling een lagere waarde aangeeft dan bij de eerste twintig of vijftig meter.

2. Bij een verhoging van de snelheid neemt de tijd van de cyclus per pushbeweging af.

De hypothesen is deels juist. Bij sporter 1 (100m), 2 (400m), 3 (100m) en 8 (100m) is deze hypothese juist. Uit de grafieken is af te lezen dat bij een verhoging van de snelheid de tijd van de cyclus afneemt. Echter vertonen de overige sporters een ander beeld. Bij sporter 1 op de 400m neemt de snelheid tot 50m toe. Hierbij is er een toename in de tijd van de cyclus waar te nemen. Sporter 4 laat tot 20m een afname van de tijd van de cyclus zien, terwijl de snelheid tot 40m verhoogt. Bij sporter 6 verhoogt de snelheid tot 80m, terwijl de tijd van de cyclus tot 10m toeneemt waarna deze afneemt en vrij constant blijft. Sporter 7 laat juist een toename van de tijd van de cyclus zien bij een verhoging in de snelheid. Bij de 400m van sporter 8 is de tijd van de cyclus vanaf het begin vrij constant en er is geen afname waarneembaar.

3. Bij een verhoging van de snelheid neemt de frequentie van de pushes toe.

De hypothese is deels juist. Voor de sporters 1 (100m), 2, 3, 6, 7 en 8 is er een toename van de frequentie van de pushes waar te nemen als er een verhoging van de snelheid is.

Sporters 1 (400m) en 4 vertonen een ander beeld. Bij hen is de frequentie van de pushes over de gehele afstand vrijwel gelijk, terwijl er wel sprake is van een verhoging in de snelheid de eerste meters.

Het geschreven Matlab script zorgt ervoor dat de gewenste resultaten worden verkregen. Echter kent het programma wat beperkingen.

Bij het runnen moet de gebruiker een afbakening aangeven van welke data hij de resultaten wilt zien. De sporter staat voor en na de gereden afstand een moment stil. Echter staat de sporter pas een aantal meter na de finish stil. Hierdoor kan het voorkomen dat de resultaten die worden weergegeven over een langere afstand worden weergegeven dan de 100m of 400m. Het is mogelijk om de detectie na een bepaalde afstand te laten stoppen. Echter is door beperking in de tijd dit niet in het script opgenomen.

Bij de piekdetectie worden de maxima en minima berekend. Het kan voorkomen dat niet alle pieken exact worden gedetecteerd, waardoor er een verschil ontstaat in de hoeveelheid maxima en minima. Hiervoor moet de code iets aangepast worden. Aan de hand van de piekafstand kunnen bepaalde pieken wel of niet worden meegenomen. In dit script kan deze afstand handmatig worden aangepast bij 'MinPeakDistance'.

In de grafieken is niet altijd duidelijk af te lezen wat de precieze waardes zijn. Om dit toch juist weergegeven te krijgen dient de gebruiker in te zoomen op een bepaald punt in de grafiek. Ook kan hij gebruik maken van de Workspace in Matlab waar dit nauwkeurig staat aangegeven.

Als de sporter een sportrolstoel heeft met dichte wielkasten zijn de Shimmers een kwartslag gedraaid en aan de binnenzijde van het wiel zo dicht mogelijk bij de as geplaatst. Dit zorgt ervoor dat de assen draaien en de afstand ten opzichte van de as verandert. Dit moet worden aangegeven in het script.

Het videomateriaal wat tijdens de pilotmetingen gebruikt is, was in eerste instantie bedoeld als naslagwerk. Echter bleek tijdens het uitwerken van de resultaten dat videobeelden noodzakelijk zijn om onder andere een uitspraak te doen over de positie van de handen. Uit de data kan het moment van het aangrijpen tot het loslaten van de hoepel niet worden gedetecteerd. Hierdoor is het niet bekend of er een hogere versnelling aan het begin of het einde van de aandrijffase is. Daarnaast kan er geen uitspraak gedaan worden over de tijdsduur van de aandrijf- en niet-aandrijffase. De uitwerking van de resultaten bleek ingewikkelder en nam meer tijd in beslag dan voorafgaand was gedacht. Door de beperkte tijd kon er geen koppeling tussen de data en de videobeelden worden gemaakt.

Van alle uitgevoerde metingen zijn er een aantal metingen die niet kunnen worden ingeladen in Matlab. Er is een fout geconstateerd in het databestand, waardoor van deze sporters geen resultaten kunnen worden weergegeven. Het gaat om de afstanden die zijn weergegeven in tabel 4. Hiervoor moeten de metingen opnieuw worden uitgevoerd.

Door het wegvallen van deze metingen zijn de resultaten statistisch minder betrouwbaar, maar het is niet te verwachten dat dit grote invloed heeft op de conclusie van dit onderzoek.

TABEL 4 FOUTIEVE METINGEN

Sporter	Afstand van foutieve metingen
2	100m
4	80 m
5	80m + 200m
6	80 m
7	400m
8	100m
9	100m (wedstrijd)

Conclusie

Het doel van dit onderzoek was dat de bondscoach Arno Mul een duidelijk beeld krijgt hoe de versnelling verloopt tijdens de voortstuwing van de sportrolstoel bij een afstand van 100m en 400m. Hiervoor werd er een methode geschreven waarbij de resultaten kunnen worden uitgelezen. Deze dataverwerking moet op een eenvoudige manier gedaan kunnen worden.

De onderzoeksvraag hierin was: “Hoe kunnen de prestaties tijdens het rolstoelracen geoptimaliseerd worden?”

De conclusie die na die onderzoek gedaan kan worden is dat de prestaties tijdens het rolstoelracen geoptimaliseerd kunnen worden door kennis te nemen van de versnellingen per push, de tijd per cyclus van een push en het aantal pushes per sporter. Met deze resultaten kan er vervolgens een optimalisatie aan het sportprogramma worden gedaan, zodat bepaalde waardes gunstiger zullen zijn om een race te kunnen winnen. In dit onderzoek zijn deze resultaten in kaart gebracht door een methode te schrijven in het programma Matlab. Hierbij worden de resultaten weergegeven in grafieken.

De dataverwerking gaat op een vrij eenvoudige manier, al moeten er een aantal punten worden aangepast in het script. Zo moet er bij een nieuwe meting in het script verwezen worden naar het bestand waar de data van de meting in staan. Ook kan het voorkomen dat de piekafstand moet worden aangepast om de gewenste maxima en minima punten te krijgen.

Uit de resultaten kan geconcludeerd worden dat de hypothesen grotendeels juist zijn.

Echter zijn niet alle wensen die vooraf aan dit onderzoek zijn gesteld door Arno en Coen in uitwerking gekomen, omdat er door gebrek aan tijd en met de verkregen data niet overal een uitspraak over gedaan kon worden.

Aanbevelingen

Om alle gewenste resultaten naar voren te brengen is het noodzakelijk om nader onderzoek te doen. Om de afstand weer te geven van 0m tot 100 of 400m moet er in de methode iets worden aangepast waarmee exact deze afstand kan worden afgebakend.

Voor de piekdetectie kan er gekeken worden of er een mogelijkheid bestaat dat het programma automatisch alle gewenste maxima en minima registreert waarbij er een gelijk aantal maxima en minima is.

Het is ook aan te raden om het onderzoek nogmaals uit te voeren waarbij er naast de Shimmers ook gebruik zal worden gemaakt van videomateriaal. Op deze manier kan er een uitspraak gedaan worden over de positie van de handen en de tijdsduur van de aandrijf- en niet-aandrijffase. De data en videobeelden uit dit onderzoek kunnen hiervoor ter beschikking worden gesteld.

Ook kan er nader onderzoek gedaan worden naar het materiaal. Zo kan er gekeken worden naar een optimale diameter van de hoepels en/of het materiaal van de handschoenen, zodat de wrijving tussen handschoenen en hoepel zo klein mogelijk wordt.

Daarnaast zou er een onderzoek gedaan kunnen worden naar het vermogen wat de atleet levert gedurende de afstand. Hiervoor moet er gekeken worden hoeveel kracht er wordt geleverd en wat de rol- en luchtweerstand zijn die de atleet ondervindt.

Ook is er geen statistiek toegepast op de methode en kan er geen uitspraak worden gedaan wat de betrouwbaarheid en validiteit is. Om hier een uitspraak over te doen is het raadzaam dit te toetsen.

Literatuurlijst

- Bhambhani, Y. (2002). Physiology of Wheelchair Racing with Spinal Cord Injury. *Sports Medicine*, 33-51.
- Forte, P. B. (2015). Technologic Appliance and Performance Concerns in Wheelchair Racing - Helping Paralympic Athletes to Excel. In *New Perspectives in Fluid Dynamics* (pp. 101-104). Portugal.
- Fuss, F. K. (2009). Influence of mass on the speed of wheelchair racing. *Sports Engineering*, 41-53.
- Limroongreungrat, W., & Wang, Y. T. (2014). Three-dimensional pushrim forces during different racing wheelchair propulsion speeds. In Y. Hong, *Routledge Handbook of Ergonomics in Sports and Exercise*. Londen, New York: Routledge, Taylor & Francis Group.
- Müller, G., Odermatt, P., & Perret, C. (2004). A new test to improve the training quality of wheelchair racing athletes. *Spinal Cord*, 585-590.
- Taylor, D., & Williams, T. (1995). Sports injuries in athletes with disabilities: wheelchair racing. *Paraplegia*, 296-299.
- Tweedy, S. (2009, Juni). *IPC Athletics Classification Project for Physical Impairments: Final report Stage 1*. Retrieved from World Para Athletics:
https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/120725114512622_2010_07_16_Stage_1-Classification_Project_Final_report__for_2012_forward.pdf
- Van der Slikke, R., Berger, M., Bregman, D., & Veeger, D. (2016). Push Characteristics In Wheelchair Court Sport Sprinting. *ScienceDirect*, 730-734.
- Van der Woude, L., Veeger, H., Rozendaal, R., Van Ingen Schenau, G., Rooth, F., & Van Nierop, P. (1988). Wheelchair racing: Effects of rim diameter and speed on physiology and technique. *Med Sci Sports Exerc*, 492-500.

Bijlagen

Bijlage 1: Classificatie (Tweedy, 2009)

T32

De atleten hebben een matige tot ernstige coördinatievermindering waarbij alle vier de ledematen en de romp door worden beïnvloed. Bij de meeste atleten functioneert één zijde van het lichaam iets beter. De coördinatievermindering is zodanig dat de rolstoelvoortstuwing erg bemoeilijk wordt. Daarnaast is de controle over de romp slecht.

T33

De atleten hebben een matige tot ernstige coördinatievermindering waarbij drie of vier ledematen door worden beïnvloed. In de meeste gevallen is er bijna volledige controle over de functie in minst beperkte arm. Voorwaartse voortstuwing van de sportrolstoel wordt beïnvloed door de asymmetrie in de functie van de arm en/of door zeer slechte grip. Ook is er een beperkte beweging van de romp.

T34

De atleten hebben in alle vier de ledematen een vermindering van de coördinatie, maar deze coördinatievermindering is meer in de onderste in de bovenste extremiteit. De armen en romp vertonen een goede functionele kracht en redelijk tot goede grip. Daarnaast is er ook een relatief symmetrische voortstuwing van de sportrolstoel.

T51

De atleten hebben meestal een verminderde spierkracht in de schouders en hebben moeite om de ellebogen te extenderen om de juiste beweging uit te oefenen die nodig is voor de voortstuwing van de sportrolstoel. Daarnaast is er geen spierkracht in de romp. Voortstuwing van de rolstoel wordt bereikt door de flexoren in de elleboog en de extensoren in de pols.

T52

De atleten gebruiken hun schouder-, elleboog- en polsspieren voor de voortstuwing van de sportrolstoel. Er is weinig tot volledige spierkracht in de vingers, waarbij sommige intrinsieke handspieren uit kunnen vallen. De spierkracht in de romp is vrijwel afwezig.

T53

De atleten hebben meestal volledige functie van de armen, maar geen spierkracht in de buik of rond de lagere ruggenwervels.

T54

De atleten bezitten volledige spierkracht in de armen en romp. Echter hebben de atleten geen volledige functie in de benen.

Bijlage 2: Meetprotocol

Benodigdheden

- Laptop met de software Matlab en Multi Sensor Management Consensys
- 3 Shimmers (Shimmers3, Shimmer Sensing)
- Shimmerdock
- Houders om Shimmers in vast te klikken
- Bevestigingselastieken om houders aan sportrolstoel te bevestigen
- Tape

Uitvoering

Nadat de laptop opgestart is en de programma's Matlab en Multi Sensor Management Consensys geopend zijn, zijn de Shimmers geactiveerd door deze aan te zetten. De Shimmers moeten zo worden ingesteld dat de gegevens worden opgeslagen op de SD-kaart.

1. Bevestig op de sportrolstoel de houders waarin de Shimmers worden vastgeklikt.
2. Start de laptop op en open het programma Multi Sensor Management Consensys.
3. Voer de configuratie uit van de Shimmers volgens onderstaande stappen.

Configureren Shimmers

- Sluit Shimmer Dock aan op de computer via USB-poort.
 - Klik bovenin het scherm op Manage Devices.
 - Zet de Shimmer aan en sluit het aan in het Shimmer Dock.
 - Vink de Shimmer aan in het scherm.
 - Klik op Configure.
 - In het volgende scherm geef je het volgende aan:
 - Geef een naam aan de meting (Trial name)
 - Zet Auto stop (mins) op 0
 - Shimmer name is de code die achterop de Shimmer staat
 - Geef een samplefrequentie van 500 Hz (Dit verspringt automatisch naar 504,12 Hz)
 - Start/Stop Logging Method staat ingesteld op "User Button"
 - Geef aan wat er gemeten moet worden:
 - Low-Noise Accelerometer
 - Wide-Range Accelerometer (range: +/- 8g)
 - Gyroscope (range: +/- 2000 dps)
 - Klik op Write Config.
 - Klik op Done.
4. Activeer de Shimmers door op de oranje knop te drukken. Deze moet even ingedrukt worden gehouden.
 5. Stapel de drie Shimmers op elkaar en draai deze rond (voor synchronisatie).
 6. Klik de Shimmers vast op de houders.
 7. Laat de sporter een moment stilstaan voor hij/zij de afstand gaat rijden.
 8. De sporter begint met het rijden van de aangegeven afstand (100m of 400m).
 9. Laat de sporter na het rijden van de afstand weer een moment stilstaan.
 10. Haal de Shimmers van de sportrolstoel.
 11. Stapel de Shimmers weer op elkaar en draai deze rond.
 12. Stop de meting van de Shimmers door op de oranje knop te drukken.
 13. Voer de dataverwerking van de Shimmers uit volgens onderstaande stappen:

Data

- Sluit Shimmer aan op Shimmer Dock.
 - Klik bovenin het scherm op Manage Devices.
 - Klik op import.
 - Scanning SD cards
 - next
 - Add or remove sessions
 - Vink de naam van de meting aan
 - Klik op “import to the database and delete data from the Shimmers”
 - next
 - Importing Sessions.
 - Next
 - Are you sure you want to proceed?
 - Yes
 - Klik bovenin het scherm op Manage Data.
 - Vink de naam van de meting aan.
 - Selecteer file format “.mat” aan.
 - Klik op Export.
 - Sla het bestand op.
 - Klik op done.
14. Open de software Matlab.
15. Voer in het script de map waarin de data is opgeslagen in.
16. Voer de juiste persoon, de Shimmerset en de afmetingen van de sportrolstoel in.
17. Druk op Run.
18. Er verschijnt een figuur waarin een bepaalde stukje data geselecteerd kan worden.
19. Klik op de plekken waar voor en na de meting de lijn horizontaal loopt.
20. De gewenste resultaten verschijnen nu.
21. NB. Het kan zijn dat niet alle pieken worden weergegeven. In dat geval moet de ‘MinPeakDistance’ worden aangepast. Dit heeft tevens ook invloed op de weergave van de gemiddelde versnelling per push en de tijdsduur van de cyclus.
- Daarnaast moet er bij dichte wielkasten de afstand tot de as en hoe de X-, Y- en Z-as zich verhouden worden aangepast.

