

Sportslapp as a service: Cycling

De ontwikkeling van een framework van dynamische analyse tool voor
wielrenners



Student	Thomas Vos 19109636@student.hhs.nl
Studentnummer	19109636
Onderwijsinstelling	De Haagse Hogeschool
Opleiding	Mens en Techniek Bewegingstechnologie
Faculteit	Gezondheid, voeding en sport
Docentbegeleider	Daniël van Leeuwen d.m.vanleeuwen-1@hhs.nl Manon Kessels m.l.c.kessels@hhs.nl
Afstudeerbegeleider	Maarten Gijssel Mpe.gijssel@kinetic-analysis.com
Opdrachtgever	Kinetic Analysis B.V.
Locatie	Claudius Prinsenlaan 12, Breda

Voorwoord

Beste lezer,

Deze afstudeerscriptie gaat over het tot stand komen van het afstudeerproject om de opleiding Mens en Techniek | Bewegingstechnologie (BT), aan de Haagse Hogeschool, af te ronden. De periode waarin dit afstudeerproject is afgerond heeft een looptijd van 16 weken gehad. In deze periode is gewerkt aan een opdracht vanuit het bedrijf Kinetic Analysis B.V. Deze rapportage is dan ook geschreven voor het eerdergenoemde bedrijf, voor de docenten van de opleiding en geïnteresseerde die willen lezen over het ontwerp bewegingsanalyse en feedback.

De rapportage bestaat uit een verslaglegging van de afgelopen afstudeerperiode waarin gewerkt is aan een ontwikkelproject voor Kinetic Analysis B.V. te Breda. Dit ontwikkelproject heeft bestaan uit het ontwikkelen van een framework voor een dynamische analyse tool voor wielrenners. Het doel van deze analyse tool is om de prestatie van een wielrenner te verbeteren ongeacht het niveau. Aan de hand van deze rapportage zou een werkende applicatie ontwikkeld kunnen worden. Verder kan deze rapportage dienen als informatiebron voor vergelijkbare (afstudeer/stage) projecten.

Tot slot een dankwoord aan de opdrachtgevers, Maarten Gijssel en Brian Kortekaas, ook dank aan de afstudeerbegeleiders, Daniël van Leeuwen, Hester van der Sloot, Jorine Koopman en Manon Kessels voor begeleiding in dit project in welke mate dan ook. Verder wil ik de andere betrokkenen bedanken zoals de collega's van Kinetic Analysis B.V. en studiegenoten voor ondersteuning binnen dit afstudeerproject.

Graag wil ik u veel leesplezier wensen bij het lezen van deze afstudeerscriptie.

Thomas Vos

Den Haag, juni 2023

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
1. Inleiding	4
2. Analysefase.....	6
2.1 Wat is de ideale houding om de meest gebruikte spieren maximaal te gebruiken, voor het verbeteren van de prestatie?	6
2.2 Wat zijn parameters waarbij rekening gehouden moet worden tijdens bikefitting, voor prestatie verbetering?	10
2.3 Bij welke trapfrequentie kan het meeste vermogen geleverd worden tijdens het wielrennen?	12
2.4 Wat is een ideale plaatsing van sensoren op segmenten voor een bewegingsanalyse?	12
2.5 Wat is het effect van de positie van de romp op de prestatie tijdens het fietsen?	15
2.6 Welke vorm van feedback is gewenst om de fietshouding aan te passen?	17
2.7 Onderzoek naar visuele en auditieve feedback	18
2.8 Marktanalyse	18
3. Userstories.....	19
4. Totale lijst van eisen en wensen.....	20
5. Ontwerpfase	21
5.1 Sprint 1	21
5.2 Sprint 2	24
5.3 Sprint 3	29
6. Eindontwerp	31
7. Evaluatie en toetsing van het eindontwerp	32
8. Discussie	34
9. Conclusie	37
10. Literatuurlijst	38
Bijlage 1 - interviews	41
Bijlage 2 – vragenlijst.....	46
Bijlage 3 – flow 1 ^e sprint.....	49
Bijlage 4 – Flow 3 ^e sprint/eindontwerp.....	52
Bijlage 6 – Planning project	57
Bijlage 7 – Planning sprints.....	58

Samenvatting

Kinetic Analysis B.V. voert uitgebreide bewegingsanalyses uit bij atleten uit verschillende sporten zoals, atletiek en hockey. Deze analyses worden gedaan aan de hand van inertial measurement units (IMU's), hierdoor kan de bewegingsuitslag van gewrichten van een atleet gemeten worden. Door dit in kaart te brengen kan er een advies gegeven worden hoe een atleet de prestatie kan verbeteren. Voor wielrennen bestaat er nog geen dergelijke analyse, ondanks dat wielrennen een grote sport in Nederland is. Vanuit Kinetic Analysis B.V. is dan ook de vraag ontstaan om een framework te maken voor een dynamische analyse tool voor wielrenners.

Tijdens de analysefase is bepaald welke (lichamelijke) parameters het meeste invloed hebben op de prestatie tijdens het wielrennen. Deze parameters omvatten de romphoek, voetoriëntatie, range of motion van de heup, de kniehoek en de trapfrequentie. Er is tijdens deze fase ook gekeken hoe er het beste feedback gegeven kan worden, aan de gebruiker, over de onderzochte parameters. Verder is er marktonderzoek gedaan om te bepalen wat de grootte van de gebruikersgroep zou kunnen zijn. Door dit te doen is er steeds beter duidelijk geworden welke functies de analysetool nodig heeft. Een andere manier om gebruikers in kaart te brengen is doormiddel van een vragenlijst, welke door 28 wielrenners is ingevuld. Door de vragenlijst en het verdere onderzoek zijn er userstories ontstaan. De userstories zijn onderverdeeld in sporter, expert (trainer, coach, consultant) en product owner (deze is ontstaan door gesprekken met de opdrachtgever). Aan de hand van de userstories en de gevonden parameters samen te voegen zijn er eisen en wensen voor het ontwerp ontstaan.

Het framework voldoet volledig aan de eisen, het grootste deel van de wensen zijn verwerkt in het framework. Voor het vervolg zijn er een aantal mogelijke verbeteringen opgesteld. Hierbij gaat het om bijvoorbeeld bepaling van de luchtweerstand. Ook zou er iets gedaan kunnen worden met een exacte voetoriëntatie voor het leveren van het meeste vermogen. Verder zou de heuphoek beter gedefinieerd kunnen worden aan de hand van de romppositie. Er is ondanks de verbeterpunten is te concluderen dat er een framework opgezet is wat voldoet aan de doelstelling van dit ontwikkelproject.

1. Inleiding

In Nederland beoefenen 1,5 miljoen mensen een wielersport ("Wielersport monitor, 2020)". Voor 60% van die populatie is wielrennen de 'favoriete sport'. Tijdens het wielrennen is een goed ingestelde wielrenfiets belangrijk om een gewenste houding aan te nemen om de prestatie te verbeteren. Er zijn verschillende manieren om een fiets zelf in te stellen. Allereerst is de keuze van de maat van het frame van belang. Voor methodes voor het zelf instellen van de fiets kan gedacht worden, aan de Holmes static method, "Heel" method of de 109% method (Vastbinder, 2022). Er zijn individuen die hun fiets hebben laten instellen door een professional. Dit wordt ook wel bikefitting genoemd. Bikefitting is een proces waarbij de wielrenfiets wordt ingesteld op de wielrenner. Het bikefitten is een proces dat door experts gedaan wordt en kan daarom duur zijn. Ook is dit een proces wat lang kan duren. Hierdoor is het proces niet voor elke wielrenner toegankelijk. Doordat bikefitting niet voor iedere wielrenner toegankelijk is, kan het zijn dat de wielrenner niet de volledige potentie van de gewenste prestatie kan bereiken.

Het doel van het bikefitten kan zijn om meer comfort te bieden, prestatie te verbeteren en als blessurepreventie voor de wielrenner ("Bike Fit", z.d.).

Als er naar bikefitting gekeken wordt met als doel het verbeteren van de prestatie zegt het onderzoek van Too (1990) dat er gekeken zal moeten worden naar verschillende gewrichtshoeken. Aan de hand van deze gewrichtshoeken kan er een kinematische analyse gemaakt worden tijdens het wielrennen op de weg. Uit het artikel van Millour et al (2022) blijkt dat de meeste bikefittings via kinematische analyses, door middel van bewegingsanalyse, worden gedaan. Ook zegt het artikel dat een kinematische analyse goed gebruikt kan worden bij testen of analyses in het veld, aangezien er dan meerdere variabelen een rol spelen in de analyse.

Tijdens bikefitting wordt er gekeken naar verschillende aanpassingen van de fiets. Een aanpassing van de zithoogte kan effect hebben op de prestatie, range of motion (ROM) en spieractiviteit. Gemeten gewrichtshoeken en lichaamssegmenten met betrekking tot wielrennen zijn de kniehoek, heuphoek, enkelhoek, en de oriëntatie van de romp. Een grotere of kleinere ROM kan invloed hebben op de spieractiviteit. Volgens het onderzoek van Swart en Holliday (2019) kunnen bijvoorbeeld verschillende kniehoeken gebruikt worden om de verschillende doelen te bereiken. Voor blessurepreventie wordt gesuggereerd dat de zadel instelling moet leiden tot een flexie kniehoek tussen de 25 en 30 graden (volledige extensie in dit geval in 0 graden, moment van flexie geeft de graden weer). De focus van dit ontwikkelproject ligt meer op het verbeteren van de prestatie van de wielrenner. Volgens het artikel van Millour et al. (2019) is het zo dat het zadel ingesteld moet worden zodat de kniehoek tussen de 33 en 43 graden is bij het laagste punt van de crank, om maximaal vermogen te kunnen leveren. De zithouding binnen het wielrennen is, buiten de instelling van de fiets, de basis om vermogen te leveren. Om een juiste houding aan te nemen moeten segmentlengtes van de individu bekeken worden. Volgens het onderzoek van De Vey Mestdagh (1998) is antropometrische data een belangrijke factor om een juiste houding aan te nemen om een grotere kracht te genereren maar ook om blessures te voorkomen. Het artikel suggereert dat de lengte van de femur bijvoorbeeld een belangrijke factor is om de ROM van de heup te bepalen.