Bijlage 3: Methode Matlab script

```

close all
clear all

%Bij dichte wielkasten moet de afstand worden aangepast van
%0.02 naar -0.1! Daarnaast moet de kanteling van assen worden aangegeven.

Persoon=1; % Databestand waarvan de resultaten weergegeven worden
shimSet=2; % select a Shimmerset
skid=0; %skid correct on or off 0=off 1=on
sets=0; %sepperation sets on or off 0=off 1=on
%rootPath='D:\Metingen_NK_tennis\Metingen\SD_shimmers (Dag2&3)\'
rootPath='C:\Users\Annemiek\Documents\BT4\Afstuderen\Meting\Ongekalibeerde
data\';

CalbPath='C:\Users\Annemiek\Documents\BT4\Afstuderen\Meting\Ongekalibeerde
data\Kalibratie\Results\';
setWR=0; % set to 1 if wide range sensors should be used
% Game1_160917_Session1_Shimmer_B645_UnUNCALibrated_SD
sessionNameEnd = '_Uncalibrated_SD.mat';

% %Informatie sportrolstoel sporters + welke Shimmerset:
% %Sophie (Nijkerk) Shimset2
% wheelBase=0.65;
% wheelDiam=0.62;
% wheelTop=0.40;
%
% %Elise (Barendrecht) Shimset2
% wheelBase=0.63;
% wheelDiam=0.67;
% wheelTop=0.38;
%
% %Werner (Barendrecht) Shimset 2
% wheelBase=0.63;
% wheelDiam=0.67;
% wheelTop=0.38;
%
% %Vicky (Barendrecht) Shimset 2
% wheelBase=0.63;
% wheelDiam=0.67;
% wheelTop=0.38;
%
% %Eva (Nijkerk) Shimset 2
% wheelBase=0.62;
% wheelDiam=0.68;
% wheelTop=0.43;
%
% %Jeroen (Nijkerk) Shimset 2
% wheelBase=0.63;
% wheelDiam=0.67;
% wheelTop=0.38;
%
% %Nikita Shimset1
% wheelBase=0.59;
% wheelDiam=0.69;
% wheelTop=0.38;
%
% %Kenny Shimset2
% wheelBase=0.60;
% wheelDiam=0.69;

```

```

% wheelTop=0.37;
%
% %Rens Shimset2
% wheelBase=0.60;
% wheelDiam=0.69;
% wheelTop=0.38;

if shimSet==1
    shimmerNrs= {'B645' 'A649' 'B63D'};% FR RW LW oud {'B645' 'A649'
'B63D'}
    load([CalbPath 'CalbFactset1.mat'])
    %wheelchair config
    wheelBase=0.59;
    wheelDiam=27*0.0254;
    wheelTop=0.38;
    %camberAngle=20;
elseif shimSet==2
    shimmerNrs= {'B7A6' 'A63D' 'B7A5'};% FR RW LW
    %load('C:\Users\Annemiek\Documents\BT4\Afstuderen\Meting\Ongekalibeerde
data\Kalibratie\Results\factors_set2c.mat')
    %load([CalbPath 'CalbFactset2Calb.mat'])
    load([CalbPath 'CalbFactset2.mat'])
    %wheelchair config
    %Naam
    wheelBase=0.60;           %Afstand onderkant wielen
    wheelDiam=27*0.0254;      %Diameter wielen
    wheelTop=0.38;           %Afstand bovenkant wielen
end

if Persoon == 1
    sessionPath='Elise1\'
    sessionName='B_Elise_1_Session1_Shimmer_'
elseif Persoon == 2
    sessionPath='Elise2\'
    sessionName='B_Elise_2_Session1_Shimmer_'
elseif Persoon == 3
    sessionPath='Eval\'
    sessionName='N_Eva_1_Session1_Shimmer_'
elseif Persoon == 4
    sessionPath='Eva2\'
    sessionName='N_Eva_2_Session1_Shimmer_'
elseif Persoon == 5
    sessionPath='Jeroen1\'
    sessionName='N_Jeroen_1_Session1_Shimmer_'
elseif Persoon == 6
    sessionPath='Jeroen2\'
    sessionName='N_Jeroen_2_Session1_Shimmer_'
elseif Persoon == 7
    sessionPath='Sophie1\'
    sessionName='Sophie_1_Session1_Shimmer_'
elseif Persoon == 8
    sessionPath='Sophie2\'
    sessionName='Sophie_2_Session1_Shimmer_'
elseif Persoon == 9
    sessionPath='Werner1\'
    sessionName='B_Werner_1_Session1_Shimmer_'
elseif Persoon == 10
    sessionPath='Werner2\'
    sessionName='B_Werner_2_Session1_Shimmer_'
elseif Persoon == 11

```

```

        sessionPath='Vicky2\'
        sessionName='B_Vicky_2_Session1_Shimmer_'
elseif Persoon == 12
        sessionPath='Nikita100\'
        sessionName='Nikita_100_Session1_Shimmer_'
elseif Persoon == 13
        sessionPath='Nikita400\'
        sessionName='Nikita_400_Session1_Shimmer_'
elseif Persoon == 14
        sessionPath='Nikita100w\'
        sessionName='Nikita_w100_Session1_Shimmer_'
elseif Persoon == 15
        sessionPath='Rensw100\'
        sessionName='Rens_w100_Session1_Shimmer_'
elseif Persoon == 16
        sessionPath='Kenny100\'
        sessionName='Kenny_100_Session1_Shimmer_'
elseif Persoon == 17
        sessionPath='Kenny400m\'
        sessionName='Kenny_400_Session1_Shimmer_'
end

for i=1:3
    load([rootPath sessionPath sessionName shimmerNrs{i}
sessionNameEnd]);%rootPath
end

% Settings
set(0,'defaultlinelength',2); set(0,'defaulttextfontsize',10)
dataType=3
fsShim=504.12;

camberAngle=asin(((wheelBase-wheelTop)/2)/wheelDiam)*180/pi
speedMax=38; wheelCirDeg=wheelDiam*pi/360;rotMax=speedMax/(pi*wheelDiam);
fsCo=0.5; % filter settings combination filter
senDist2Axis=0.02; %distance sensor to axle
set(0,'defaultaxesfontsize',24)
set(0,'defaulttextfontsize',24)
format long
%% Read shimmer data from exported .mat files
clear shimmer

for i =1:3
%   voor bugged File shimmer(i).time=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
'_TimestampSync_Unix_CAL']);
    shimmer(i).time=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
'_Timestamp_Unix_UNCAL']);
    if setWR~=1 % use wide range acceleration if LN sensor is unavailable
        shimmer(i).data(:,1)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
'_Accel_LN_X_UNCAL']);
        shimmer(i).data(:,2)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
'_Accel_LN_Y_UNCAL']);
        shimmer(i).data(:,3)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
'_Accel_LN_Z_UNCAL']);
    else
        shimmer(i).data(:,1)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
'_Accel_WR_X_UNCAL']);
        shimmer(i).data(:,2)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
'_Accel_WR_Y_UNCAL']);
        shimmer(i).data(:,3)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
'_Accel_WR_Z_UNCAL']);
    end
end

```

```

end
shimmer(i).data(:,4)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i} '_Gyro_X_UNCAL']);
shimmer(i).data(:,5)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i} '_Gyro_Y_UNCAL']);
shimmer(i).data(:,6)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i} '_Gyro_Z_UNCAL']);

end

%for Calibrated only
% for i =1:1
%     shimmer(i).time=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
% '_Timestamp_Unix_CAL']);
%     if setWR~=1 % use wide range acceleration if LN sensor is unavailable
%         shimmer(i).data(:,1)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
% '_Accel_LN_X_CAL']);
%         shimmer(i).data(:,2)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
% '_Accel_LN_Y_CAL']);
%         shimmer(i).data(:,3)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
% '_Accel_LN_Z_CAL']);
%     else
%         shimmer(i).data(:,1)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
% '_Accel_WR_X_CAL']);
%         shimmer(i).data(:,2)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
% '_Accel_WR_Y_CAL']);
%         shimmer(i).data(:,3)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
% '_Accel_WR_Z_CAL']);
%     end
%     shimmer(i).data(:,4)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i} '_Gyro_X_CAL']);
%     shimmer(i).data(:,5)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i} '_Gyro_Y_CAL']);
%     shimmer(i).data(:,6)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i} '_Gyro_Z_CAL']);
%     shimmer(i).data(:,7)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i} '_Mag_X_CAL']);
%     shimmer(i).data(:,8)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i} '_Mag_Y_CAL']);
%     shimmer(i).data(:,9)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i} '_Mag_Z_CAL']);
% end

for chan = 1:3 % for x-z
    for i=1:3 %for shimmer 1:3
        shimmer(i).dataCal(:,chan+3)=(shimmer(i).data(:,chan+3)-
factor(chan+3,i)).*factor(chan,i);
        shimmer(i).dataCal(:,chan)=(shimmer(i).data(:,chan)-
factor(chan+9,i)).*-factor(chan+6,i);
    end
end

figure (1)
hold all
for i = 1:3
plot(shimmer(i).time,shimmer(i).data(:,6))
end
%% interp data based on timeline provided

for nrSens = 1:3
    shimmer(nrSens).resData=[];
    shimmer(nrSens).lengthSamples=round(((shimmer(nrSens).time(end)-
shimmer(nrSens).time(1))*fsShim/1000); % time in ms, div by 1000 and
mutiplied by fs
    shimmer(nrSens).interpTimelineSample=[1:shimmer(nrSens).lengthSamples];

shimmer(nrSens).interpTimeline=(shimmer(nrSens).interpTimelineSample*1000/f
sShim)+shimmer(nrSens).time(1);

```

```

    for colNr= 1:6

shimmer(nrSens).resData(:,colNr)=interp1(shimmer(nrSens).time,shimmer(nrSens).dataCal(:,colNr),shimmer(nrSens).interpTimeline');
    end
end

figure (2)
hold all
for i = 1:3
    plot( shimmer(i).resData(:,6))
end

%%
startNr=max([shimmer(1).time(1) shimmer(2).time(1) shimmer(3).time(1)]);
lengthCorr=10000; %hoeveelheid frames voor rotatie
for i=1:3
    shimmer(i).startInd=find(shimmer(i).time>startNr,1)+500 % added 200 to
avoid problems due to shifts
end

figure (3)
plot(shimmer(1).resData(shimmer(1).startInd:shimmer(1).startInd+lengthCorr,
6))
hold all
plot(shimmer(2).resData(shimmer(2).startInd:shimmer(2).startInd+lengthCorr,
6))
plot(shimmer(3).resData(shimmer(3).startInd:shimmer(3).startInd+lengthCorr,
6))

% find cros correlation in rotation shimmers at start
[C12,lag1] =
xcorr(shimmer(1).resData(shimmer(1).startInd:shimmer(1).startInd+lengthCorr,
6),shimmer(2).resData(shimmer(2).startInd:shimmer(2).startInd+lengthCorr,6
));
[~,I12] = max(abs(C12)); % Find the index of the highest peak
t12 = lag1(I12) % Sample difference between the signals s2,s1
shimmer(2).startInd=shimmer(2).startInd-t12;
[C13,lag2] =
xcorr(shimmer(1).resData(shimmer(1).startInd:shimmer(1).startInd+lengthCorr,
6),shimmer(3).resData(shimmer(3).startInd:shimmer(3).startInd+lengthCorr,6
));
[~,I13] = max(abs(C13)); % Find the index of the highest peak
t13 = lag2(I13) % Sample difference between the signals s2,s1
shimmer(3).startInd=shimmer(3).startInd-t13;

% start from shimmer rotation
for i = 1:3
    shimmer(i).length=length(shimmer(i).resData)-shimmer(i).startInd;
end
lengthSig=min([shimmer(1).length shimmer(2).length shimmer(3).length]);
% crop to shortest shimmer signal
for i=1:3

shimmer(i).resDataCrop=shimmer(i).resData(shimmer(i).startInd:shimmer(i).startInd+lengthSig,:);
end

figure (4)
plot(shimmer(1).resDataCrop(:,6))

```

```

hold all
plot(shimmer(2).resDataCrop(:,6))
plot(shimmer(3).resDataCrop(:,6))
legend('1','2','3')
% find end synchronisation
[C12end,lag12end] = xcorr(shimmer(1).resDataCrop(end-
lengthCorr:end,6),shimmer(2).resDataCrop(end-lengthCorr:end,6));
[~,I12end] = max(abs(C12end)); % Find the index of the highest peak
t12end = lag12end(I12end) % Sample difference between the
signals s2,s1

[C13end,lag13end] = xcorr(shimmer(1).resDataCrop(end-
lengthCorr:end,6),shimmer(3).resDataCrop(end-lengthCorr:end,6));
[~,I13end] = max(abs(C13end)); % Find the index of the highest peak
t13end = lag13end(I13end) % Sample difference between the
signals s2,s1
% create new timeline
timeLine = [0:1/fsShim:(lengthSig-1)/fsShim];

%% Make selection of signals used in analysis
corFactTemp=0

% % in Analysis FR=1; RW=2; LW=3;

%Wanneer de Shimmers op de assen van wielen geplaatst zijn.
shim(1).cr=LPfilter(shimmer(1).resDataCrop(1:end-1,[1 2 3 4 5 6
]),fsShim,25);
shim(2).cr=LPfilter(shimmer(2).resDataCrop(1:end-1,[1 2 3 4 5 6
]),fsShim,25);
shim(3).cr=LPfilter(shimmer(3).resDataCrop(1:end-1,[1 2 3 4 5 6
]),fsShim,25);

for i =1:3 % check this for UNCALibrated sensors, could be different!
    shim(i).crRs=shim(i).cr;
    shim(i).crRs(:,[1 2 3 6])=shim(i).crRs(:,[1 2 3 6])*-1;
end

% %Wanneer de sporter dichte wielen heeft en de Shimmer er gekanteld op
zit.
% shim(1).cr=LPfilter(shimmer(1).resDataCrop(1:end-1,[1 2 3 4 5 6
]),fsShim,25);
% shim(2).cr=LPfilter(shimmer(2).resDataCrop(1:end-1,[1 3 2 4 6 5
]),fsShim,25);
% shim(3).cr=LPfilter(shimmer(3).resDataCrop(1:end-1,[1 3 2 4 6 5
]),fsShim,25);
%
% for i = 1 % check this for UNCALibrated sensors, could be different!
%     shim(i).crRs=shim(i).cr;
%     shim(i).crRs(:,[1 2 3 6])=shim(i).crRs(:,[1 2 3 6])*-1;
% end
% for i = 3 % check this for UNCALibrated sensors, could be different!
%     shim(i).crRs=shim(i).cr;
%     shim(i).crRs(:,[3 6])=shim(i).crRs(:,[3 6])*-1;
% end
% for i =2 % check this for UNCALibrated sensors, could be different!
%     shim(i).crRs=shim(i).cr;
%     shim(i).crRs(:,[2 5])=shim(i).crRs(:,[2 5])*-1;
% end

%% Select start and stop (including stable moments)

```

```

close all
if length(shim(1).crRs(:,1:3))<500000
    plotLength=length(shim(1).crRs(:,1:3))-1;
else
    plotLength=90000; %mogelijk aanpassen
end
% select stable moment at beginning (start of match)
figure (5)
tempPlot=plot(shim(1).crRs(1:plotLength,1:3)) % plot(shim(2).crRs(:,4:6))
[stableIndX stableIndY]=ginput(1)
% select stable moment at the end (end of match)
figure (6)
tempPlot=plot(shim(1).crRs(end-plotLength:end,1:3)) %
plot(shim(2).crRs(:,4:6))
[stableEndIndX stableEndIndY]=ginput(1)
stableInd=round(stableIndX);
stableEndInd=round(stableEndIndX)+length(shim(1).crRs(:,1:3))-plotLength;
close all
shim(1).crRs=shim(1).crRs(stableInd:stableEndInd+fsShim,:);
shim(2).crRs=shim(2).crRs(stableInd:stableEndInd+fsShim,:);
shim(3).crRs=shim(3).crRs(stableInd:stableEndInd+fsShim,:);
%%
fallenInd=[];
% XS001 UNCALculate Integrated and differentiated gyro signal wheel
(distance)
for i = 2:3 %only 2 wheel x-IMU's pos Y defined as wheel axis right
    shim(i).crRsYIn = cumtrapz(shim(i).crRs(:,5))/fsShim;
    shim(i).crRsYDi = diff(shim(i).crRs(:,5))*fsShim;
end

gyroCor=0;
% XS001 UNCALculate Integrated and differentiated gyro signal frame
shim(1).crRsZ = shim(1).crRs(:,6);%-
mean(shim(1).crRs(stableInd:stableInd+fsShim,6));%-gyroCor;

nearZeroRot=find(abs(shim(1).crRsZ)<1);
shim(1).crRsZ(nearZeroRot)=0;
shim(1).crRsZ(fallenInd)=0; %141010 added to avoid rotation while on the
side
shim(1).crRsZIn = cumtrapz(shim(1).crRsZ)/fsShim;
shim(1).crRsZDi = diff(shim(1).crRs(:,6))*fsShim;

shim(2).crRsY = shim(2).crRs(:,5);
shim(3).crRsY = shim(3).crRs(:,5);

senDist2Axis=-0.06
% %Wellicht overbodig
% XA00? Wheel rotation acc based 131227
for i = 2:3 %only 2 wheel x-IMU's
    shim(i).crRsCentri=((shim(i).crRsY*pi/180).^2*senDist2Axis/2);
    shim(i).crRsCorGyrAcc=shim(i).crRs(:,1:3);
    shim(i).crRsCorGyrAcc(:,3)=shim(i).crRs(:,3)+shim(i).crRsCentri;

shim(i).crRsMaxGyrAcc=LPfilter(shim(i).crRsCorGyrAcc(:,1:3),fsShim,rotMax);
    if i==2
        shim(i).crRsAng =
atan2d(shim(i).crRsMaxGyrAcc(:,3),shim(i).crRsMaxGyrAcc(:,1));
    elseif i==3
        shim(i).crRsAng = atan2d(shim(i).crRsMaxGyrAcc(:,3),-
shim(i).crRsMaxGyrAcc(:,1));
    end

```

```

    shim(i).crRsAngDif=diff( shim(i).crRsAng);
    indexPlus360=find(shim(i).crRsAngDif>350);
    indexMin360=find(shim(i).crRsAngDif<-350);
    shim(i).crRsAngDif(indexPlus360)=shim(i).crRsAngDif(indexPlus360)-360;
    shim(i).crRsAngDif(indexMin360)=shim(i).crRsAngDif(indexMin360)+360;
    indexStrange=find(shim(i).crRsAngDif<-10000/fsShim | shim(i).crRsAngDif
> 10000/fsShim);
    for k = 1:length(indexStrange)
        try

shim(i).crRsAngDif(indexStrange(k))=mean(shim(i).crRsAngDif([indexStrange(k)
)-2:indexStrange(k)-1 indexStrange(k)+1:indexStrange(k)+2]));
        end
    end
    shim(i).crRsAngDif(1:25)=0; %added to avoid strange start with because
of incidently huge initial values
    shim(i).crRsAngCum=cumtrapz(shim(i).crRsAngDif);
    shim(i).crRsAngCum=[0;shim(i).crRsAngCum];
end

shim(2).crRsAngDisp=shim(2).crRsAngCum*wheelCirDeg;
shim(3).crRsAngDisp=-shim(3).crRsAngCum*wheelCirDeg;

% test gyro wheel compensation pansiot alternative
% XS001 UNCALculate Integrated and differentiated gyro signal frame
shim(2).crRsCorFrRot=
(shim(2).crRsY+tand(camberAngle).*(shim(1).crRs(:,6)*cosd(camberAngle)));
shim(3).crRsCorFrRot= (shim(3).crRsY-
tand(camberAngle).*(shim(1).crRs(:,6)*cosd(camberAngle)));
shim(2).crRsCorFrRotDisp = -(cumtrapz(shim(2).crRsCorFrRot-
mean(shim(2).crRsCorFrRot(1:fsShim,1)))/fsShim)*wheelCirDeg;
shim(3).crRsCorFrRotDisp = -(cumtrapz(shim(3).crRsCorFrRot-
mean(shim(3).crRsCorFrRot(1:fsShim,1)))/fsShim)*wheelCirDeg;
% combined signal
shim(2).crRsCombDisp=cumtrapz(LPfilter(diff(shim(2).crRsAngDisp),fsShim,fsCo
o))+cumtrapz(HPfilter(diff(shim(2).crRsCorFrRotDisp),fsShim,fsCo));
shim(3).crRsCombDisp=cumtrapz(LPfilter(diff(shim(3).crRsAngDisp),fsShim,fsCo
o))+cumtrapz(HPfilter(diff(shim(3).crRsCorFrRotDisp),fsShim,fsCo));
shim(2).crRsCombDisp=-cumtrapz((shim(2).crRsY)/fsShim)*wheelCirDeg;
shim(3).crRsCombDisp=-cumtrapz((shim(2).crRsY)/fsShim)*wheelCirDeg;
shim(5).crRsCombDisp=(shim(2).crRsCombDisp+shim(3).crRsCombDisp)/2;

afstand = shim(5).crRsCombDisp; %gereden afstand
snelheid = gradient(afstand)*fsShim; %snelheid over de gereden afstand
versnelling = gradient(snelheid)*fsShim; %versnelling over de gereden
afstand
tijd = 0:1/fsShim:(length(shim(5).crRsCombDisp)-1)/fsShim; %aantal samples
omzetten naar tijd in sec.

figure (7)
plot(tijd,afstand);
title 'De gereden afstand t.o.v. de tijd';
xlabel 'Tijd (s)';
ylabel 'Afstand (m)';

figure (8)
plot(tijd,snelheid);
title 'Snelheid t.o.v. de gereden tijd';
xlabel 'Tijd (s)';
ylabel 'Snelheid (m/s)';

```

```

figure (9)
plot (tijd,versnelling);
title 'Versnelling t.o.v. de gereden tijd';
xlabel 'Tijd (s)';
ylabel 'Versnelling (m/s^2)';

figure (10)
plot(afstand,snelheid);
title 'Snelheid t.o.v. de gereden afstand';
xlabel 'Afstand (m)';
ylabel 'Snelheid (m/s)';

figure (11)
plot(afstand,versnelling);
title 'Versnelling t.o.v. de gereden afstand';
xlabel 'Afstand (m)';
ylabel 'Versnelling (m/s^2)';

snelheid1= snelheid.*-1 ;
[pks_min,locs_min]=findpeaks(snelheid1,'MinPeakDistance',200);
[pks_max,locs_max]=findpeaks(snelheid,'MinPeakDistance',200);

figure(12)
plot(afstand,snelheid,afstand(locs_max),pks_max,'or',afstand(locs_min),-
pks_min,'og');
title 'Snelheid t.o.v. afstand met detectie maxima en minima';
xlabel 'Afstand (m)';
ylabel 'Snelheid (m/s)';
legend ('Snelheid','Maxima','Minima','Location','southeast');

punten_max=length(locs_max);
for i=2:punten_max;
    delta_vmax=pks_max(i)-pks_max(i-1);
    delta_samplemax=locs_max(i)-locs_max(i-1);
    push_interval(i-1)=delta_samplemax/fsShim;
end
figure (13)
plot(push_interval);
title 'Tijd per cyclus van de push';
xlabel 'Aantal pushes';
ylabel 'Tijd van de cyclus (s)';

punten_min=length(locs_min);
for i=2:punten_min-2 %1:punten_min-1 %2:punten_min-2
    delta_v=pks_max(i+1)-(-pks_min(i));
    delta_sample=locs_max(i+1)-locs_min(i);
    delta_t=delta_sample/fsShim;
    a_interval(i)=delta_v/delta_t;
end
figure (14)
plot(a_interval);
title 'Versnelling van de pushes';
xlabel 'Aantal pushes';
ylabel 'Versnelling van de push (m/s^2)';

punten_max=length(locs_max);
for i=1:punten_max-1;
    gem_locs(i)=round((locs_max(i)+locs_max(i+1))/2);
end

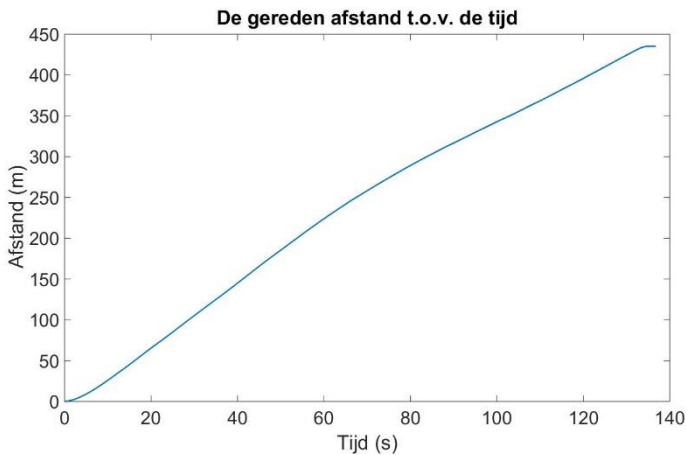
```

```
afstandpush = afstand(gem_locs);  
figure(15)  
plot(afstandpush);  
title 'Afstand t.o.v. het aantal pushes';  
xlabel 'Aantal pushes';  
ylabel 'Afstand (m)';  
  
figure (16)  
plot(afstandpush(1:end-1),a_interval);  
title 'Versnelling per push t.o.v. afstand';  
xlabel 'Afstand (m)';  
ylabel 'Versnelling van de push (m/s^2)';  
  
figure (17)  
plot(afstandpush(1:end),push_interval);  
title 'Tijd per cyclus t.o.v. afstand';  
xlabel 'Afstand (m)';  
ylabel 'Tijd per cyclus van de push (s)';
```

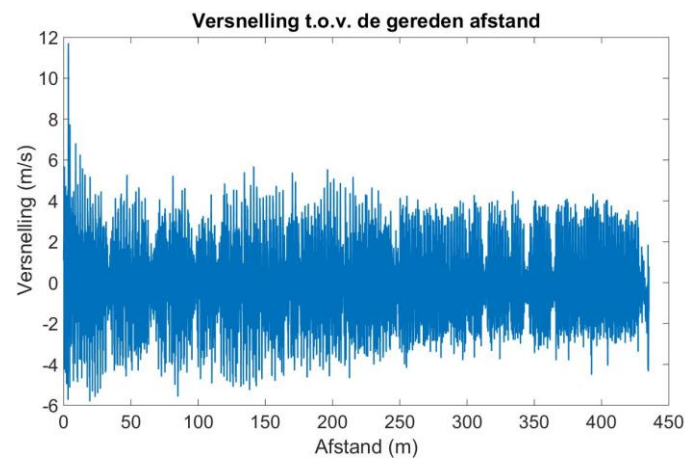
Bijlage 4: Resultaten

Sporter 2, 400m

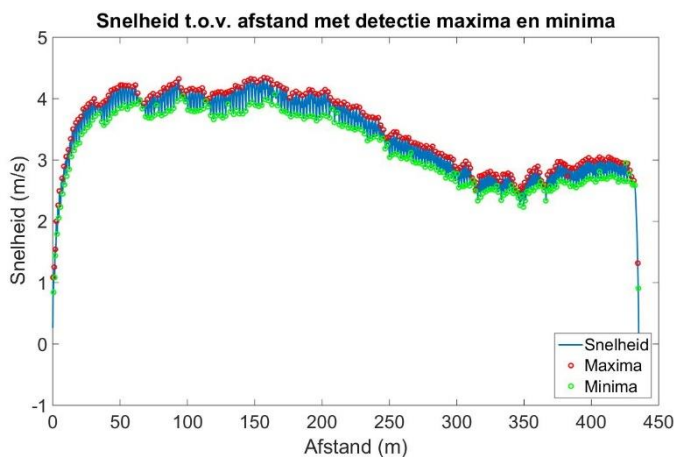
In de figuren 20 t/m 26 zijn de resultaten weergegeven van een 400m.