Een wielrennen heeft zelf ook invloed op het verbeteren van de prestatie. Volgens het onderzoek van de Groot et al. (1994) zijn de bi-articulaire spieren het meest actief tijdens het fietsen. Dit onderzoek suggereert dat er bij een recht opzittende positie er meer kracht geleverd kan worden dan bij een "prone" oriëntatie. Het onderzoek van Turpin en Watier (2020) heeft als aanvulling op het bovenstaande gegeven dat de kracht levering bepaald wordt door de vrijheidsgraden van de

gecombineerde gewrichtshoeken van de onderste extremiteit en de oriëntatie van de romp. Zo kan de vermogenslevering variëren bij een verschillende oriëntaties van de romp aangezien dit invloed heeft op kracht-lengte relatie van de onderste extremiteit. Bijvoorbeeld, als de romp meer in een rechtop georiënteerde positie staat, kan er meer vermogen geleverd worden op het pedaal. Deze oriëntatie van de romp zorgt echter voor een minder aerodynamische zithouding. Er moet als het om prestatie draait goed gekeken worden wat het doel van de prestatie is en welke invloed luchtweerstand heeft. Op het moment dat een wielrenner een lagere positie wil aannemen tijdens het fietsen, om de luchtweerstand te verminderen, moet dit lichamelijk wel mogelijk zijn. Wanneer een wielrenner meer hamstring flexibiliteit heeft zal het eenvoudiger zijn lumbaal te flecteren. Door deze bewegingsvrijheid kan de wielrenner een meer aerodynamische houding aannemen en vice versa. (Holliday en Swart, 2021)

Een bikefitting wordt veelal in een statische positie uitgevoerd. Het laten bikefitten van een fiets is een nauwkeurige procedure en wordt in klinische omstandigheden uitgevoerd. Deze omstandigheden kunnen in het veld verschillen van de resultaten die uit het lab komen. Het verschil zit er dus vooral in dat werkelijke factoren zoals, luchtweerstand, bochten en variatie van het terrein geen invloed hebben op een analyse in een lab maar wel in het veld. Een ander gegeven is dat de instelling van de fiets vanuit een moment opname wordt ingesteld tijdens de bikefitting. Dan blijft de vraag of deze houding vast te houden is tijdens lange ritten, sprintjes, of beklimmingen. Door biomechanische invloeden kan de efficiëntie van het fietsen verbeteren, wat kan leiden tot een aangepaste fit van de fiets (Bateman, 2014). Met een dynamische meting, in het veld, wordt rekening gehouden met de eerdergenoemde factoren. Hierdoor kan een advies gegeven worden over de zithouding van de wielrenner om de prestatie te verbeteren. Tot op heden is er nog geen dergelijke tool beschikbaar op de markt.

Het doel van dit afstudeerproject is om het framework van een dynamische analyse tool te maken om de prestatie van wielrenners te verbeteren. Zoals eerder genoemd is er nog geen tool die feedback geeft over de zithouding van een wielrenner in het veld. De analyse komt tot stand met behulp van zes inertial measurement units (IMU) in samenwerking met de SportsLapp software, wat ontwikkeld is door Kinetic Analysis B.V. Het idee voor de tool is om live feedback te geven over de zithouding van de wielrenner over 'hoe' het beste op de fiets gezeten kan worden om een betere prestatie te behalen. De opdracht is om een framework voor een dergelijke analysetool te maken aan de hand van de bovenstaande sensoren voor feedback over de zitpositie tijdens het wielrennen, om de prestatie te verbeteren in het veld.

Aan de hand van de volgende deel vragen kan het doel van dit ontwikkelproject behaald worden:

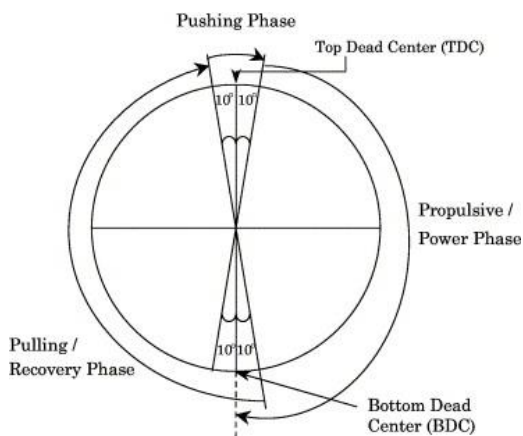
- Wat is de ideale houding om de meest gebruikte spieren maximaal te gebruiken, voor het verbeteren van de prestatie?
- Wat zijn parameters waarbij rekening gehouden moet worden tijdens bikefitting, voor prestatie verbetering?
- Bij welke trapfrequentie kan het meeste vermogen geleverd worden tijdens het wielrennen?
- Wat is een ideale plaatsing van de zes sensoren voor een bewegingsanalyse?
- Wat is het effect van de positie van de romp op de prestatie tijdens het fietsen?
- Op welke manier kan het beste feedback gepresenteerd worden aan de gebruiker?

2. Analysefase

Bij de analysefase zijn de deelvragen beantwoord aan de hand van verschillende methodes zoals, literatuuronderzoek, interviews en een vragenlijst. Door het uitvoeren van literatuuronderzoek zijn (lichamelijke) parameters, de fietsinstelling, plaatsing van sensoren en vormen van feedback gevonden. Doormiddel van interviews is zowel richting gegeven aan het literatuuronderzoek als toevoegingen op het literatuuronderzoek. Ook is er een advies gegeven over het feedback geven aan de gebruiker aan de hand van de parameters. Een vragenlijst heeft inzichten gegeven van gebruikers rondom feedback ontvangen. Bij het beantwoorden van elke deelvraag zijn eisen en wensen ontstaan. De eisen en wensen zijn gekoppeld aan een lijst van eisen en wensen. Aan het einde van ieder hoofdstuk is te zien welke eis en wens gekoppeld is aan de lijst van eisen en wensen. Aan de hand van deze eisen en wensen is er een ontwerprichting gevormd.

2.1 Wat is de ideale houding om de meest gebruikte spieren maximaal te gebruiken, voor het verbeteren van de prestatie?

Een trapcyclus kan worden gezien als een cirkel, dit zorgt ervoor dat fietsen een cyclische beweging is. De trapcyclus kan opgedeeld worden in 4 fases (So et al., 2005), figuur 1:



- top tot 90 graden de eerste pushfase
- van 90 graden tot 180 graden de tweede pushfase
- van 180 naar 270 graden de eerste pullfase
- van 270 naar 360 graden de tweede pullfase

Aan de hand van deze fases kan er gekeken worden welke spieren er het meeste invloed hebben op welke fase. Belangrijk om te weten is dat bij de pushfase extenderende spieren actief zijn en bij de pullfase zijn flecterende spieren actief.

Figuur 1, beschrijving trapcyclus uit het artikel van So et al. (2005)

In het bovenstaande reviewonderzoek is er op 2 verschillende manier gekeken welke spieren er actief zijn tijdens de trapcyclus. Tijdens het eerste deel van het onderzoek is er gekeken aan de hand van een 'Electro Myo Grafie' (EMG) welke spieren er actief zijn in welke fase van de cyclus. In het

Muscles	Function	Approximate range of action (°)	Approximate peak activity angle (°)
Gluteus maximus	Hip extension	340–130	80
Vastus lateralis	Knee extension	300–130	30
Vastus medialis	Knee extension	300–130	30
Rectus femoris	Knee extension/Hip flexion	200–110	20
Soleus	Ankle stabilizer	340–270	90
Gastrocnemius	Ankle stabilizer/Knee flexion	350–270	110
Tibialis anterior	Ankle stabilizer/Ankle flexion	All the range	280
Hamstrings (without biceps femoris)	Knee flexion	10–230	100
Biceps femoris	Knee flexion/Hip extension	350–230	110

tweede deel is er gekeken aan de hand van een biomechanische analyse.

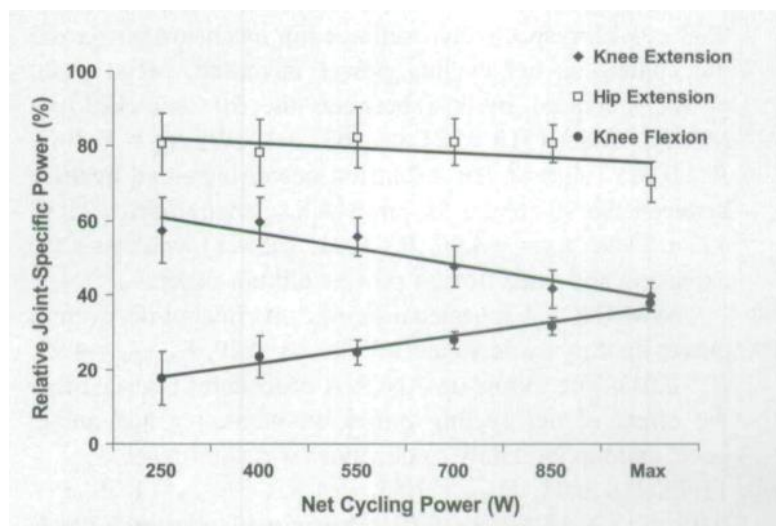
Bij het eerste deel met de EMG is er een tabel gebruikt uit het onderzoek van Ryan & Gregor (1992). In deze tabel (figuur 2) worden alle spieren benoemd die actief zijn bij de gehele cyclus, er wordt ook beschreven binnen welk bereik de spieren precies actief zijn en welke bewegingsuitslag de spieren omvatten.

Figuur 2, lijst van spieren samen met mate van activiteit tijdens het wielrennen uit het artikel van Ryan & Gregor (1992)

Vanuit het tweede deel is er gekeken aan de hand van een biomechanische analyse. Dit is gedaan omdat niet alle actieve spieren gemeten kunnen worden met een EMG waardoor waarschijnlijk niet alle spieren in de bovenstaande tabel worden genoemd. Zo blijkt uit het onderzoek van Raasch en Zajac (1999) dat bij de heupflexie ook nog gedacht zou moeten worden aan de m. iliopsoas. Een andere spier die bij dit onderzoek naar voren komt is de m. biceps femoris welke zorgt voor knieflexie en heupextensie. Overige (kleinere) spieren in de onderste extremiteit zorgen meer voor stabiliteit. Hierbij kan gedacht worden aan het recht houden van de voet tijdens het trappen. De knie- en de heuphoek zullen daarom betrokken worden in dit project als een van de belangrijkste factoren bij de analyse. Er kan geconcludeerd worden aan de hand van de meest actieve spieren, dat er vanuit de heup en knie het meeste vermogen geleverd wordt tijdens het fietsen. De enkel zorgt voor stabiliteit en zou invloed kunnen hebben op de vermogensoverdracht op het pedaal. Aan de hand van de informatie uit dit hoofdstuk is er gekeken in welke zit positie deze spieren het meeste vermogen kunnen leveren.