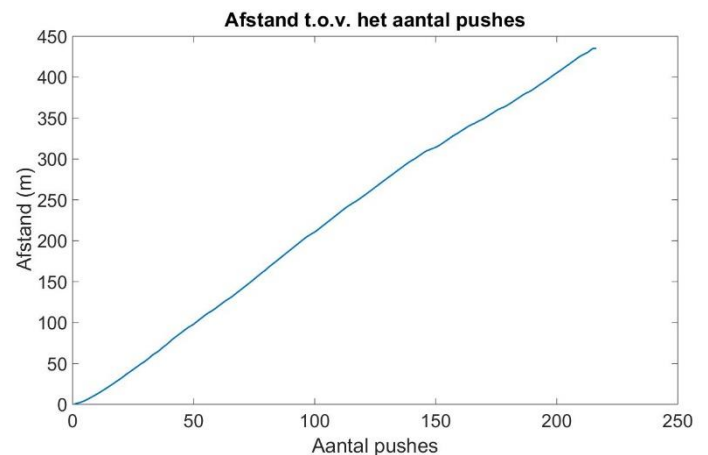
FIGUUR 20 GEREDEN AFSTAND T.O.V. DE TIJD



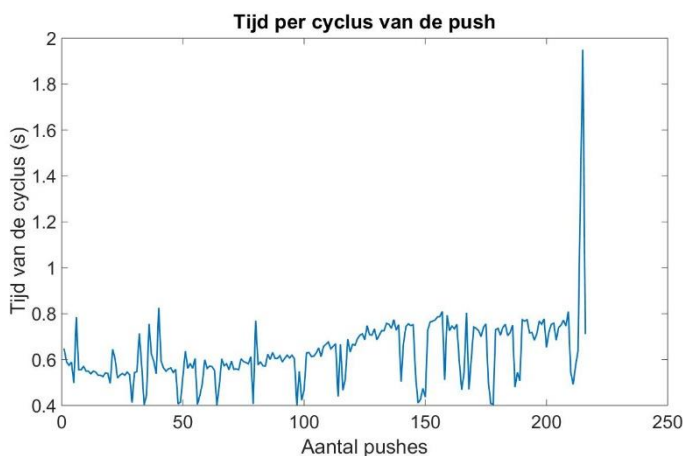
FIGUUR 21 VERSNELLING T.O.V. DE GEREDEN AFSTAND



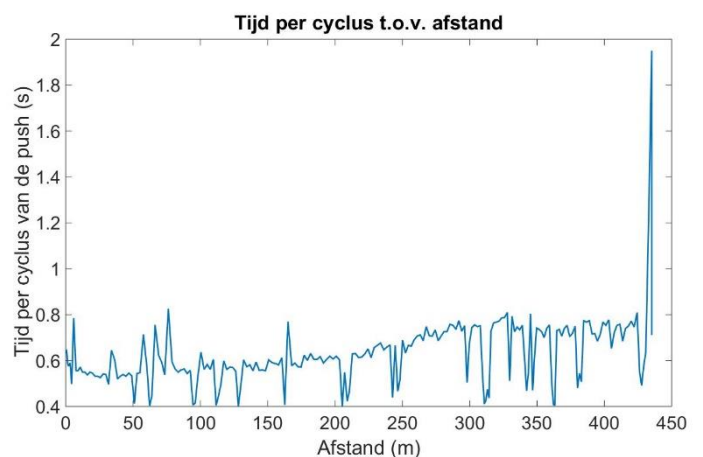
FIGUUR 22 SNELHEID T.O.V. DE GEREDEN AFSTAND MET PIEKDETECTIE



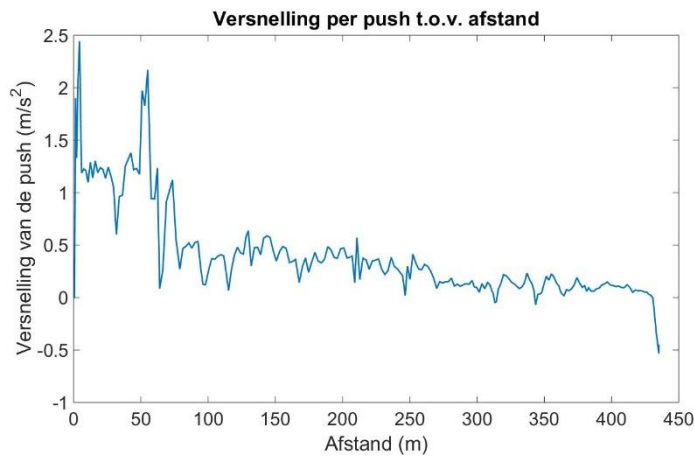
FIGUUR 23 AFSTAND T.O.V. HET AANTAL PUSHES



FIGUUR 24 TIJD PER CYCLUS VAN EEN PUSH



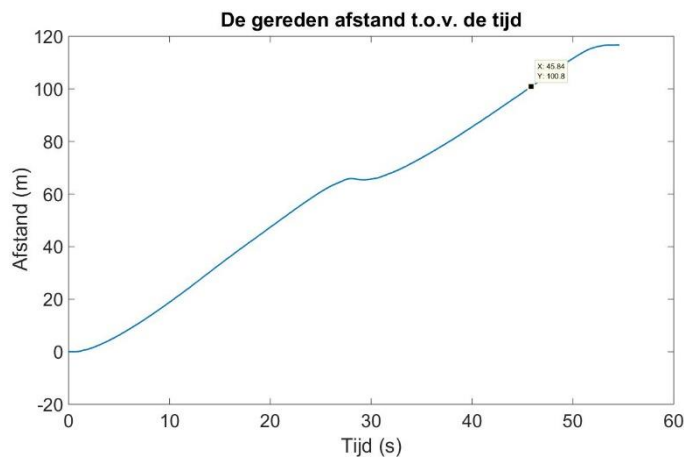
FIGUUR 25 TIJD PER CYCLUS T.O.V. DE AFSTAND



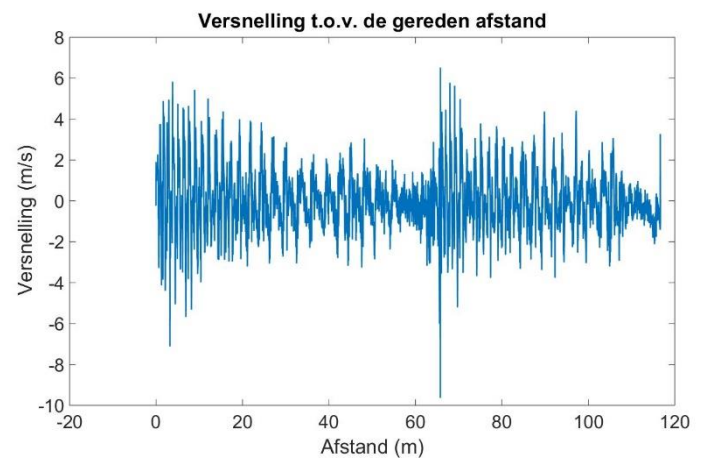
FIGUUR 26 VERSNELLING PER PUSH T.O.V. DE AFSTAND

Sporter 3, 100m

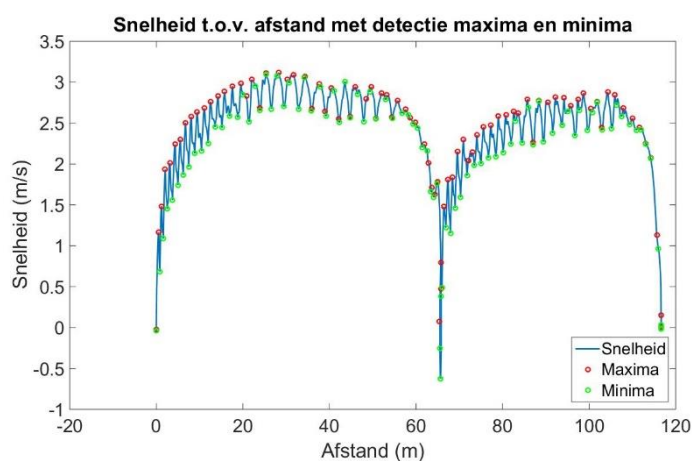
De figuren 27 t/m 33 geven de resultaten van een 100m weer.



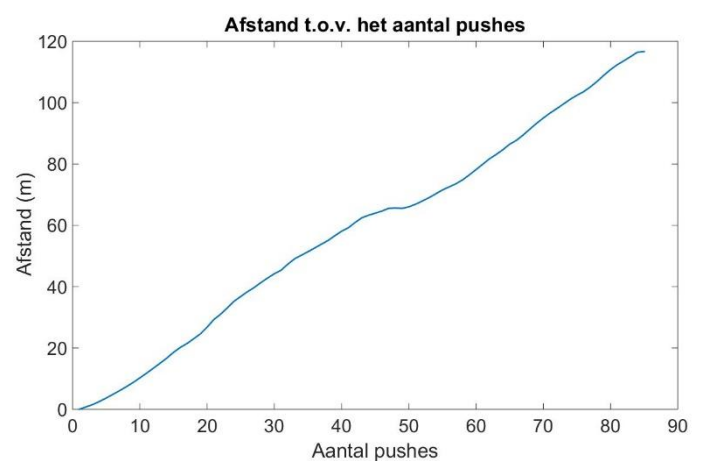
FIGUUR 27 GEREDEN AFSTAND T.O.V. DE TIJD



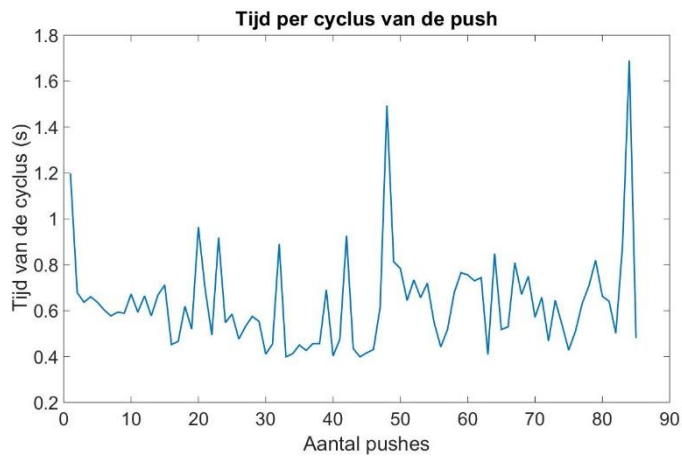
FIGUUR 28 VERSNELLING T.O.V. DE AFSTAND



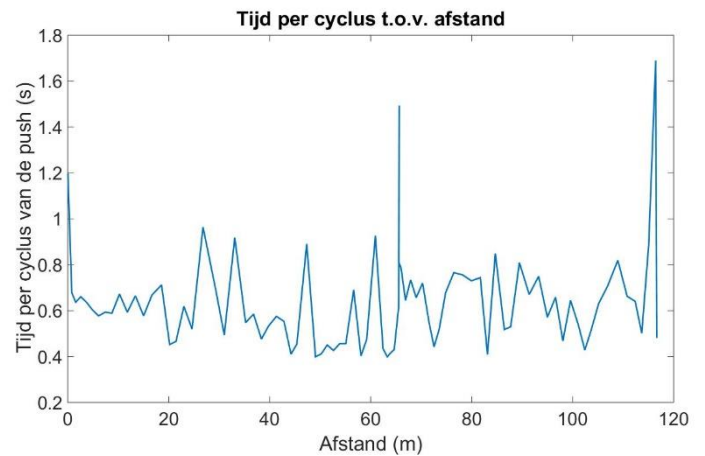
FIGUUR 29 SNELHEID T.O.V. AFSTAND MET PIEKDETECTIE



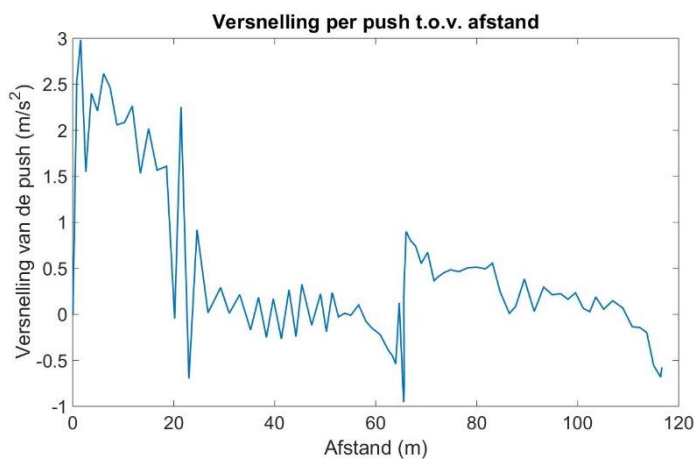
FIGUUR 30 AFSTAND T.O.V. HET AANTAL PUSHES



FIGUUR 31 TIJD PER CYCLUS VAN EEN PUSH



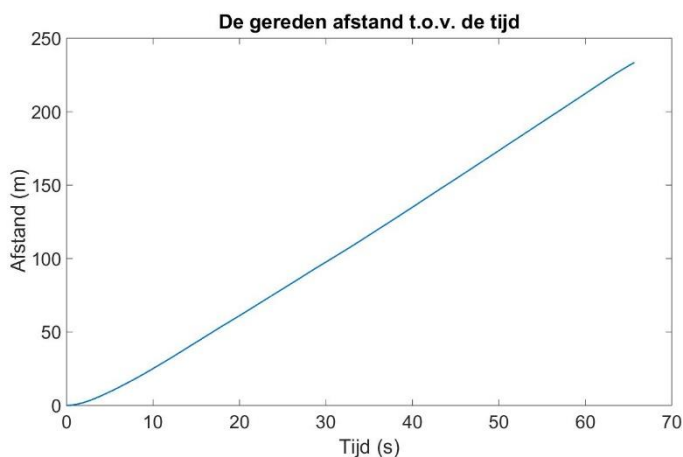
FIGUUR 32 TIJD PER CYCLUS T.O.V. DE AFSTAND



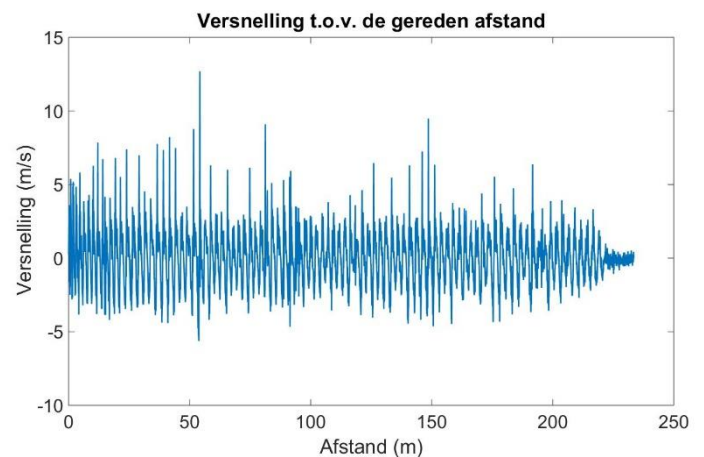
FIGUUR 33 VERSNELLING PER PUSH T.O.V. DE AFSTAND

Sporter 4, 200m

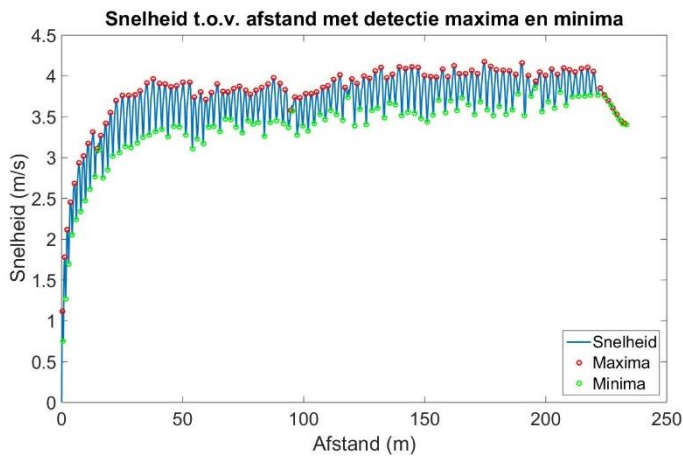
In de figuren 34 t/m 40 zijn de resultaten van een 200m weergegeven.



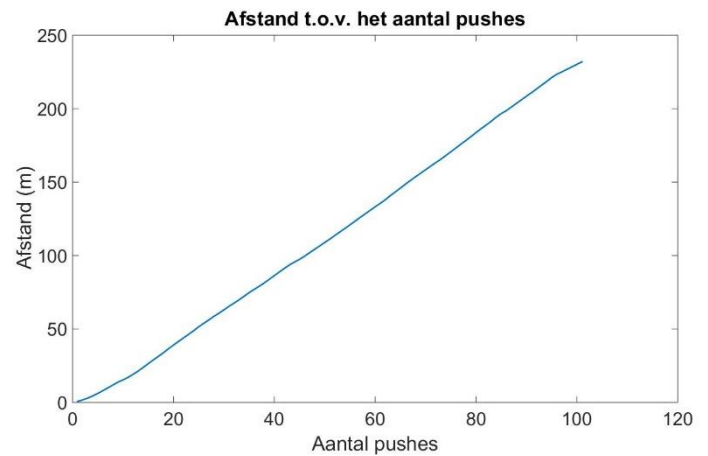
FIGUUR 34 GEREDEN AFSTAND T.O.V. DE TIJD



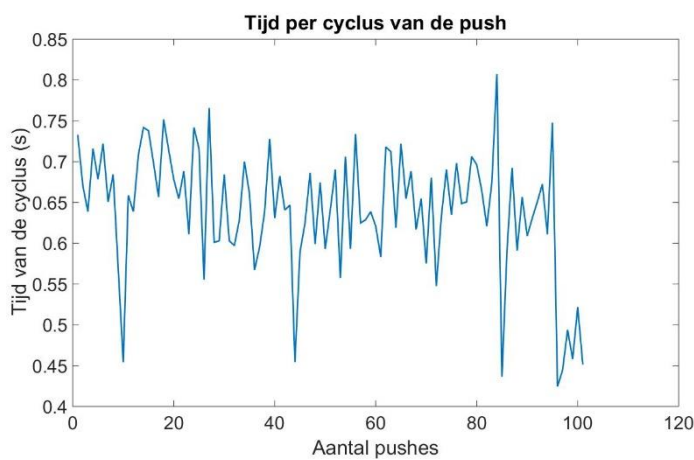
FIGUUR 35 VERSNELLING T.O.V. DE GEREDEN AFSTAND



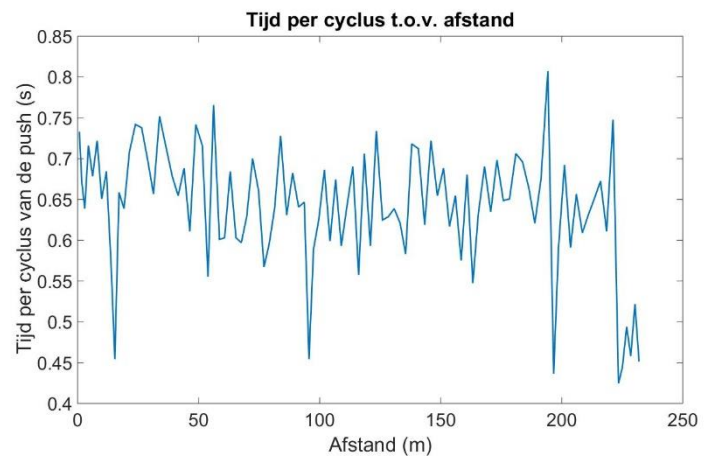
FIGUUR 36 SNELHEID T.O.V. DE AFSTAND MET PIEKDETECTIE



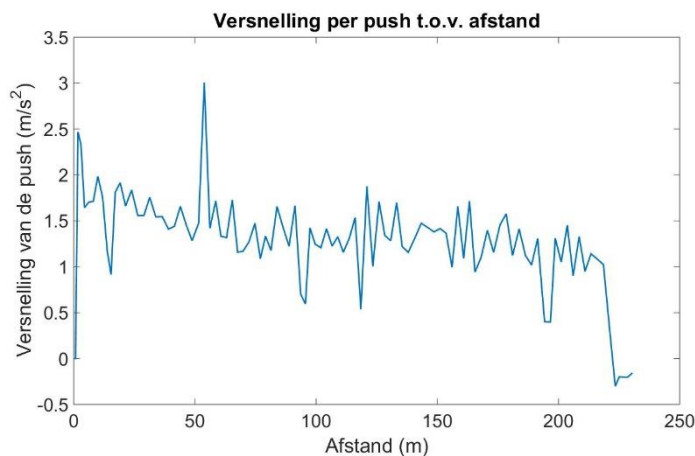
FIGUUR 37 AFSTAND T.O.V. HET AANTAL PUSHES



FIGUUR 38 TIJD PER CYCLUS VAN EEN PUSH



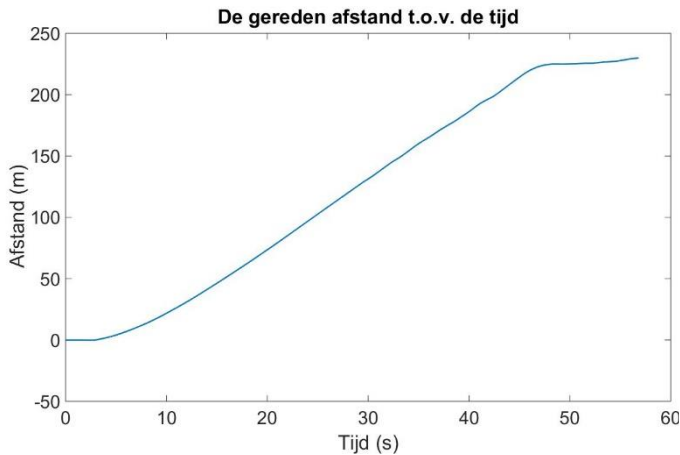
FIGUUR 39 TIJD PER CYCLUS T.O.V. AFSTAND



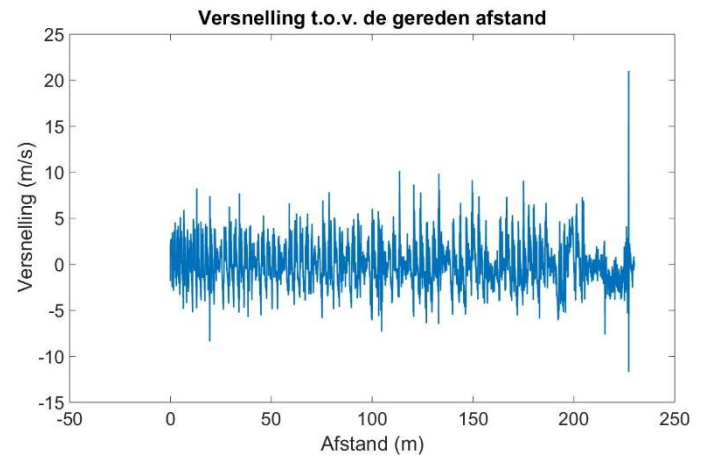
FIGUUR 40 VERSNELLING PER PUSH T.O.V. DE AFSTAND

Sporter 6, 200m

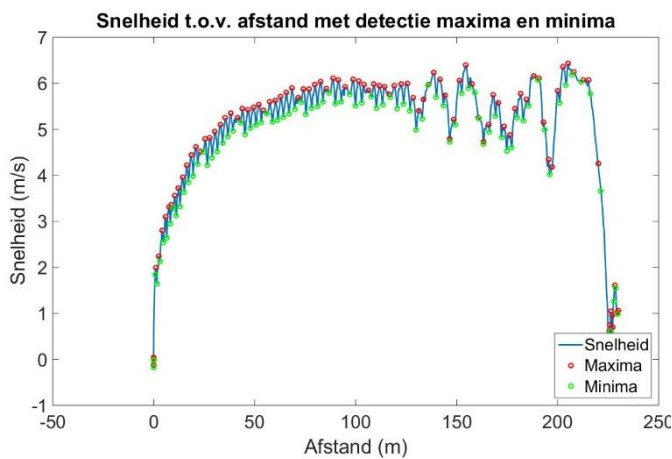
De figuren 41 t/m 47 geven de resultaten van een 200m weer.



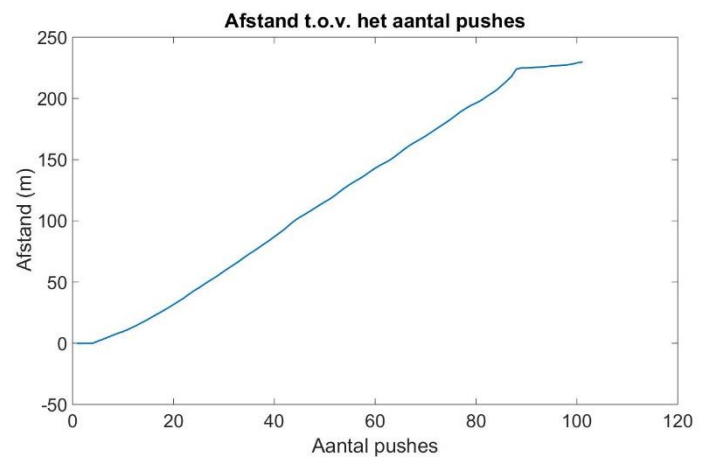
FIGUUR 41 GEREDEN AFSTAND T.O.V. DE TIJD



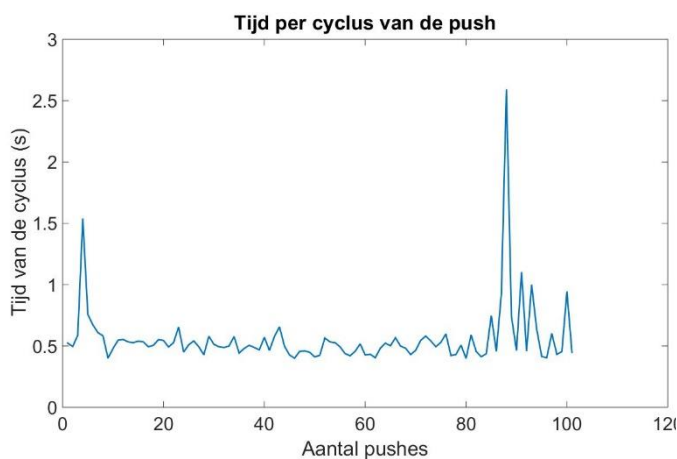
FIGUUR 42 VERSNELLING T.O.V. DE GEREDEN AFSTAND



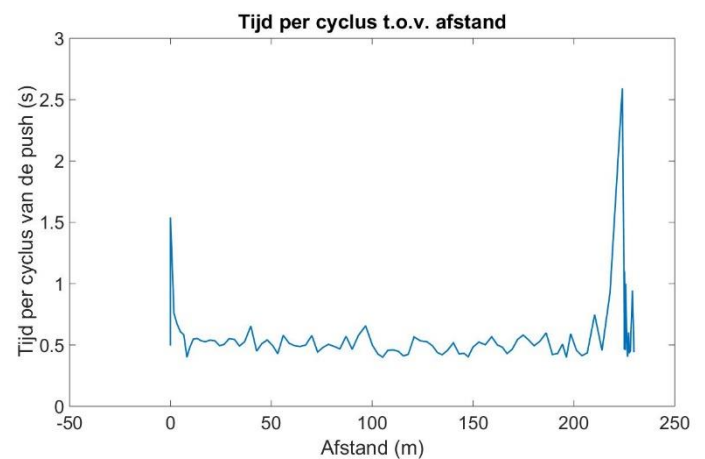
FIGUUR 43 SNELHEID T.O.V. DE AFSTAND MET PIEKDETECTIE



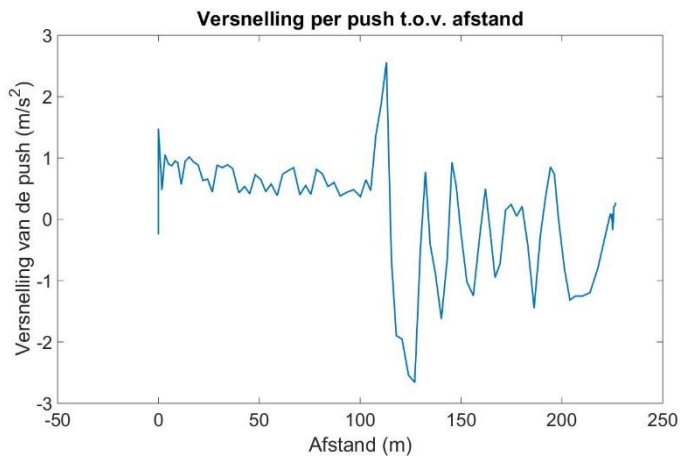
FIGUUR 44 AFSTAND T.O.V. HET AANTAL PUSHES



FIGUUR 45 TIJD PER CYCLUS VAN EEN PUSH



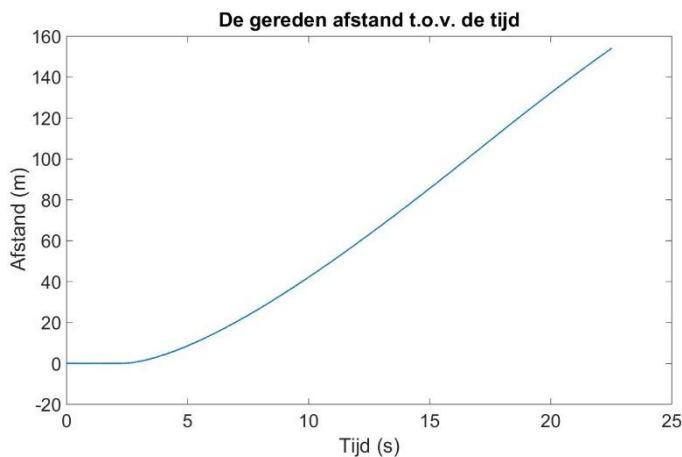
FIGUUR 46 TIJD PER CYCLUS T.O.V. DE AFSTAND



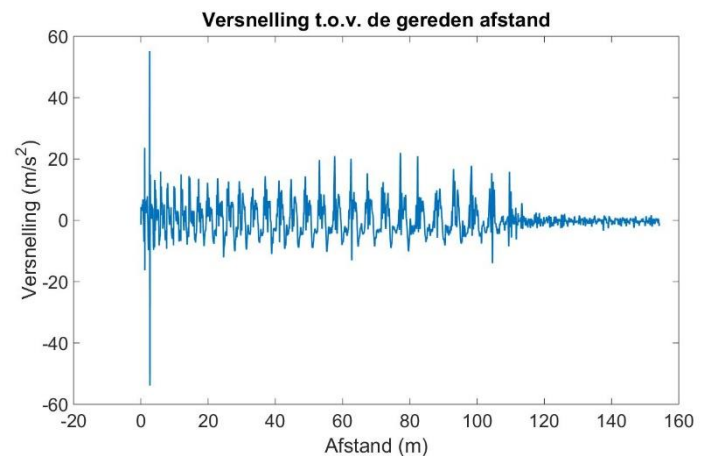
FIGUUR 47 VERSNELLING PER PUSH T.O.V. DE AFSTAND

Sporter 7, 100m

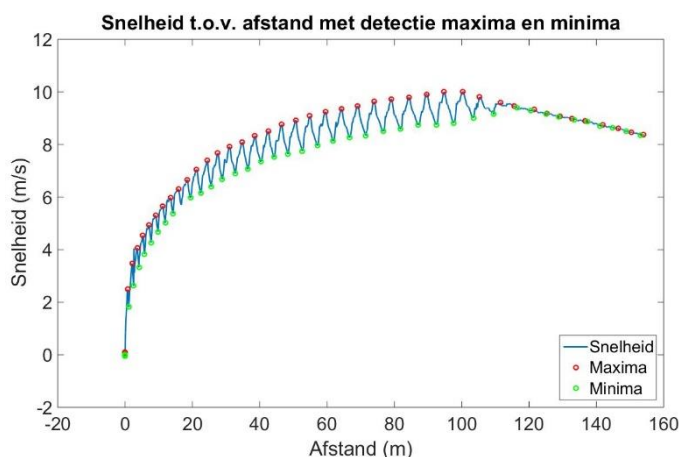
In de figuren 48 t/m 54 zijn de resultaten weergegeven van een 100m.