Uit het onderzoek van Martin en Brown (2009) is gebleken welke spieren in de onderste extremiteit het meeste vermogen leveren tijdens het fietsen. Er is in dit onderzoek gekeken naar de enkel-, knie- en heuphoek. Zo is gebleken dat het moment rondom de enkelhoek significant kleiner is op de pedalen dan de knie- en heuphoek. De meeste kracht kan gezet worden vanuit de heup. Ook is er gevonden dat er geen verschil zit in de krachtlevering van de knie tijdens de flexie en extensie. In dit onderzoek is er gebruik gemaakt van een maximaal test.

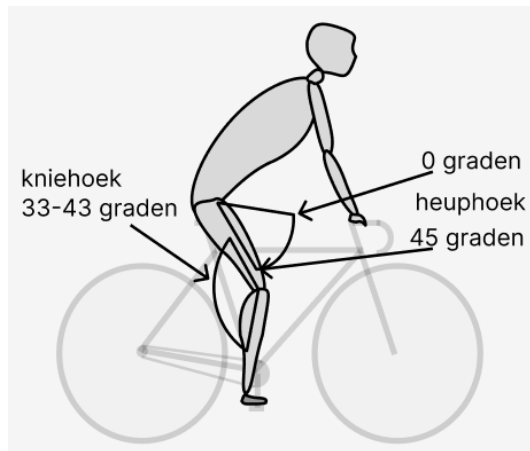
Bij verschillende intensiteit is te zien dat de functies van de knie, flexie en extensie in elkaar overgaan (Elmer et al., 2011) (zie figuur 3). Het effect van de heupextensie blijft ongeveer hetzelfde naarmate de intensiteit toeneemt. Het onderzoek van Elmer et al (2011) geeft aan dat de invloed van de enkel oploopt tijdens een toename in intensiteit. Dit komt doordat het plantair flecterende moment groter is bij maximale vermogenslevering dan dat er meer kracht geleverd worden vanuit de kuitspieren. Voor alle gewrichten geldt dat tijdens een maximale prestatie de extenderende beweging eerder begint dan bij een lage intensiteit.



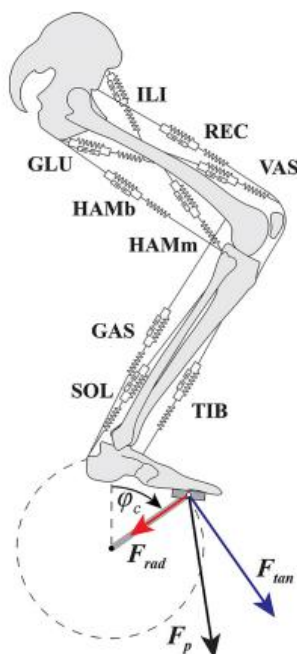
Figuur 3, mate van het geleverde vermogen van, de heup strekking, de knie strekking en kniebuiging bij verschillende intensiteiten. (Martin en Brown. 2009)

De kniehoek is van invloed op de zadelhoogte volgens Millour et al (2019). Volgens het hiervoor genoemde artikel zou de kniehoek, op het laagst punt van de crank, tussen 33 en 43 graden moeten zijn (figuur 4). Een gestrekt been wordt gezien als 0 graden. Tussen de 33 en 43 graden zou de beste kniehoek zijn voor het verbeteren van de prestatie. Dit kan ook gebruikt worden als controlemiddel

bij het instellen van de zadelhoogte. De ideale hoek van de heup ligt rond de 45 graden, zie figuur 4, al ligt dit wel aan de houding van de romp aangezien deze invloed heeft op de ROM van de heup (Bini & Diefenthaeler, 2010) (Heil et al. 1997).



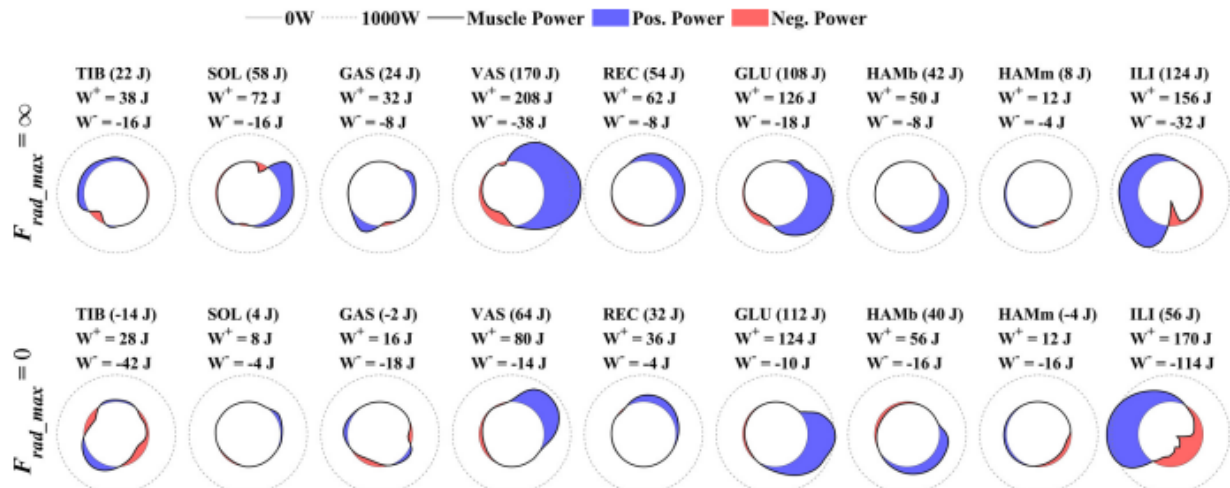
Figuur 4, hoek definities voor knie en heup. De kniehoek is gedefinieerd vanuit een gestrekte positie, gestrekt is 0 graden. Bij de ROM van de heup is de hoogste positie van het bovenbeen 0 graden en de laagste positie 45 graden.



Figuur 5, schematische weergaven krachten spel rondom de enkel uit het artikel van Kistemaker et al. (2023)

Het onderzoek van Kistemaker et al. (2023) gaat over hoe het beste kracht gezet kan worden op het pedaal en de oriëntatie van de voet om dit te bereiken. In het onderzoek worden verschillende krachten besproken zoals de radiale kracht (F_{rad}) en de tangentiële kracht (F_{tan}) welke samen resulteren in een totaal kracht (F_p) om het pedaal 'rond' te trappen. De radiale kracht is de kracht die in de richting van de crank werkt, zie figuur 5. Een bewegingsbeperking van 0, een totale vrijheid om de voet/enkel te kunnen bewegen, levert de beste totaal kracht op. Dus een constante horizontale voet positie waardoor de radiale kracht geminimaliseerd wordt, is geen ideale positie voor de beste prestatie. Het onderzoek geeft aan dat er een balans moet zijn van deze 2 krachten. Dit houdt in dat de voet mee beweegt met het pedaal ten opzichte van de crank, zodat er tijdens het fietsen het meeste vermogen geleverd kan worden op de pedalen.

De uitkomsten aan de hand van spieractiviteit zijn weergegeven in figuur 6. Zo is er te zien dat bij een niet-gelimiteerde voetpositie minder negatieve kracht uitgeoefend wordt. Ook is te zien dat de spieractiviteit over het algemeen groter is en langer actief blijft gedurende een trapcyclus. Het vermijden van radiale kracht levering zal dus niet bijdragen aan een verbetering van de prestatie. In dit project zal feedback gegeven worden over de oriëntatie van de voet ten opzichte van het pedaal.



Figuur 6, in de figuur is te zien welke spieren het meest vermogen leveren bij 2 verschillende traptechnieken. Bij een traptechniek met een vrije voetbeweging (bovenste regel), waar radiaal kracht geleverd wordt, is te zien dat alle spieren meer positief vermogen en minder negatief vermogen leveren dan de onderste regel. Een traptechniek met een beperkte vrijheid van de voet (onderste regel), radiaal kracht wordt hier vermeden, is te zien dat er minder positief vermogen geleverd kan worden maar wel meer negatief vermogen dan de eerste traptechniek.

In het onderzoek van Jobson et al. (2008) wordt gesuggereerd dat de positie van het bovenlichaam effect heeft op de kracht die geleverd kan worden op de pedalen. Tijdens het onderzoek zijn er 3 testen uitgevoerd om te vergelijken wat verschillen zijn binnen een aantal parameters.

De testen bestaan uit:

- een tijddrit op de weg.
- een simulatie van de tijddrit in een lab in een recht opzittende positie.
- een simulatie van de tijddrit in een lab in een aerodynamische positie (prone positie).

Aan de hand van de resultaten in figuur 7 is te zien dat er tijdens een recht opzittende positie er meer vermogen geleverd kan worden wat resulteert in een hogere snelheid. Aan de hand van de 40,23 km tijddrit is aangetoond dat er tijdens een prone positie minder kracht geleverd kan worden dan in een recht op positie. Met een prone positie wordt bedoeld dat de testpersoon met de handen in de beugels zit en daardoor de luchtweerstand verkleind door het weerstandsoppervlak te verkleinen. Met de rechtop positie wordt bedoeld dat de testpersoon de handen op het stuur geplaatst heeft.

Table III. Mean physiological and performance variables during three time-trial conditions.

	RD		UP		AP	
	mean	s	mean	s	mean	s
Time (min)	60.8	2.4	56.4*	1.7	57.1*	1.8
Speed (km · h ⁻¹)	39.8	1.6	42.8*	1.3	42.3*	1.3
Power output (W)	267	56	266	21*	251*#	20*
Heart rate (beats · min ⁻¹)	169	3	166	2*	164	2*
$\dot{V}O_2$ (litres · min ⁻¹)	3.56	0.38	3.68	0.37	3.57	0.34
$\dot{V}_E$ (litres · min ⁻¹)	124.5	13.0	111.9*	12.4	110.0*	11.6
Breathing frequency (breaths · min ⁻¹)	51.9	5.0	44.9*	5.8	45.3*	5.5
RER	0.996	0.042	1.005	0.034	1.005	0.031
Cadence (rev · min ⁻¹)	88.1	8.1	91.7	1.3*	89.4	1.3*
RPE	6.7	0.3	6.4	0.3	6.3	0.3

Note: RD = road time-trial, UP = laboratory time-trial in upright position, AP = laboratory time-trial in aerodynamic position.

*Significantly different to RD condition ($P < 0.05$). #Significantly different to UP condition ($P < 0.05$). Standard deviation of power output indicates the intra-participant standard deviation for each 5% section of total time-trial time, i.e. pacing variability.

Figuur 7, dit figuur laat zien dat er in een recht opzittende positie meer vermogen geleverd kan worden dan in een voorovergebogen positie.

In het boek van Borysewicz en Pavelka (1985) wordt gesuggereerd dat bij een prone positie meer energie gebruikt wordt dan een rechte positie. De prone positie kost 1,5 ml/kg/min meer dan bij een recht op positie. Daarnaast is de hartfrequentie 5 slagen per minuut hoger dan bij een recht op zittende positie.

Gekeken naar welke spieren het meeste vermogen kunnen leveren en in welke positie die spieren dit het beste kunnen bereiken is te concluderen dat de enkel en de heup het meeste effect hebben op het kunnen leveren van vermogen over een langere periode. Ook is te concluderen dat de spieren rondom de heup het meeste vermogen kunnen leveren wanneer de wielrenner in een rechtop positie opereert. Bij deze conclusie zal er nog gekeken moeten worden naar wat de invloed van luchtweerstand is, dit is verder onderzocht in hoofdstuk 3.6. Deze factoren zullen dan ook leidend zijn als het gaat om welke feedback de meeste invloed heeft op de prestatie. De analyse tool moet feedback teruggeven over de oriëntaties of de ROM's van de enkel, knie, heup en romp (Eis: b)

2.2 Wat zijn parameters waarbij rekening gehouden moet worden tijdens bikefitting, voor prestatie verbetering?

Voor dit hoofdstuk is zowel literatuuronderzoek gebruikt als gebruik gemaakt van interviews. In totaal zijn er 3 interviews gehouden met verschillende experts. Daniël van Leeuwen is docent aan de Haagse Hogeschool, het interview heeft inzicht gegeven over kinematische principes en hoe deze het beste geïnterpreteerd kunnen worden. Brian Kortekaas is medewerker van Kinetic Analysis en oud student van de opleiding Bewegingstechnologie. Door het interviewen zijn inzichten ontstaan voor de plaatsing van sensoren en welke hoeken belangrijk zijn om te meten. Kevin van Hoovels is een olympiër die zich ook interesseert voor de wetenschap. Kevin heeft relevante ervaring met fietsen en bikefitten om een meerwaarde voor dit ontwikkelproject te zijn.

Vanuit de interviews is naar voren gekomen dat er gekeken wordt naar de lichaamseigenschappen van de wielrenner. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan lenigheid. Dit heeft bijvoorbeeld invloed op de positie van het bovenlichaam. Er wordt ook gekeken naar segmentlengtes zodat dit meegenomen kan worden in het bepalen van het framemaat of de instelling van de verstelbare delen van de fiets. Het is dan ook verstandig om een schaalbaar instelmodel te gebruiken tijdens het instellen van de fiets. Dit zorgt ervoor dat er optimaal op de fiets gezeten kan worden ongeacht de bewegingsvrijheden die aangepast kunnen worden door middel van een bewegingsanalyse.

De verhoudingen van de binnen-beenlengte en de algehele lichaamslengte zijn volgens Bini et al., (2012) belangrijke maatstaven voor het instellen van een wielrenfiets. In het artikel wordt aangegeven dat dit belangrijke parameters zijn voor het kiezen van de framemaat van de fiets. Het is erg persoonsafhankelijk hoe de fiets ingesteld wordt. Dit heeft te maken met lichaamseigenschappen, fietsvaardigheid en de mate van training van de wielrenner. Ook ligt het eraan voor welke discipline de fiets ingesteld wordt; tijdrit, triatlon of wegwielrennen.

Vanuit het oogpunt van bikefitters zijn er een aantal belangrijke parameters. De zadelhoogte samen met de 'saddle setback, de afstand van de punt van het zadel tot de as van de crank' zijn de voornaamste parameters aangezien deze invloed hebben op de vermogensleveringen vanuit de onderste extremiteit, maar ook invloed hebben op de trapfrequentie.

Verder is de instelling van het stuur van belang. Dit bepaalt namelijk de hoek van de elleboog en de schouders. Deze hoeken zijn belangrijk aangezien het invloed heeft op de oriëntatie van de romp bij verschillende aangenomen posities ten opzichte van het stuur. De romppositie heeft invloed op de vermogenslevering van de benen (Welbergen & Clijsen, 1990). Dit komt door dat de romppositie

invloed heeft op de ROM van het heupgewricht en dus de spieren die hierbij een rol spelen. Hierbij zal met name gaan over de activiteit van de m. gluteus maximus en de hamstrings.

Aanpassing als de zithoogte en de voor-achter plaatsing van het zadel resulteren in een verandering in de ROM van de heup, knie en enkel (Iriberry et al., 2008). De aanpassing van de zithoogte is één van de parameters die wordt gebruikt in het bikefitten. Deze kan aangepast worden door de methodes van Holmes static method, “Heel” method of de 109% method. Deze methodes zijn eenzijdig en niet compleet volgens de onderzoekers van het artikel van Iriberry et al. (2008). De auteurs van dit artikel hebben een formule opgesteld waar antropometrische data van een wielrenner wordt meegenomen in het proces van het bikefitten. De formule wordt aangepast op basis van de lengte verhouding tussen de lichaamslengte en de lengte tot het trochanter major, lichaamslengte/lengte trochanter (figuur 8). Daarnaast hebben de auteurs formules gemaakt voor andere instellingen van de fiets anders dan de zadelhoogte (figuur 9).

Table 1. Relationship between rider position and anthropometric data (n = 28)

	Height/trochanter	r value	Formula
Group 1	>1.94	0.999 p<0.01	maximum length pedal-saddle = (height *0.8836) - 67.688
Group 2	1.94 - 1.88	0.963 p<0.05	maximum length pedal-saddle = (height *0.5319) - 2.8594
Group 3	<1.88	0.903 p>0.05	maximum length pedal-saddle = (height *0.4194) + 18.058

Figuur 8, instellen van de zadelhoogte, Iriberry et al. (2008).

Table 2: Formulas with lowers statistical relation:

Bicycle variable	Formulas
Longitude between crank set and saddle	$= (0,56 \times \text{height}) - 24,64$ $r^2: 0,926$
Saddle setback	$= (\text{height} - 157,06) / 3,02$ $r^2: 0,474$
Distance among saddle and handlebar	$= (0,495 \times \text{height}) - 30,805$ $r^2: 0,882$
Difference of height between saddle and handlebar	$= (\text{height} - 154,96) / 2,30$ $r^2: 0,49$

Figuur 9, instellen van de lengte tussen de crank en het zadel, instellen van voor-achter positie van het zadel, instellen van afstand tussen het stuur en het zadel, het afstellen van de hoogte van het stuur ten opzichte van het zadel. Iriberry et al. (2008).



Figuur 10, definities van de specificaties van de tabellen in figuur 8 & 9.

Tijdens dit project wordt vooral gekeken naar de zadelhoogte en ‘saddle setback’ zoals weergegeven in figuur 10. In figuur 10 is gedefinieerd wat de begrippen in figuur 8 & 9 betekenen. De analyse tool moet een instelling voor de zadelhoogte en saddle setback teruggeven aan de hand van de formule Iriberry et al. (2008). De instellingen voor de stuur hoogte en afstand ten opzichte van het zadel zijn wenselijk. (eis: a) (wens: a)

2.3 Bij welke trapfrequentie kan het meeste vermogen geleverd worden tijdens het wielrennen?

Een prestatieparameter in sporten zoals fietsen staat gelijk aan de gemiddelde snelheid (Foss & Hallén, 2005). Het vermogen dat geleverd kan worden bestaat uit de algehele efficiëntie (gross efficiency) en de energie die omgezet (energy turnover rate) kan worden vanuit de spieren naar vermogen. Dit onderzoek suggereert dat de hiervoor genoemde eigenschappen beïnvloed worden door de trapfrequentie, al is er wel een verschil in de twee eigenschappen. Voor de beste efficiëntie zou een trapfrequentie van 80 omwentelingen RPM het beste zijn. Voor maximale energieomzet wordt aangegeven dat de beste trapfrequentie 100 RPM is. Dit onderzoek suggereert wel dat het effect van de efficiëntie groter is dan de energieomzet.

Aan de hand van deze informatie kan de wielrenner beter in de buurt van 80 RPM opereren. Het vast opereren rond het gemiddelde, 90 RPM, van deze twee trapfrequenties zou het beste zijn voor een prestatie op basis van een langere afstand. De optimale trapfrequentie (80 RPM) ligt lager dan de voorkeurs trapfrequentie van de gemiddelde wielrenner (90-105 RPM). Tijdens dit project zal een trapfrequentie tussen de 80 en 90 RPM gezien worden als optimaal. De trapfrequentie zal bepaald worden door middel van de analyse, specifiek gezien aan de frequentie van een ROM-cyclus van de knie. Er moet in de analyse tool feedback gegeven worden over de trapfrequentie (eis: d) (wens: b).

2.4 Wat is een ideale plaatsing van sensoren op segmenten voor een bewegingsanalyse?

De bepaling voor het plaatsen van sensoren wordt gedaan aan de hand van interviews met professionals, literatuuronderzoek en door het proeftesten met XSENS-sensoren (Movella, Awinda, 17 sensoren). Aan de hand van interviews zijn de volgende bevindingen tot stand gekomen: de knie en heup zijn de belangrijke gewrichten om gemeten te worden. Ondanks dat de ROM van de knie waarschijnlijk weinig verandert tijdens het fietsen, is het wel een goed controlemiddel voor de instelling van de fiets.

Verder is de stand van de bekken een belangrijke parameter aangezien dat bepalend is voor de mate van activiteit van de hamstrings. Dit heeft te maken met het feit dat de stand van de bekken bepaalt hoeveel de hamstrings op rek komen. De stand van de bekken heeft invloed op de ROM van de heup (Holliday & Swart, 2021). Daarnaast is de romp een belangrijke parameter aangezien deze zowel invloed heeft op de krachtlevering als op de luchtweerstand.

Aan de hand van de hiervoor genoemde argumenten zijn er een aantal opties gemaakt voor de plaatsing van de Sportslapp-sensoren. Er worden 2 opties beschreven. Er wordt een beslissing genomen over welke optie gebruikt zal worden aan de hand van de uitkomsten van proeftesten met de XSENS-Sensoren. De uitkomsten van de proeftesten zullen met elkaar worden vergeleken en een asymmetrie bepaling bepaalt welke optie er gebruikt gaat worden voor de Sportslapp-sensoren. Hierbij wordt wel aangetekend dat er rekening gehouden moet worden met de software van Sportslapp. Dit houdt in dat er een beperking is in het plaatsen van de sensoren, omdat er standaardplaatsen zijn waar de sensoren geplaatst kunnen worden.