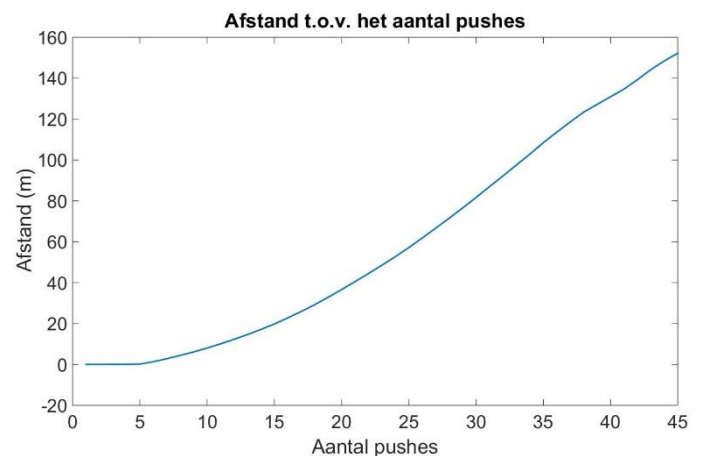
FIGUUR 48 GEREDEN AFSTAND T.O.V. DE TIJD



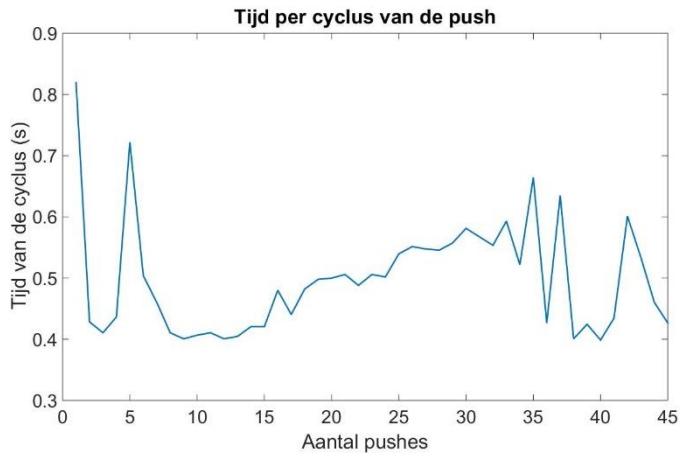
FIGUUR 49 VERSNELLING T.O.V. DE GEREDEN AFSTAND



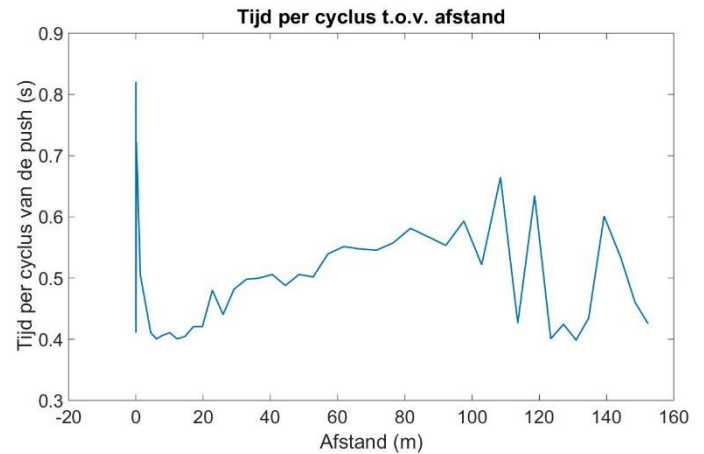
FIGUUR 50 SNELHEID T.O.V. DE AFSTAND MET PIEKDETECTIE



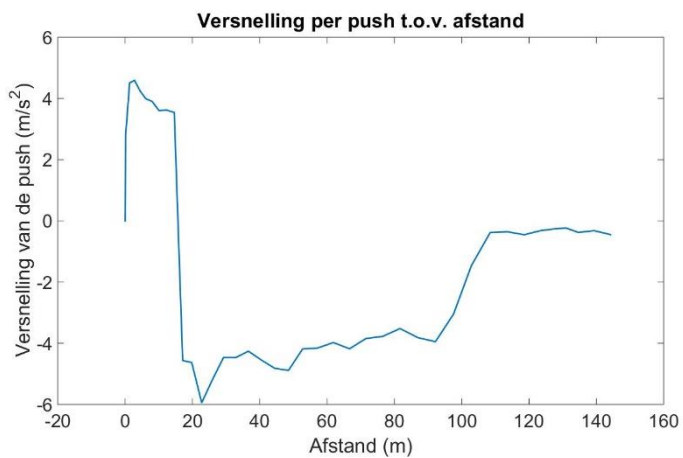
FIGUUR 51 AFSTAND T.O.V. HET AANTAL PUSHES



FIGUUR 52 TIJD PER CYCLUS VAN EEN PUSH



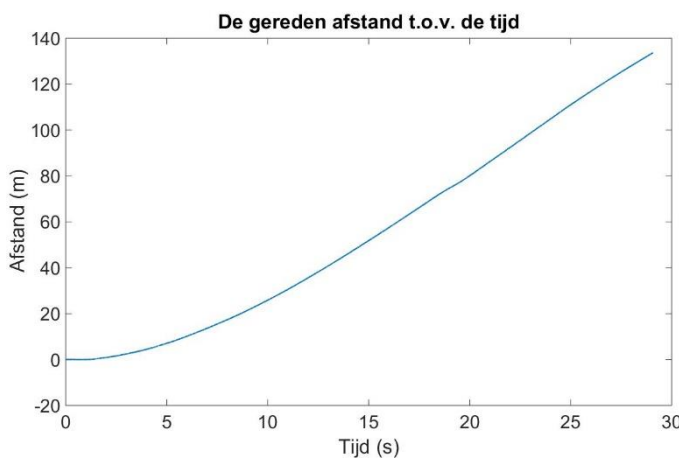
FIGUUR 53 TIJD PER CYCLUS T.O.V. DE AFSTAND



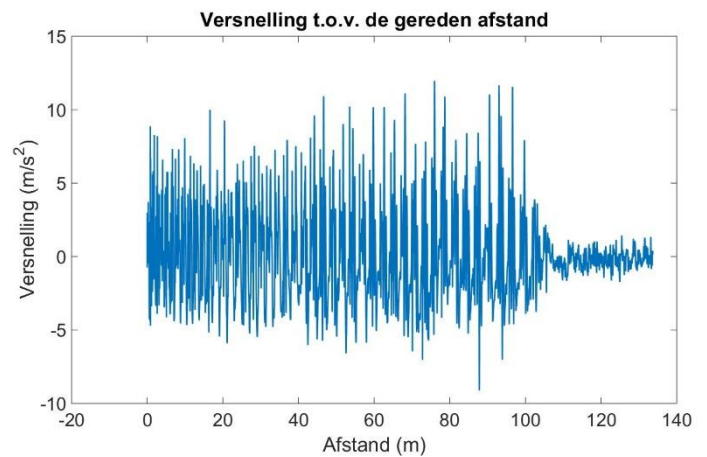
FIGUUR 54 VERSNELLING PER PUSH T.O.V. DE AFSTAND

Sporter 8, 100m (wedstrijd)

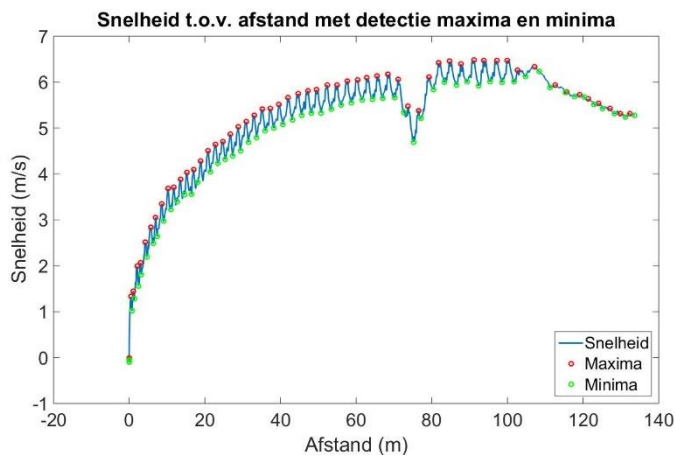
In de figuren 55 t/m 61 zijn de resultaten weergegeven van een 100m tijdens een wedstrijd.



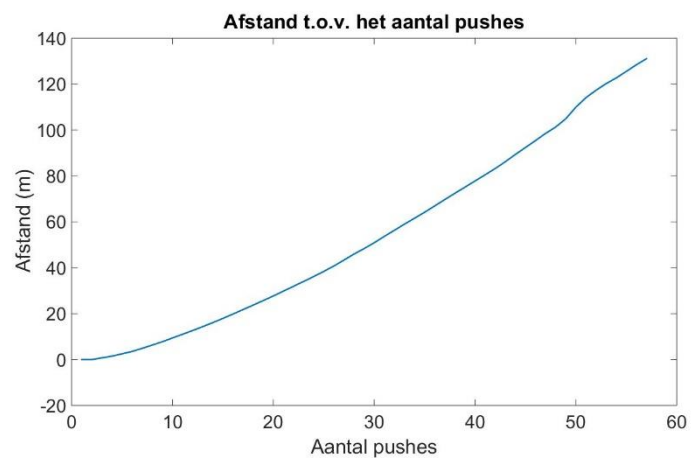
FIGUUR 55 GEREDEN AFSTAND T.O.V. DE TIJD



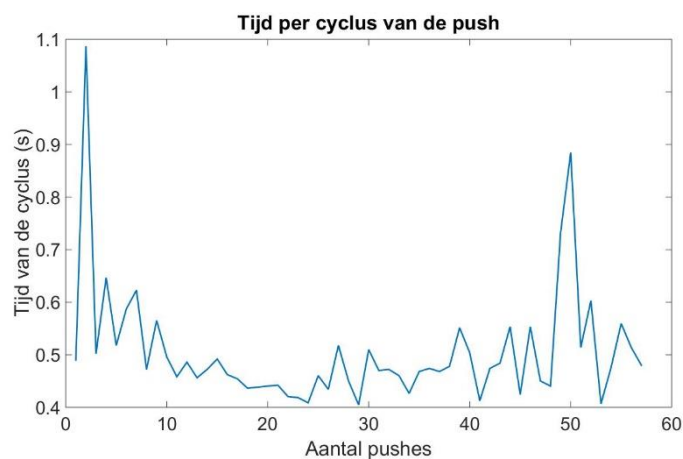
FIGUUR 56 VERSNELLING T.O.V. DE GEREDEN AFSTAND



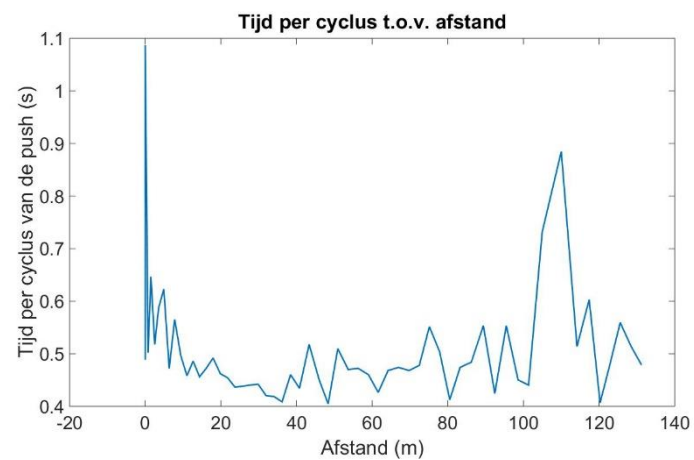
FIGUUR 57 SNELHEID T.O.V. DE AFSTAND MET PIEKDETECTIE



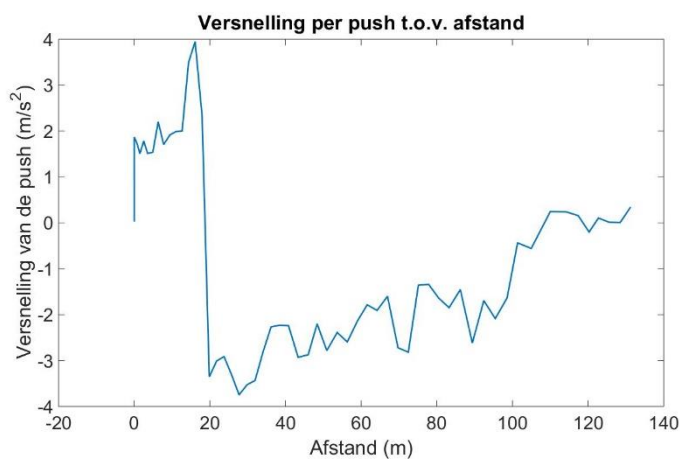
FIGUUR 58 AFSTAND T.O.V. HET AANTAL PUSHES