Optie 1: Sensor 1 & 2 worden geplaatst op de mediale zijde van het Tibia, omdat dit de plek is waar spieren van het onderbeen het minste invloed hebben op de sensor. Sensor 3 & 4 worden geplaatst op de tractus iliotibialis. dit zorgt ervoor dat de sensoren het minste invloed ondervinden van de spieren van het bovenbeen. Sensor 5 wordt geplaatst ter hoogte van de lumbale wervel(L5), aan de achterzijde van het lichaam. Sensor 6 wordt midden op het sternum geplaatst, rond de aanhechting van de 4^e rib. Door deze plaatsingen kunnen beide kniehoeken en beide heuphoeken gemeten

worden. De sensoren 5 en 6 kunnen de positie van het bovenlichaam bepalen. Bij deze optie worden de sensoren zowel links als rechts geplaatst op de onderste extremiteit

Optie 2: Sensor 1 wordt geplaatst op de mediale zijde van het Tibia, omdat dit de plek is waar de spieren van het onderbeen het minste invloed hebben op de sensor. Sensor 2 wordt op de tractus iliotibialis geplaatst, dit zorgt ervoor dat de sensor het minste invloed ondervindt van de spieren van het bovenbeen. Sensor 3 wordt geplaatst ter hoogte van de lumbale wervel (L5) aan de achterzijde van het lichaam. Sensor 4 wordt geplaatst op het sternum rond de aanhechting van de 4^e rib. Sensor 5 op de bovenarm de plaatsing zal net naast de spierbuik van de biceps zijn. Sensor 6 wordt geplaatst op de schoen voor het bepalen van de enkelhoek. Door deze plaatsingen kunnen de enkel, knie-, heup-, en de romphoek bepaald worden. Maar ook de schouderhoek.

2.4.1 Proeftesten aan de hand van XSENS-sensoren.

Voor het uitvoeren van de proeftesten wordt er gebruik gemaakt van de XSENS-sensoren. Tijdens een analyse met XSENS kan er gebruik gemaakt worden van 17 sensoren in plaats van 6 bij Sportslapp. Dit geeft als voordeel dat er een uitgebreidere analyse, volledige lichamelijke meting gedaan kan worden. Waardoor alle parameters zowel links als rechts gemeten worden tijdens de analyse. Een andere reden is dat er meer kennis in eerste instantie rondom het XSENS-systeem is geweest. Daardoor kon er meteen gemeten en geanalyseerd worden. Met XSENS wordt alleen de asymmetrie bepaalt verder zal het systeem niet gebruikt worden voor het framework van de analyse tool.

Er wordt met XSENS-sensoren getest om de asymmetrie te bepalen tussen het linker- en het rechterbeen. De test zal worden uitgevoerd via een proefopstelling waarbij een wielrenfiets op een rollerbank geplaatst is. Het zadel van de fiets is ingesteld op de proefpersoon volgens de methode uit het onderzoek van Iriberry et al (2008). Vervolgens zijn de XSENS-sensoren via het XSENS-protocol geplaatst. Door het gebruik van meerdere sensoren wordt de visie van de eerder bepaalde posities bekrachtigd of juist ontkracht.

De test zelf zal bestaan uit 5 minuten fietsen met iedere minuut een hogere weerstand. Het verschil tussen links en rechts wordt bepaald aan de hand van percentages. Als het verschil in de knie minder is dan 10% dan is de asymmetrie te verwaarlozen en zal dit betekenen dat er bij de analyse voor de tool 2 extra bepalingen gedaan kunnen worden. Dit is een voordeel aangezien er op deze manier een meer uitgebreide analyse tot stand kan komen tijdens het gebruik van het Sportslapp systeem.

3.5.2 Asymmetrie index bepalen

Volgens het artikel van Sarica et al. (2018) is een asymmetrie met de volgende berekening te bepalen, $(\text{links}-\text{rechts})/(\text{links}+\text{rechts}) * 100$ (Figuur 11). Bij deze formule geldt dat hoe dichter de uitkomst bij 0 is hoe meer symmetrie er bestaat tussen de 2 variabelen.

$$\text{AsymmetryIndex, AI} = \frac{Left-Right}{Left+Right} * 100,$$

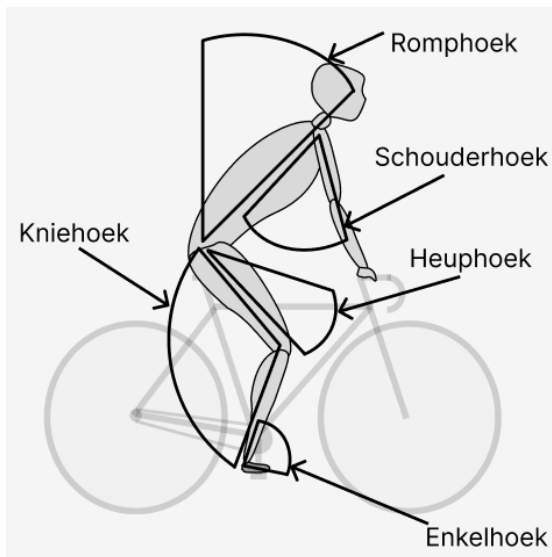
Figuur 11, asymmetrie index berekening

2.4.3 Bevindingen aan de hand van de proefmeting met XSENS

In het totaal zijn er 6 proefpersonen geweest die getest zijn aan de hand van het eerdergenoemde testprotocol. De data vanuit XSENS is verwerkt met Matlab (MathWorks, 2022a), aan de hand van de formule uit het artikel van Sarica et al. (2018) is de asymmetrie berekent (Figuur 12). In de eerste kolommen is het asymmetrie percentage te zien. Er is gekozen voor een percentage aangezien dat verduidelijking aangeeft van het verschil.

Asymmetrie in %									
enkel									
Subject 1	Subject 2	Subject 3	Subject 4	Subject 5	Subject 6	Gemiddeld		Gemiddelde ROM in graden	
21,08	22,23	37,72	8,90	37,72	19,61	24,54		30,00	
Knie									
Subject 1	Subject 2	Subject 3	Subject 4	Subject 5	Subject 6	Gemiddeld		Gemiddelde ROM in graden	
3,94	9,27	8,07	8,46	7,40	7,68	7,47		72,89	
heup									
Subject 1	Subject 2	Subject 3	Subject 4	Subject 5	Subject 6	Gemiddeld		Gemiddelde ROM in graden	
12,80	31,42	24,08	25,25	27,49	25,54	24,43		38,74	
Schouder totaal									
Subject 1	Subject 2	Subject 3	Subject 4	Subject 5	Subject 6	Gemiddeld		Gemiddelde ROM in graden	
62,73	54,67	54,2	58,48	70,03	44,4	57,42		2,97	

Figuur 12, resultaten proeftesten en asymmetrie



Figuur 13, hoek definities voor figuur 12 en de conclusies per parameter.

De asymmetrie in de enkel en schouder komen voort uit de bewegingsvrijheid die beide gewrichten hebben. Aan de knie is te zien dat deze vrij symmetrisch beweegt. Er zit meer asymmetrie in de heup. Dit kan komen door verschillende aspecten zoals door materiaal (scheefstand van het zadel), scheef zitten op het zadel, lichamelijke afwijking of het zou een meetfout kunnen zijn.

Er kan geconcludeerd worden, aan de hand van resultaten die gekomen zijn uit de XSENS-analyse, dat de knie weinig afwijking laat zien. Voor het gebruik van de 6 Sportslapp sensoren zal dan ook optie 2 gebruikt worden. Deze keus is tot stand gekomen gezien de beweging van de knie symmetrisch is. Hierdoor hoeven de linker en rechter kniehoek niet allebei gemeten te worden, ook wordt er bij optie 2 de romp gemeten waardoor er een meer uitgebreide analyse ontstaat (eis: b) (wens: b).

Relatie tussen schouder en romp hoek

Door het bepalen van de relatie tussen de schouder en de romphoek is er gekeken of de positionering van de handen bepaald kan worden aan de hand van de romphoek. De correlatie

tussen de schouder- en romphoek is berekend aan de hand van Matlab en de gegevens van de 6 proefpersonen die eerder in het project getest zijn. De correlatiecoëfficiënt komt uit op 0,84 wat betekent dat de 2 variabelen een sterke positieve relatie tot elkaar hebben. Dit zegt dus dat de romphoek gebruikt zou kunnen worden voor een advies voor de plaatsing van de handen op het stuur (eis: b).

2.5 Wat is het effect van de positie van de romp op de prestatie tijdens het fietsen?

De romp heeft tijdens wielrennen op meerdere aspecten effect op de prestatie, denk hierbij aan de luchtweerstand, kracht en comfort. Tijdens dit project wordt vooral naar de luchtweerstand en kracht gekeken en de invloed op de prestatie tijdens het wielrennen.

Zoals eerder genoemd (hoofdstuk 2.2) heeft een aerodynamische positie invloed op fysiologische factoren dit heeft voornamelijk effect op het zuurstofverbruik en de hartslagfrequentie (Borysewicz & Pavelka, 1985). Een standaardpositie van de romp, het recht opzitten op de fiets, levert significant meer vermogen dan in een 'prone' (aerodynamische) positie (Welbergen & Clijsen, 1990). Ook wordt er in dit artikel aangegeven dat de positie van de romp en de bekken invloed hebben op de ROM van de heup.

Het voordeel van een aerodynamische houding zorgt voor het reduceren van de luchtweerstand. Bij een snelheid >14m/s is luchtweerstand de grootste weerstand tijdens het fietsen. Rond 90% van de totale mechanische krachtlevering is nodig om de luchtweerstand te overwinnen (Debraux et al., 2011). In het artikel van Van Druenen en Blocken (2021) wordt gesuggereerd dat het moment dat de luchtweerstand bij snelheden van >11m/s die 90% van de mechanische krachtlevering op eist. Daarbij is het van belang om de 'aerodynamic drag' te verkleinen bij vlakke of afdalende weg oriëntaties.

Om de invloed van de 'aerodynamic drag' te bepalen moet eerst het gereduceerde frontale oppervlak van het individu berekend worden. In het hierboven genoemde artikel zijn verschillende berekeningen benoemd. Het grootste verschil tussen deze berekeningen zit in de nauwkeurigheid van parameters waarmee gerekend wordt. Het artikel geeft aan dat hoe meer parameters er meegenomen worden in de berekening, hoe nauwkeuriger de berekening wordt.

Hierbij dient aangetekend te worden dat in deze onderzoeken wordt gerekend met een snelheid die voor veel van de amateurwielrenners niet realistisch is.

Het onderstaande artikel is dan ook representatiever aangezien dit project zich meer richt op amateurs. In het onderzoek van Faria et al. (2005) wordt gezegd dat voor amateurs bij een snelheid van >8,3 m/s de luchtweerstand een grote rol gaat spelen bij de prestatie.