FIGUUR 59 TIJD PER CYCLUS VAN EEN PUSH



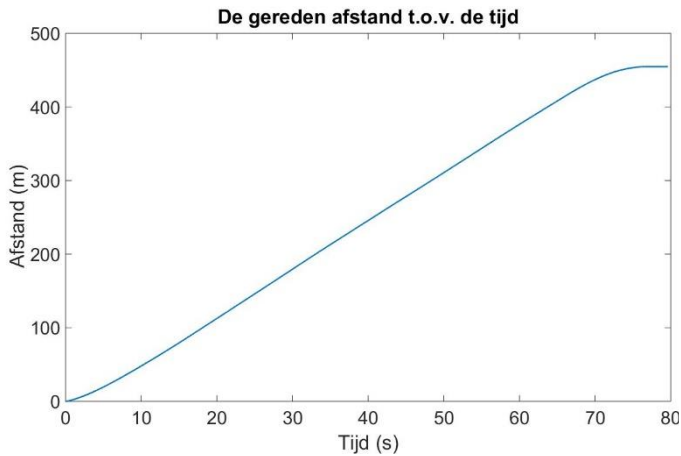
FIGUUR 60 TIJD PER CYCLUS T.O.V. DE AFSTAND



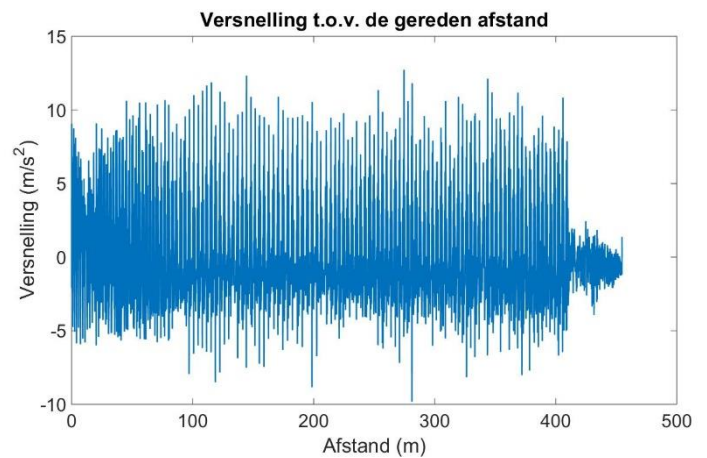
FIGUUR 61 VERSNELLING PER PUSH T.O.V. DE AFSTAND

Sporter 8, 400m

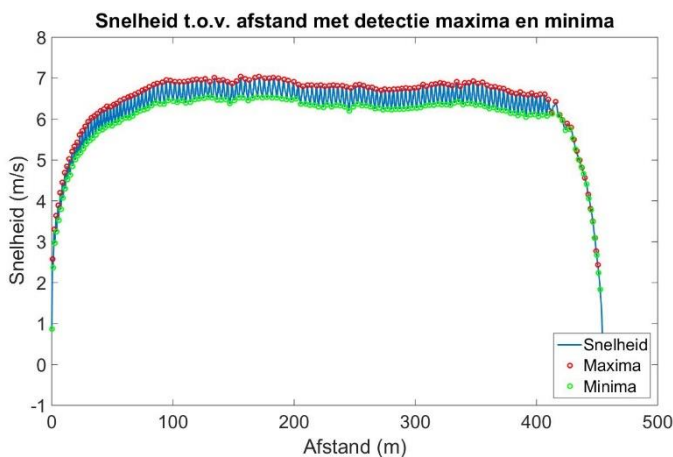
De figuren 62 t/m 68 geven de resultaten van een 400m weer.



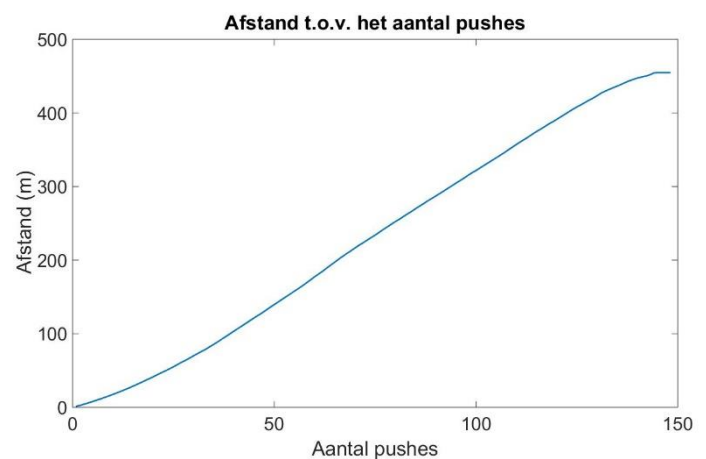
FIGUUR 62 GEREDEN AFSTAND T.O.V. DE TIJD



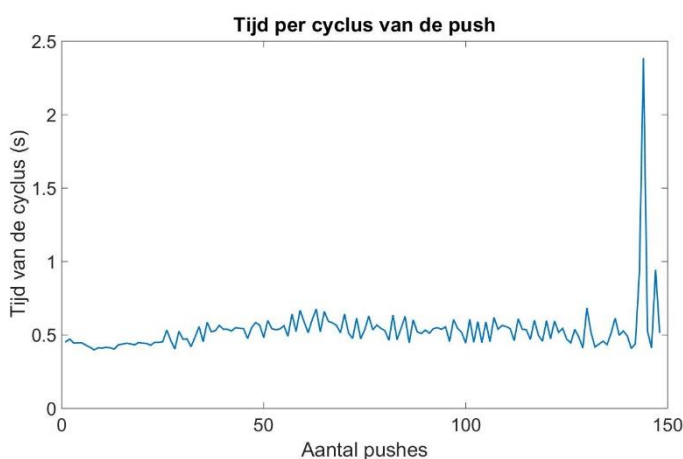
FIGUUR 63 VERSNELLING T.O.V. DE GEREDEN AFSTAND



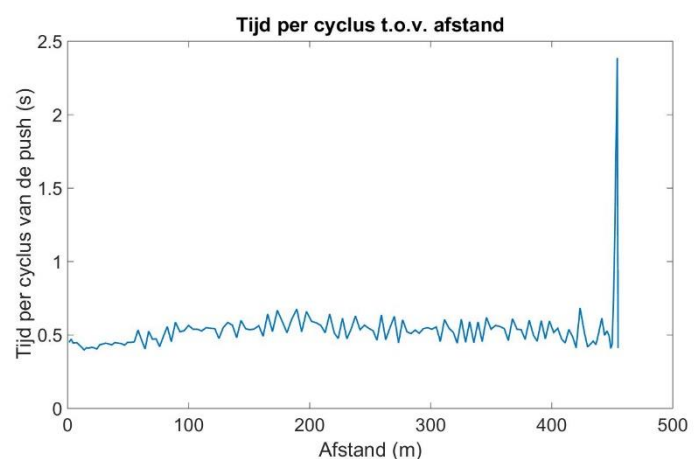
FIGUUR 64 SNELHEID T.O.V. DE AFSTAND MET PIEKDETECTIE



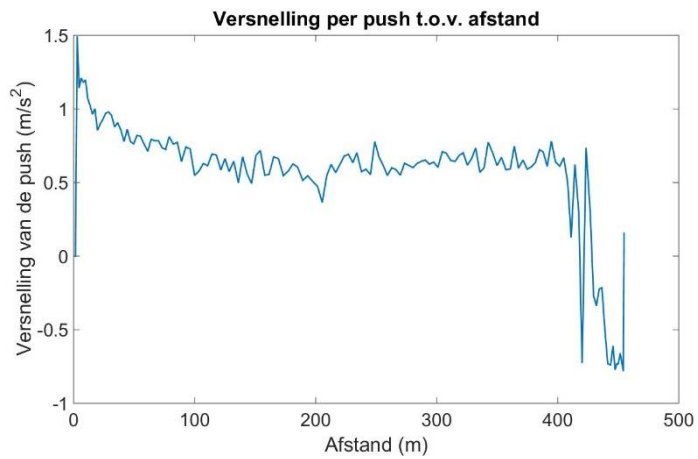
FIGUUR 65 AFSTAND T.O.V. HET AANTAL PUSHES



FIGUUR 66 TIJD PER CYCLUS VAN EEN PUSH



FIGUUR 67 TIJD PER CYCLUS T.O.V. DE AFSTAND



FIGUUR 68 VERSNELLING PER PUSH T.O.V. DE AFSTAND

Bijlage 5: Projectvoorstel

DE ACCELERATIE BIJ DE PUSH VAN WHEELERS

PROJECTPLAN SCRIPTIE

Naam:	Annemiek van den Broek
Studentnummer:	12005932
E-mailadres:	annemiek2301@hotmail.com
Studie:	Bewegingstechnologie
Instelling:	De Haagse Hogeschool te Den Haag
Begeleiders:	Monique Berger Rienk van der Slikke
Datum:	14 maart 2017

Studievoortgang

Behaalde studiepunten in de modules 9 t/m 11	36 punten
Minor Orthopedie	Afgerond
Stage 2 afgerond	Ja
Totaal aantal behaalde vrije studiepunten	27 punten
Openstaande toetsen (+ module)	n.v.t.

Onderwerp

Titel	De acceleratie bij de push van wheelers
Werkveld	Aangepast sporten
Beroepsrol	Onderzoeker
Extern project	Ja
Naam opdrachtgever	Motion Matters
Contactpersoon	Coen Vuijk, coen@motionmatters.nl

Inleiding

Binnen de topsport draait het om één ding: de beste worden in jouw sport. Hierbij zijn nieuwe ontwikkelingen aan de orde van de dag. Onderzoekers proberen een manier te vinden hoe de prestaties geoptimaliseerd kunnen worden. Ook in de sport wheelen is dit een belangrijk punt. Wheelen is een sport waarbij de sporter in een rolstoel zit en waar een klein wiel aan de voorkant bevestigd is. Het wheelen kan zowel op een atletiekbaan als op de weg worden beoefend. Op de baan kan er deelgenomen worden aan de afstanden 100m, 200m, 400m, 800m, 1500m, 5000m en 10000m. Op de weg zijn dit de 5km, 10km, 10 Engelse mijlen, een halve en hele marathon. De atleet wordt ingedeeld in een klasse. De klasse waarin de atleet valt, wordt bepaald aan de hand van de handicap of beperking die hij of zij heeft. Zo betreft de 50+ klasse atleten die rolstoel gebonden zijn (NOC*NSF, 2015).

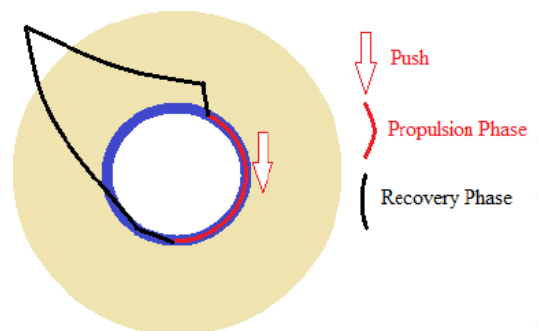
Tegenwoordig kan wat onderzoek betreft steeds meer op technologisch vlak. Er zijn al veel onderzoeken verricht bij het wheelen. In een recensie van een onderzoek van (Cooper, 1990) wordt beschreven wat het belang is van stabiliteit van de sportrolstoel die gebruikt wordt bij het wheelen. Het grootste probleem is bij het maken van bochten. Bij een te hoge snelheid en te weinig stabiliteit is de kans groot dat de rolstoel omvalt. De positie van de gebruiker is hierbij erg van belang om kanteling te voorkomen.

Daarnaast zijn er diverse bewegingsanalyses uitgevoerd bij atleten. In een onderzoek van (Forte, 2015) is er beschreven wat de bewegingen in de verschillende gewrichten zijn voor de voortstuwing van de sportrolstoel. Daarbij is de beweging opgedeeld in vijf fases: het aangrijpen van de hoepel, de aandrijving waarbij er een versnelling door de hand en pols wordt gegenereerd, de herstelfase waarbij er geen contact met de hoepel is, het optrekken van de hand waarbij de elleboog een flexie beweging maakt, en de acceleratiefase waarbij het ellebooggewricht in extensie is en weer gepositioneerd wordt voor het aangrijpen van de hoepel. De totale beweging is weergegeven in figuur 1. De gehele propulsiefase, aangegeven met de rode lijn, loopt van een positie op ongeveer 1 uur tot 6 uur.

Het onderzoek van (Van der Woude, et al., 1988) beschrijft dat de kinematica van de beweging in relatie staat tot de diameter van de hoepel, de snelheid, de werkdruk en de algemene conditie van de atleet. Ook is tijd een belangrijk aspect. Uit het onderzoek blijkt dat de tijd van de verschillende beweegfases geen invloed hebben op de diameter van de hoepel, maar wel in relatie staat tot de snelheid. Uit dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat alle genoemde aspecten invloed hebben op de prestaties die een atleet kan leveren.

Toch is er vandaag de dag nog weinig bekend over de versnellingen die er daadwerkelijk worden gemaakt tijdens het uitvoeren van de beweging. De bondscoach Arno Mul en Coen Vuijk denken dat er veel winst te behalen valt als de gemaakte versnellingen in kaart kunnen worden gebracht. Hierbij gaat het om de versnellingen die worden bereikt bij de push. De versnellingen worden gemeten in de propulsiefase, zie figuur 1. Er wordt onderzocht hoe de versnelling verloopt. Door deze versnelling in kaart te brengen kan er een uitspraak worden gedaan op welk moment de grootste versnelling plaatsvindt en wat er gebeurt met die versnelling bij vermoeidheid. Daarnaast zal er worden gekeken wat de invloeden van techniekaanpassingen en/of veranderingen in de zithouding zijn op de versnellingen. Aan de hand van deze resultaten kan de bondscoach wellicht aanvullingen of aanpassingen doen aan het trainingsschema van de atleet.

Wheelchair Racing Stroke Phases



FIGUUR 2 BESCHRIJVING BEWEGING VOOR VOORTSTUWING BIJ WHEELEN (FORTE, 2015)

De push is een snelle en krachtige beweging. Om de versnellingen goed in kaart te kunnen brengen zal er voor dit onderzoek gebruik worden gemaakt van versnellingssensoren die meten met een hoge frequentie.

Om dit onderzoek juist te kunnen uitvoeren, zullen er vooraf deelvragen worden beantwoord of acties worden ondernomen.

- Wat is er al op de markt qua versnellingssensoren?
- Waar kunnen de versnellingssensoren (Simmers) het beste geplaatst worden?
- Welke parameters zijn van belang bij het meten met versnellingssensoren?
- Bewegingsanalyse van wheelers.
- Hoe is de zithouding in de sportrolstoel?
- Welke apparatuur is nodig om de versnellingssensoren te kunnen uitlezen?
- Hoe wordt de informatie teruggekoppeld aan de gebruiker?

Het doel van dit onderzoek is dat de bondscoach een duidelijk beeld krijgt hoe de versnelling verloopt tijdens de pushbeweging. Arno Mul kan met deze gegevens zien waar het grootste moment plaatsvindt, maar ook wat er gebeurt met de versnelling bij vermoeidheid van de atleten.

De dataverzameling moet op een eenvoudige manier gedaan kunnen worden, waarbij de resultaten van de versnellingen kunnen worden uitgelezen. De resultaten gelijk via bijvoorbeeld een tablet of computer verkrijgen zal geen prioriteit in dit onderzoek hebben, maar wellicht als bijkomend resultaat.