Hierdoor is het goed om vanaf dat moment een aerodynamische positie aan te nemen. Ook geeft het artikel aan dat het verschil in luchtweerstand 20% verminderd bij een aerodynamische positie ten opzichte van een recht opzittende positie. Al heeft deze positie een significante toename in het zuurstofverbruik, hartslagfrequentie en 'respiratory exchange ratio'.

Ondanks dat er bij een zo laag mogelijke positie van het bovenlichaam de luchtweerstand minder is, is het verlies in vermogenslevering in een aerodynamische positie ongeveer 14% minder ten opzichte van een recht opzittende positie (Fintelman et al., 2014). In dit artikel is berekend hoeveel graden de romp moet flecteren om de ideale positie ten opzichte van aerodynamische houding en vermogenslevering moet zijn. Bij snelheden onder de 28km/h geeft het artikel aan dat een romppositie van tussen de 20 en 24 graden aangehouden kan worden oftewel een rechtop positie met de handen op het stuur. Tot 36 km/h neemt de hoek met ongeveer 3 graden af per kilometer per uur, gezegd zou kunnen worden dat deze positie ontstaat door de handen bij de remmen te

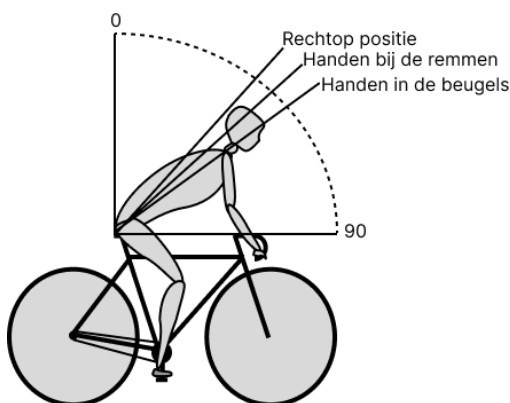
houden. En bij snelheden boven de 36 km/h geeft het artikel aan dat een romphoek van 4 graden, ten opzichte van de horizontaal, aangenomen zou moeten worden. Wat duidt op een aerodynamische positie oftewel met de handen in de 'beugels'. Dit is een richtlijn voor amateurs, dat op het moment dat de tegen wind toeneemt dan zal de aerodynamische houding eerder aangenomen kunnen worden. Deze berekeningen zijn tot stand gekomen bij metingen zonder variërende luchtweerstand. De gedachtegang van Fintelman et al. (2014) zal als feedback teruggegeven moeten worden aan de wielrenner ten aanzien van de romphoek (eis: c).

Conclusie per parameter

De volgorde van de conclusie per parameter is ook de volgorde van prioriteit waar feedback op gegeven wordt. Dit heeft te maken met de maten van invloed die de wielrenner kan hebben op de parameter maar ook hoe veel invloed de parameter heeft op de prestatie.

Romphoek

Aan de hand van de romphoek is te bepalen wat de positie is ten opzichte van het stuur. Bij het gebruik van de Sportslapp sensoren is een rechtop positie 42 graden, voor snelheden < 28 km/h. Bij een positie met de handen bij de remmen 48 graden, voor snelheden tussen de 28 en 36 km/h. Bij een lage positie, in de beugels, is dit 54 graden, voor snelheden >36 km/h. Bij deze hoeken is de verticaal 0 graden, zie figuur 14. De kalibratie moet met een rechte rug uitgevoerd worden voor aanvang van de training. De analyse tool moet feedback teruggeven welke romppositie het beste aangenomen kan worden bij verschillende snelheden (eis: b).



Figuur 14, definities verschillende rompposities.

Voet oriëntatie

Vanuit de literatuur wordt gezegd dat er zowel in de richting van de radiaal kracht als de tangente kracht gezet moet worden. Dit houdt in dat de voet horizontaal gehouden moet worden. De feedback die teruggegeven moet worden aan de gebruiker is de oriëntatie van de voet. Als de voet horizontaal is, is deze in balans. Als dit niet het geval is moet de gebruikers terugzien welke oriëntatie de voet wel aanneemt en hoe dit verbeterd zou kunnen worden (eis: b).

Trapfrequentie

Bij een trapfrequentie van 80 RPM kan de meeste mechanische kracht geleverd worden. Een trapfrequentie van 90 RPM is de meest preferente trapfrequentie van het brede publiek. De maximale trapfrequentie waarbij de prestatie eventueel nog verbeterd zou kunnen worden is 100 RPM. Dit ligt wel aan de fysiologische eigenschappen van het individu. Op het moment dat de trapfrequentie onder de 80 RPM of boven 90 RPM is dan zal er een advies komen om de trapfrequentie van het individu te verhogen of te verlagen. In de analyse tool moet er feedback gegeven worden aan de gebruiker over de ideale trapfrequentie (eis: d) (wens: b).

Heuphoek

De heuphoek heeft een relatie met de romphoek. Het zegt vooral iets over de ROM en vanuit de literatuur is dit een erg bepalend voor de functie van de Gluteus en de hamstrings. Aan de hand van de ROM kan er een advies gegeven worden over de kanteling van de bekken. Door de bekken naar voren te kantelen wordt ROM vergroot en kan er meer vermogen geleverd worden vanuit de spieren rondom het heupgewricht. De ideale ROM voor de heuphoek wordt gemeten vanaf de minimale hoek die heup maakt, 0 graden. De maximale hoek die de heup maakt is bij een maximale strekking van de knie, 45 graden. De feedback die gecommuniceerd moet worden tijdens de analyse tool is de ROM van de heup, optimaal is deze range 45 graden (zie figuur 13) (eis: b).

Kniehoek

Aan de hand van de knie hoek kan er bepaald worden of het zadel goed ingesteld is. De fiets instelling wordt gedaan aan de hand van een protocol van uit de literatuur maar dit is een benadering voor de beste instelling. Een kniehoek tussen 33 en 43 graden zou beste zijn als het pedaal op het laagste punt van de cyclus is. Het zou dus kunnen zijn dat de afstelling iets afwijkt waardoor het zadel nog een kleine aanpassing nodig kan hebben. Aan de hand van de kniehoek moet er na de training aangegeven worden of de instelling van het zadel juist is of dat er een aanpassing nodig is (eis: b).

2.6 Welke vorm van feedback is gewenst om de fietshouding aan te passen?

De parameters die van invloed zijn op de prestatie zijn vastgesteld. In de volgende hoofdstukken is er onderzocht hoe er het beste feedback gegeven kan worden op die prestatie verbeterende parameters. Uit interviews zijn waardevolle inzichten ontstaan die meegenomen kunnen worden in het project. De onderwerpen die besproken zijn, zijn de frequentie van feedback en op welke manier de feedback ontvangen moet worden. Er zijn verschillende meningen over deze onderwerpen wat laat zien dat de te ontvangen feedback aangepast zou moeten kunnen worden naar de wensen van de gebruikers.

Als het gaat om de frequentie van feedback ontvangen, is er naar voren gekomen dat dit ligt aan het doel waarmee gefietst wordt. Zo is er unaniem naar voren gekomen dat tijdens het testen van een nieuwe instelling of na een bike-fit de geïnterviewde graag constant feedback zouden willen ontvangen. Zodat er gekeken kan worden of de fiets goed ingesteld is, maar ook of de zitpositie veranderd is na de aanpassingen.

Voor het gebruik bij trainingsdoeleinden is er aangegeven dat het meer wenselijk is de feedback als interval te ontvangen. Bijvoorbeeld een overzicht na iedere 10 minuten met de belangrijkste aandachtspunten ten aanzien van de zithouding of trapfrequentie.

De meningen over de vraag over 'hoe' de feedback ontvangen zou moeten worden liggen uiteen. De vraag die gesteld is, is: 'Of de focus meer visueel of meer auditief zou moeten zijn?'. Er zijn geïnterviewde die meer voelen voor een visuele feedback en vice versa. De afweging hiervan zit zowel in het feit dat de tool veilig moet zijn en of de wielrenner oortjes (voor het gebruik van muziek bijvoorbeeld) gebruikt. Als de feedback alleen visueel beschikbaar is dan zal het impact hebben op de rijveiligheid van de wielrenner aangezien er mogelijk minder op de weg gelet zou worden.

Voor auditief is het afhankelijk of een wielrenner dus al met oortjes fietst of dat deze bereid is voor deze tool met oortjes te gaan fietsen. Tijdens de interviews is gebleken dat het als 'irritant' ervaren kan worden om auditief de feedback te ontvangen als deze niet professioneel gegeven wordt. Als extra toevoeging is er naar voren gekomen dat de feedback kort en bondig moet zijn om te kunnen gebruiken tijdens het wielrennen.

In de analyse tool moet de visuele feedback weergegeven worden aan de gebruiker. Ook moet de

gebruiker in kunnen stellen hoe vaak er feedback gegeven wordt in een samenvatting. Wenselijk is om in te kunnen stellen dat de feedback auditief teruggegeven wordt aan de gebruiker. (eis: e, g, h) (wens: e, f, g, h)

2.7 Onderzoek naar visuele en auditieve feedback

Het visualiseren van data omtrent het lichaam maakt mensen bewuster van hun lichamelijke factoren. Hierdoor zou het kunnen dat mensen gemotiveerd raken om te bewegen of in het geval van dit project de prestatie te verbeteren (Tong et al., 2014). Vaak worden data visualisaties gepresenteerd met behulp van grafieken en pictografie (Sadiku et al., 2016).

Met betrekking tot het visualiseren van de data is het volgens het artikel van Needham et al. (2020) belangrijk om met verschillende kleuren en profileringstechnieken te werken voor informatie die het belangrijkste is.

Het onderzoek van Fister en Fister (2019) bespreekt een aantal technieken die gebruikt kunnen worden tijdens het visualiseren van grote data verzamelingen, zoals data van lichaamshoeken. Onder deze technieken vallen onder andere iconografie. Ook suggereert het artikel dat een visualisatie een interactie met de gebruiker moet hebben. Het is belangrijk dat dit aspect goed benaderd wordt zodat de gebruiker niet hoeft na te denken over wat de visualisatie precies zegt.

Als het gaat om auditieve feedback geven aan een atleet dan moet er rekening gehouden worden in welke vorm de feedback gegeven wordt. Zo zijn vormen van feedback met een interne of externe focus belangrijk om uit elkaar te houden (Otte et al., 2020). Verschillende onderzoeken zeggen dat er geen significant verschil zit bij het leer proces tussen een interne of externe focus (Wulf et al., 2010) (Aiken & Becker, 2022). Het onderzoek van Abdollahipour et al. (2015) zegt wel dat voor prestatie (op training niveau) bevorderende feedback een externe focus beter zal werken. Daarom zal de auditieve feedback een meer externe focus omvatten dan een interne focus.

De visuele feedback moet uit kleur contrast en pictogrammen bestaan. Het is wenselijk dat de auditieve feedback een externe focus bevat. (eis: f, h, k, l, m) (wens: e, j, k)

2.8 Marktanalyse

Voor dit project zal er gekeken moeten worden naar 'wie' het product gaat aanschaffen. Het uiteindelijke product zal door verschillende gebruikers gebruikt kunnen worden. Er zal dus gekeken moeten worden naar welke groepen dit product zouden kunnen en willen aanschaffen.

Bikefitters zullen de tool kunnen gebruiken als controlemiddel voor het instellen van de fiets. Door het te gebruiken in het veld kan de bikefitter nog betere aanpassingen maken aan de fiets van de wielrenner. Ook zou het een middel kunnen zijn om het proces van bikefitting te kunnen verbeteren aangezien er met de analysetool real time data gegenereerd zou kunnen worden.

Wielerploegen/verenigingen zouden de tool kunnen gebruiken voor techniek training op de fiets. Zo kan er een verbetering behaald worden in de prestatie. Voor (professionele)wielerploegen zal het om de details gaan over de fietstechniek van individuele wielrenners. Voor wielerverenigingen zal het meer gaan om een algemene analyse van meerdere wielrenners. Hierbij zal het ook gaan om prestatie verbetering maar meer om het aanleren van een verbeterde algehele techniek van de wielrenner.

Bewegingsexperts/consultants zullen de tool gebruiken voor uitbreiding van hun diensten. De bewegingsexpert zou doormiddel van de analyse een adviesrapport kunnen maken voor de opdrachtgever.

Voor individuele wielrenners heeft een analyse tool meerdere functies. Zo kan er gekeken worden of de fiets anders ingesteld zou kunnen worden en of er aanpassingen aan de zithouding/beweeggedrag gemaakt zouden moeten worden om de prestatie te verbeteren.

3. Userstories

Door het maken van userstories kan er richting gecreëerd worden voor de ontwikkeling van het product. De userstories zijn ontstaan uit verkregen informatie rondom feedback over de zitpositie tijdens het fietsen. Deze informatie is ingewonnen doormiddel van het maken en het versturen van een vragenlijst (Bijlage 2). Ook worden de parameters uit de hoofdstukken hiervoor verwerkt in de userstories die gevonden zijn in de analysefase. Aan de hand van de gemaakte userstories kan er een programma van eisen opgesteld worden. De userstories worden verdeeld in een aantal categorieën. Deze categorieën bestaan uit sporter, coach/bewegingsexpert en product owner.

NR.	Sporter
1	Als sporter wil ik mijn feedback zowel visueel als auditief kunnen ontvangen.
2	Als sporter wil ik mijn feedback op een interval basis die ik zelf ik kan stellen.
3	Als sporter wil ook mijn snelheid en trap frequentie meekrijgen bij mijn feedback.
4	Als sporter wil ik niet afgeleid worden door constante feedback.
5	Als sporter wil ik zelf mijn instellingen beheren omtrent feedback.
6	Als sporter zou ik zelf willen aangeven op welk vlak ik feedback zou willen ontvangen.
7	Als sporter wil ik een overzicht hebben wat ik beter kan doen maar wel uitgelicht hebben wat het meeste effect kan hebben op mijn prestatie, tijdens de training.
8	Als sporter zou ik graag een eindrapport krijgen na mijn training zo dat ik een overzicht heb over mijn training.
9	Als sporter wil ik graag weten of ik mijn fiets goed ingesteld heb zodat ik het beste uit mijn fiets kan halen op alle vlakken.
10	Als sporter, wil ik tijdens mijn training kort en bondige feedback en aan het einde van mijn training een volledige rapportage zodat ik mij tijdens mijn training goed kan focussen op mijn trainingsschema.
11	Als sporter, zou ik het interessant vinden om de feedback aan te passen op het trainingsschema wat ik heb. Zo vind ik mijn houding belangrijker bij langere ritten en mijn trapfrequentie interessant bij intervaltraining.
	Coach/bewegingsexpert
12	Als expert, wil ik zowel constante feedback als op basis van interval feedback kunnen zien. Dit ligt aan de situatie waar voor de analyse gebruikt wordt.
13	Als expert, wil ik weten of de fiets goed ingesteld is.
14	Als expert, wil ik de meest effectieve aanpassing zien om de prestatie te verbeteren.
15	Als expert, wil ik de feedback visueel teruggekoppeld krijgen. Zodat ik mijn optische inschatting over de techniek per atleet betere aansluiting heeft.
16	Als expert, zou ik graag verschillende segmenten kunnen uitlichten en willen instellen aan het begin van de training.
17	Als expert, zou ik graag een eindrapport zien die opgeslagen kan worden zodat de voortgang van de atleet gemonitord kan worden.
18	Als expert, wil ik dat de feedback zo simpel en duidelijk mogelijk gecommuniceerd wordt naar de atleet. Zodat de atleet de feedback kan uitvoeren.
	Product owner
19	Als product owner, wil ik dat bij het eerste gebruik de lichaamsmaten ingesteld worden om de fiets afstellen waardoor de feedback nauwkeuriger wordt.

20	Als product owner, wil ik dat er een rapport tot stand komt zodat bulk data verwijderd zou kunnen worden.
21	Als product owner, zou ik graag zien dat er weinig instellingen aangeklikt moeten worden voor gebruik. Dit zou wel kunnen maar hoeft niet.
22	Als product owner, wil ik dat de parameter welke het meeste effect heeft op de prestatie getoond wordt. Zodat de applicatie het beste aansluit op het verbeteren van de prestatie.

3.1 Conclusie vanuit de userstories

Aan de hand van userstories is gebleken dat aanpasbaarheid een belangrijk begrip is bij het maken van het product. Aanpasbaarheid zowel op 'hoe' dat feedback ontvangen zal moeten worden als 'hoe vaak' de feedback gegeven moet worden.

Ook is door de wielrenners en coaches aangegeven dat er graag een eindrapportage na de fietstocht gepresenteerd wordt.

Verder is het belangrijk dat de feedback kort en bondig moet zijn met alleen de belangrijkste parameters. Zowel voor auditief als visueel.

Voor het gebruik van het product zullen er verschillende fases gemaakt worden om alle behoeftes te benaderen. (eis: e, f, g, h, i, j) (wens: c, d, e, f, h, i)

4. Totale lijst van eisen en wensen

Door de eisen en wensen van zowel de analysefase, de stakeholderanalyse en de belangrijke punten omtrent feedback samen te voegen is er een complete lijst van eisen en wensen gevormd. Elke eis of wens heeft een koppeling naar de analysefase, te zien aan het einde van ieder hoofdstuk van de analysefase. Dit zijn de eisen en wensen waar het eindproduct aan moet voldoen.

4.1 Eisen

Analyse

- Instelling zadelhoogte en saddle setback aan de hand van de methode in hoofdstuk 3.3.
- De bewegingsanalyse moet op basis van enkel-, knie-, heup- en romphoek, met als uitkomsten oriëntaties, hoeken of een ROM.
- De romphoek en posities van de handen op het stuur moet bepaald worden aan de hand van de snelheid.
- Trapfrequentie moet berekenend worden aan de hand de bewegingsanalyse.

Feedback

- Tijdsinterval van feedback moet instelbaar zijn.
- Tijdens de liveanalyse moet de feedback binnen 1 scherm gepresenteerd worden.
- Alleen de parameter met de meeste invloed moet zichtbaar zijn tijdens de live feedback.
- Feedback moet altijd visueel gepresenteerd worden.
- Na de training moet er een eindrapportage getoond worden van de parameters.
- Eindrapport moet een vergelijking kunnen geven met de vorige training.
- Visuele feedback komt terug in grafieken of pictogrammen.
- De range van parameters moet getoond worden aan de gebruiker. De range wordt gebruikt voor vergelijking van trainingen.
- Visuele feedback moet contrasten omvatten van kleur of helderheid.

4.2Wensen

Analyse

- Instelling stuur aan de hand van lichaamslengte.
- Feedback geven over asymmetrie tussen segmenten.

- c. Feedback aanpassen aan de trainingsomstandigheden, interval of duurtraining.

Feedback

- d. Voor het gebruik van de app is het wenselijk om zo min mogelijk instellingen aanklikken voor dat de applicatie gebruikt kan worden.
- e. Feedback ook auditief aanbieden.
- f. Feedback zo kort en bondig mogelijk aanbieden.
- g. Korte instructie geven bij het visuele plaatje voor verduidelijking
- h. Auditieve instructie niet langer zijn dan 5 zinnen (kort en bondig).
- i. Een mogelijk hebben om het eindrapport op te slaan voor vergelijking tussen trainingen.
- j. Feedback moet gebaseerd zijn op een externe focus.
- k. De pictogrammen en grafieken zeggen zonder uitleg al wat het doel is.

5. Ontwerpfase

Tijdens de ontwerpfase is er gebruik gemaakt van een scrummethode welke bestaan heeft uit drie sprints. Aan de hand van de eisen en wensen is er een ontwerp richting ontstaan. Na elke sprint is er geëvalueerd met 3 stakeholders (gebruiker, opdrachtgever en een bewegingsexpert) en is er gekeken of het product na elke sprint voldoet aan de gestelde eisen en wensen. Na elke evaluatie is de feedback verwerkt in het ontwerp. Op deze manier is het ontwerp steeds meer uitgebreid en heeft de betere aansluiting gekregen met de eisen en wensen.

5.1 Sprint 1

Aan de hand van de eisen en wensen is er naar voren gekomen dat de applicatie uit 3 fases zou moeten bestaan. Het doel van deze sprint is een globaal ontwerp te maken per fase. Tijdens de sprint zullen de fases onafhankelijk van elkaar ontworpen worden. Deze fases zullen bestaan uit een, introductiepagina, live analysepagina een eindrapportagepagina. Bij de introductiepagina kan de gebruiker zich aanmelden. Tijdens de eerste aanmelding worden er lichaamsmaten gevraagd om de fiets zo goed mogelijk in te stellen. Bij deze pagina kunnen wenselijke instellingen ook aangepast worden. Denk hierbij dan aan het instellen van auditieve feedback, het interval van feedback en de prioriteit van feedback. Bij de introductiepagina wordt ook getoond waar de sensoren geplaatst moeten worden en de status van de sensoren.