Voor dit onderzoek zijn hypotheses opgesteld met betrekking tot de verwachte resultaten. De hypotheses zijn onderverdeeld in twee onderdelen: één onderdeel over hoe de versnelling in de propulsiefase eruit zal gaan zien en één onderdeel over hoe de data vertaald kan worden richting de bondscoach en atleet.

1. Versnelling in propulsiefase

1. De versnelling vlak na het aangrijpen van de handschoen aan de hoepel zal de grootste waarde geven.

Bij het begin van de propulsiefase wordt de romp ingezet wat bijdraagt aan meer krachtlevering en dus een hogere versnelling. Het aangrijpen van de handschoen zorgt voor een vertraging, omdat er sprake is van een weerstand. Daarom zal de grootste versnelling vlak na het aangrijpen zijn.

2. De versnelling aan het einde van de propulsiefase zal een hogere versnelling vertonen in vergelijking met halverwege deze fase.

Aan het einde van de propulsiefase wordt er een extra slag met de pols gemaakt. Dit zorgt naar alle waarschijnlijkheid voor deze hogere versnelling.

2. De versnellingen bij het van start gaan zal hogere waardes geven, dan halverwege de afstand die gereden wordt.

De verklaring hiervoor kan zijn dat er makkelijker kracht kan worden overgebracht, omdat de beweging nog rustig plaatsvindt. Bij hogere (contractie) snelheden wordt er minder kracht geleverd en zal er dus minder versnelling plaatsvinden.

3. Er worden hogere versnellingen gehaald bij een klein frontaaloppervlak.

De zithouding levert een bijdrage aan het frontaaloppervlak. Hoe meer de atleet zijn romp naar voren houdt, hoe kleiner het frontale oppervlak en dus minder luchtweerstand.

4. De versnellingen in de propulsiefase zullen het meest optimaal zijn bij de positie van de handen op 1 en 6 uur.

Bij de positie van de handen op 1 uur kan de atleet zijn romp inzetten en blijft het frontaaloppervlak klein. Ook is deze positie gunstig voor krachtlevering, omdat de atleet de kracht schuin naar beneden kan richten, in de richting van de hoepel. Op een positie van 12 uur zou deze push naar voren gericht zijn. De atleet zou bij deze positie zijn romp iets naar boven moeten brengen, wat een groter frontaal oppervlak oplevert.

Ook wordt verwacht dat het loslaten van de hoepel op een positie van 6 uur gunstig is, omdat de armen dan de volledige lengte van de armen kunnen benutten. Dit kan voordelig zijn, omdat hierbij een grote momentsarm gegenereerd wordt.

2. Data wordt vertaald richting de bondscoach en atleet.

De verkregen data in versnelling (m/s^2) zal worden vertaald naar kracht (N).

1. Bij een toename in de versnelling zal er een toename in kracht zijn.

De relatie tussen de versnelling en kracht is te verklaren met de tweede wet van Newton: $a = \frac{F}{m}$. Bij een toename in kracht, waarbij de massa hetzelfde blijft, zal de versnelling toenemen.

Projectorganisatie

In samenwerking met het bedrijf Motion Matters zal dit onderzoek gestart worden. Er zal begeleiding zijn van Coen Vuijk en de bondscoach van de wheelers Arno Mul. Daarnaast zijn er twee begeleiders van de Haagse Hogeschool, Monique Berger en Rienk van der Slikke.

Methode

Allereerst zal er antwoord gegeven moeten worden op de opgestelde deelvragen. Na contact met Rienk van der Slikke is er besloten om te gaan werken met Simmers. Dit zijn sensoren waarin een gyroscoop, versnellingssensor en magnetometer in verwerkt zit. Alleen de gyroscoop en versnellingssensor zijn van belang bij dit project. De Simmers kunnen op een hoge frequentie meten. Voor dit project zullen de Simmers op een frequentie van 500 Hz meten.

Om het doel van dit onderzoek te bereiken zal er worden gekeken naar een aantal parameters:

- Beweging van de push
- Positie van de handen op de hoepels
- Zithouding
- Snelheid
- Tijd
- Versnelling

Voor het analyseren van de beweging zal er gebruik worden gemaakt van videomateriaal waarbij de atleet de pushbeweging uitvoert. Dit videomateriaal is al in handen van de bondscoach. Arno Mul heeft hier toegang tot gegeven. De huidige posities van de handen op de hoepel kunnen met deze video's bepaald worden. De positie kan worden getrackt via het programma Kinovea, waarnaar er data wordt verkregen van de coördinaten van de hand. Ook kan de zithouding van de atleten worden geanalyseerd. Bij de zithouding in de sportrolstoel bij het wheelen zijn de billen van de atleet ondersteund, zijn de onderbenen onder de zitting gevouwen en is de romp geheel naar voren gebogen. Hierbij is het van belang dat de gehele onderste extremiteit gefixeerd is in de sportrolstoel, zodat de atleet een gesloten keten vormt met de sportrolstoel en daardoor meer kracht kan leveren.

Bij de pushbeweging is duidelijk te zien dat er aan het einde van de propulsiefase een extra slag wordt gegeven door de pols.

Na de bewegingsanalyse wordt er bepaald wat de meest gunstige positie van de Simmers zijn om de versnellingen bij de atleten te kunnen meten. Er zal worden gewerkt met drie Simmers, zodat er, van zowel de rechter als linker aandrijving, een uitspraak gedaan kan worden over de versnellingen. Ook zal er een sensor worden geplaatst op de sportrolstoel, zodat er een uitspraak gedaan kan worden over de versnelling van de sportrolstoel zelf en de snelheid die de atleet bereikt.

Er zal tijdens de metingen gebruik worden gemaakt van de Simmers en videomateriaal. De video zal op een frequentie van 120 Hz meten. Door het gebruik van videomateriaal, naast de Simmers, kan er precies gekeken worden hoe het verloop van de versnelling ten opzichte van de pushbeweging is. Er zal onder verschillende condities worden gemeten. Allereerst wordt er gemeten waarbij de gebruiker een recht stuk aflegt zonder bochten en waar er geen hobbels of andere obstakels in zitten. De afstand die hiervoor wordt afgelegd is ongeveer honderd meter. Als tweede conditie zullen de versnellingen bepaald worden bij verschillende posities van de handen op de hoepels. Wat is het meest optimale aangrijppunt en punt van loslaten? Er zal worden geëxperimenteerd op drie punten voor het aangrijpen: 1, 2 en 3 uur en drie punten voor het loslaten: 5, 6, en 7 uur. Elke positie voor aangrijpen wordt gecombineerd met elk punt van loslaten. Daarnaast zal ook de invloed van de zithouding op de versnellingen worden bepaald. Hierbij moet gedacht worden wat de rompinzet en/of frontaaloppervlak bedragen aan de optimalisatie van de versnellingen. Er wordt gekeken of veel rompinzet optimaler is dan weinig rompinzet.

De metingen zullen allereerst uitgevoerd worden bij amateur sporters. Er moet een goed beeld gevormd worden wat de versnellingen zijn bij deze proefpersonen en deze in kaart gebracht hebben, voordat er getest wordt bij de atleten. Dit zal in een later stadium van het onderzoek gedaan worden.

Er wordt getest met minimaal acht proefpersonen, zodat er een toets van betrouwbaarheid op de metingen kan worden uitgevoerd.

De Simmers en het videomateriaal worden via een computer uitgelezen. De data die hieruit voortkomt zal met behulp van het programma Matlab geanalyseerd worden. Eerst wordt de data en het videomateriaal met elkaar genormaliseerd, omdat er met een verschillende frequentie is gemeten. Er wordt een Matlab script geschreven die gemakkelijk in gebruik is en waar de bondscoach wellicht ook mee kan werken. Na het runnen van het script zal er in Matlab de versnellingen per push weergegeven worden aan de hand van een getal. Per push zijn dit drie getallen: één waarde wanneer de atleet zijn handen op de hoepel plaatst en kracht zet (push a), één waarde als de atleet de hoepel verlaat (push b), en één waarde die de grootste versnelling tijdens de push aangeeft.

Vervolgens worden in één figuur drie lijnen geplott. Lijn 1 zullen alle waardes van push a zijn, lijn 2 alle waardes van push b en lijn 3 zal het gemiddelde van push a en b samen zijn.

De verkregen waarden worden uiteindelijk omgezet naar kracht, zodat de atleet een terugkoppeling krijgt waarmee hij/zij het wheelen kan optimaliseren.

Ook zal er gekeken worden of de versnellingen die er gemaakt worden reëel zijn voor de snelheid die er gemaakt wordt voor een bepaalde tijd en afstand. De snelheid wordt bepaald uit de gegevens van de gyroscoop die in de Simmers verwerkt is. Mochten de versnellingen geen reële waardes geven, dan zal het onderzoeksproces nogmaals doorlopen worden en aangepast worden waar nodig is.

De resultaten uit het onderzoek zullen worden getest op validiteit, nauwkeurigheid en betrouwbaarheid. Dit zal gedaan worden met behulp van het programma SPSS. Hierbij zullen de versnellingen van het begin- en eindpunt van de push en de maximale versnelling van de pushes uit

worden gezet tegen de verschillende sporters. Op deze manier kan bepaald worden of het onderzoek valide, nauwkeurig en betrouwbaar is. De toetsen die hiervoor gebruikt worden zijn de ANOVA en ICC toets.

Voorlopige literatuurlijst

Cooper, R. (1990). Wheelchair racing sports science: a review. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 295-312.

Forte, P. B. (2015). Technologic Appliance and Performance Concerns in Wheelchair Racing - Helping Paralympic Athletes to Excel. In *New Perspectives in Fluid Dynamics* (pp. 101-104). Portugal.

NOC*NSF. (2015). Lekenhandleiding Classificatie. *NOC*NSF*.

Van der Woude, L., Veeger, H., Rozendaal, R., Van Ingen Schenau, G., Rooth, F., & Van Nierop, P. (1988). Wheelchair racing: Effects of rim diameter and speed on physiology and technique. *Med Sci Sports Exerc*, 492-500.

Planning

Datum	Actie
Week 11 (13-03 t/m 17-03) Woensdag 15 maart	- Presentatie projectplan - Feedback op projectplan verbeteren
Week 12 (20-03 t/m 24-03)	- Werking Simmers, videomateriaal - Contacten amateursporters voor metingen
Week 13 (27-03 t/m 31-03)	- Test meting met Simmers en video - Analyseren data en video
Week 14 (03-04 t/m 07-04)	- Matlab script schrijven - Metingen bij amateursporters - Analyseren data en video
Week 15/16 (10-04 t/m 21-04)	- Matlab script optimaliseren
Week 17 (24-04 t/m 28-04)	- Verslag schrijven - Inleiding, aanpak/methode
Week 18 (01-05 t/m 05-05)	- Metingen voorbereiden Papendal
Week 19 (08-05 t/m 12-05)	- Metingen bij atleten Papendal - Uitwerken data
Week 20 (15-05 t/m 19-05)	- Terugkoppeling naar Arno en Coen - Verslag uitwerken
Week 21 (22-05 t/m 26-05)	- Verslag uitwerken
Week 22 (29-05 t/m 02-06) Maandag 29 mei Donderdag 1 juni Vrijdag 2 juni	- Inleveren 0-versie scriptie - Bespreking begeleiders - Afronding (vrije) studiepunten

Week 23 (05-06 t/m 09-06)	- Feedback verwerken scriptie
Week 24 (12-06 t/m 16-06) Woensdag 14 juni voor 13.00 uur	- Inleveren definitieve scriptie
Week 25 (19-06 t/m 23-06)	- Voorbereiden verdediging - Presentatie maken
Week 26 (26-06 t/m 30-06)	- Eindgesprekken afstuderen

Bijlage 6: Persoonlijke leerdoelen

Bewegingsanalyse (B1)

1. Data verkregen uit de bewegingsregistratie zelfstandig kunnen analyseren met behulp van het programma Matlab.

De data die ik heb verkregen uit de bewegingsregistratie heb ik deels zelfstandig kunnen analyseren met behulp van het programma Matlab. Tijdens mijn onderzoek ben ik tegen een aantal problemen aangelopen in het programma waar ik zelf niet uitkwam. Door hulp van anderen is het gelukt om die problemen op te lossen.

2. Oorzaken voor de verkregen resultaten kunnen onderbouwen aan de hand van de conditie waaronder gemeten is.

Grotendeels kan ik de oorzaken van de verkregen resultaten onderbouwen aan de hand van de condities waaronder gemeten is. Echter zijn er ook resultaten naar voren gekomen waarbij mij dit niet gelukt is. Als ik het Matlab script en de data per frame bekijk, kan ik niet altijd verklaren waarom een bepaalde figuur zo'n resultaat geeft. Dit is bijvoorbeeld het geval bij sporter 7 en 8 wanneer zij een negatieve versnelling vertonen terwijl de snelheid nog toeneemt.

Testen en Onderzoeken (B3)

1. De juiste literatuur kunnen opzoeken door middel van scannend lezen, zonder alles eerst te lezen en/of te vertalen.

De juiste literatuur opzoeken door middel van scannend lezen gaat mij vrij aardig af. Er zijn wel momenten dat ik een groter gedeelte van het artikel moet lezen om te zien of het bruikbaar is voor mijn onderzoek.

2. Engelse leesvaardigheden verbeteren, zodat ik binnen vijf minuten kan bepalen of de literatuur geschikt is of niet.

Mijn Engelse leesvaardigheden zijn gedurende de afgelopen jaren verbeterd. Ik kan sneller beoordelen of de literatuur voor mijn onderzoek geschikt is.

3. Het zelfstandig kunnen uitvoeren van een onderzoek en de resultaten op een duidelijke en overzichtelijke manier naar het externe bedrijf kunnen opleveren.

Deze periode heb ik laten zien dat ik grotendeels een onderzoek zelfstandig kan uitvoeren. De metingen heb ik zelfstandig uitgevoerd, maar de feedback en/of tips van mijn begeleiders hebben mij hierin wel geholpen.

De resultaten zijn op een duidelijke en overzichtelijke manier weergegeven, zodat men begrijpt wat er in de figuren bedoeld wordt.

Initiatief

1. Binnen een project meer overleggen met betrokkenen van het project hoe de stand van zaken is, ook als het project loopt zoals gewenst.

De terugkoppeling naar betrokkenen hoe de stand van zaken is van het project is vrij goed gegaan. Ik heb alle partijen (twee)wekelijks op de hoogte gehouden van mijn voortgang. Aan het einde van het project bleek uiteindelijk toch nog wat onduidelijkheid te zijn ontstaan over de verkregen resultaten. Deze feedback neem ik mee, zodat ik dit in een volgend onderzoek duidelijker communiceer.

Reflectie

1. Kritisch naar mijn eigen werk kijken en punten verbeteren die aangescherpt kunnen worden.

Gedurende dit schooljaar en deze scriptie ben ik kritischer naar mijn eigen werk gaan kijken. Ik probeerde vooraf de punten aan te scherpen waar mijn begeleiders wellicht vragen over gaan stellen. Echter blijven er altijd punten waar ik aan kan werken. Zo moet ik proberen bepaalde zaken kort en bondiger op papier te zetten.