Bij de live analyse en feedbackpagina is live informatie te zien zoals de snelheid, trapfrequentie en andere ingestelde parameters. Na het aantal minuten dat ingesteld is komt er feedback van de in die tijd gemeten parameters. De parameter die het meeste invloed heeft op de prestatie zal als eerst getoond worden.

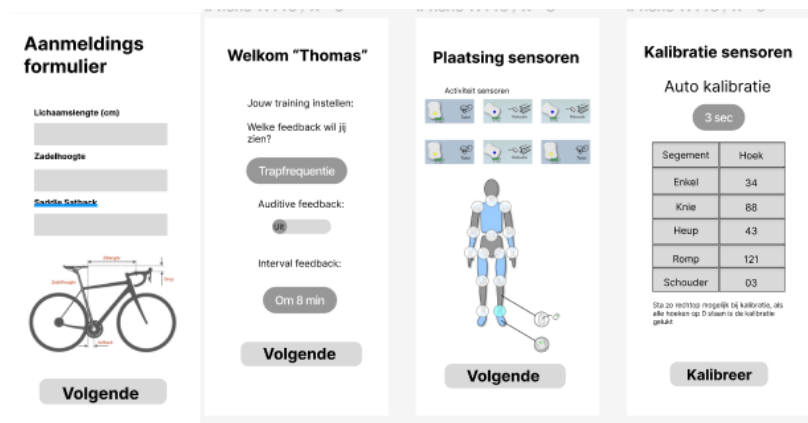
Bij de eindrapportagepagina, welke tevoorschijn komt op het moment dat de training wordt afgesloten, is een samenvatting te zien met betrekking tot de parameters. Er zou bijvoorbeeld ook een advies kunnen komen over de instelling van de fiets deze wordt gemeten aan de hand van de ROM van de knie.

Ontwerp

Voor het maken van ontwerpen wordt de applicatie Figma (Figma Inc., Figma.com) gebruikt, via Figma kunnen er namelijk smartphone of tablet formats ingevoerd worden. Het ontwerp zal bestaan uit een flow die laat zien hoe de applicatie eruit kan komen te zien als eindproduct. Dit zal aangepast worden aan de hand van een evaluatie met de stakeholders. Het ontwerp wordt getoetst aan de opgestelde userstories, eisen en wensen. Hieronder zijn de meest zeggende lagen te vinden zijn, de gehele flow van de eerste sprint is te vinden in bijlage 3.

Introductie pagina (zie figuur 15)

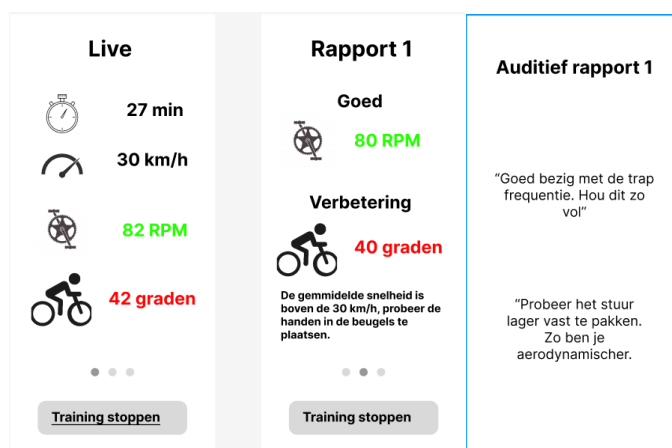
Bij de introductie pagina gaat het erom dat alle handelingen voor het gebruik van de analyse goed ingesteld zijn. In eerste instantie zal het gaan om het inloggen of het aanmaken van een profiel. Hierbij wordt aan de hand van lichaamslengtes een fietsinstelling voorgesteld. Vervolgens wordt gevraagd naar gebruik van navigatie en dataopslag om de analyse te kunnen gebruiken. Na het inloggen wordt gevraagd welke feedback de gebruiker zou willen ontvangen, of de feedback ook auditief gegeven moet worden en hoe vaak er een korte samenvatting weergegeven wenst te worden. De volgende stap bij de introductie is het activeren en de plaatsing van de sensoren. De laatste stap is de kalibratie van de sensoren, hierbij zal een interval ingebouwd worden.



Figuur 15, keyframes uit de flow voor de introductie pagina

Trainingspagina (figuur 16)

Bij de trainingspagina gaat het om de livefeedback die gegeven worden over de belangrijkste parameters, de best presterende en degene die het meeste aandacht nodig heeft. Ook de snelheid en duur van de training wordt live weergegeven. Verder staan er een aantal korte samenvattingen na iedere ingestelde tijdsinterval. Auditieve feedback is geschreven in de flow aangezien er geen audio toegevoegd kon worden bij het gebruik van Figma.

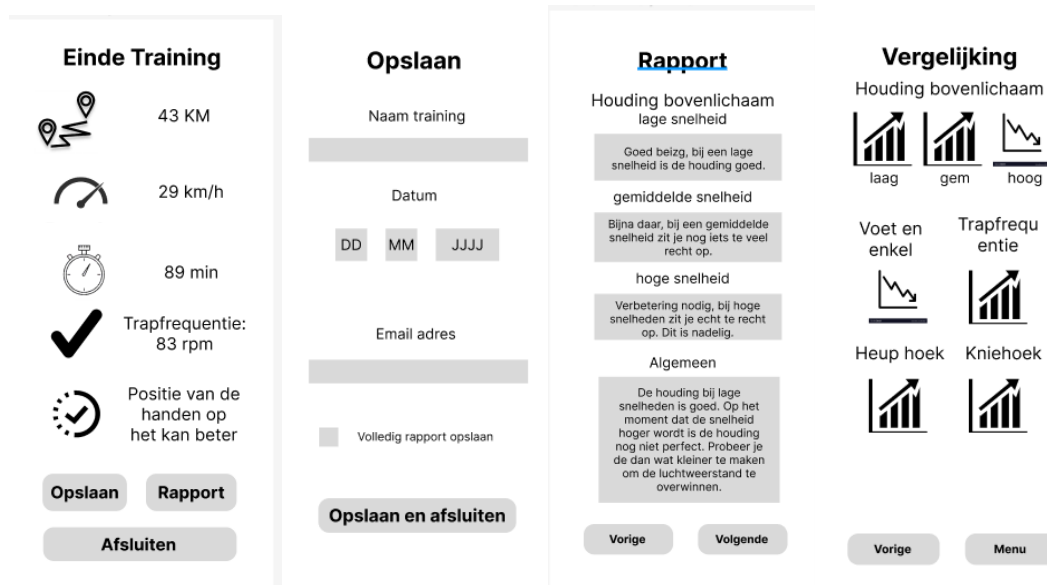


Figuur 16, keyframes uit de flow voor de trainingspagina

Eindrapport (figuur 17)

Na het afsluiten van de training ontvangt de gebruiker een klein eindrapport met de belangrijkste elementen van die training. Hier zal in staan wat de afgelegde afstand is, wat de gemiddelde snelheid was, hoe lang de training heeft geduurd, wat de beste parameter is geweest en welke parameter voor de volgende keer de meeste aandacht verdiend. Ook staan er op deze pagina 3 opties om aan te

klikken, een knop om de training op te slaan, een knop voor een volledige rapportage en een afsluitknop.



Figuur 17, keyframes uit de flow voor de eindrapportage

Evaluatie sprint1:

Aan het einde van de sprint is het ontwerp en het proces voorgelegd aan verschillende stakeholders. Het gaat hierbij om een gebruiker, de opdrachtgever en een bewegingsexpert (begeleider vanuit de Haagse Hogeschool, HHS). De feedback verkregen van de verschillende stakeholders wordt hieronder uitgewerkt en meegenomen in de volgende sprint zodat het product beter zal aansluiten op de behoeftes van die stakeholders.

Uit de feedback van de gebruiker, de opdrachtgever en de begeleider vanuit de HHS is naar voren gekomen dat er meer gekeken moet worden naar beschrijvende visualisaties. Dit zal voornamelijk moeten zodat data meer verduidelijking krijgt. Hierbij zal het gaan om de hoeken die momenteel weergegeven zijn als cijfers die met een stoplicht principe laten zien of de segmenten in een goede range zitten of dat hier nog verbetering voor nodig is. De visualisatie zal meer verklarend moeten zijn bij eerst zien van de feedback. Hierdoor kunnen snelle aanpassingen van de houding gecontroleerd worden.

Dit zou kunnen door een plaatje van een fietser samen met gradenbogen te gebruiken waarin te zien is waar de gewenste hoek zou moeten zijn en waar de positie op dat moment werkelijk is.

Bij het beginscherm gaat het om het aangeven van de fiets zelf zodat de gebruiker weet na het testen of de fiets daadwerkelijk goed ingesteld is aan de hand van de kniehoek.

Conclusie

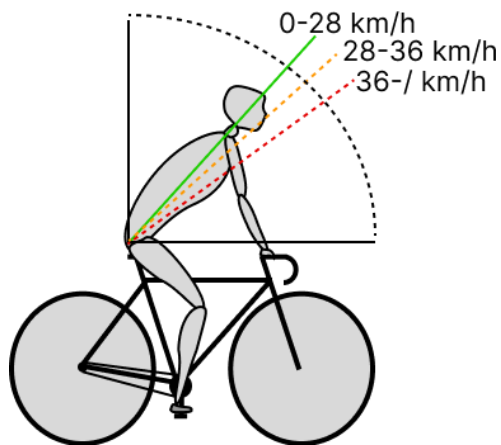
De opzet van het ontwerp voldoet aan wat de stakeholders zouden willen zien. De concrete feedback moet nog verder uitgewerkt worden aan de hand van visualisatieprincipes en de feedback vanuit de stakeholders. Hierbij zal het vooral gaan om goed beschrijvende pictogrammen of grafieken en een verloop in de live feedback omtrent alle bepaalde parameters vanuit de analyse fase. In deze sprint zijn een groot deel van de eisen verwerkt aangezien tijdens deze sprint de opzet van het framework tot stand gekomen is. De eisen die terugkomen in de flow na de eerste sprint zijn: a, b, c, d, e, f, g, h en i. De wensen die terugkomen in het ontwerp na de eerste sprint zijn: a, d, e, f en g.

5.2 Sprint 2

Tijdens de tweede sprint ligt de focus op het uitwerken van de feedback, van de eerste sprint, en het ontwerpen van pictogrammen.

Concepten nieuwe pictogrammen

Vanuit de verschillende stakeholders is naar voren gekomen dat er verschillende ontwerpen gemaakt moeten worden voor het aangeven van range waar binnen de gebruiker opereert. Bij deze range

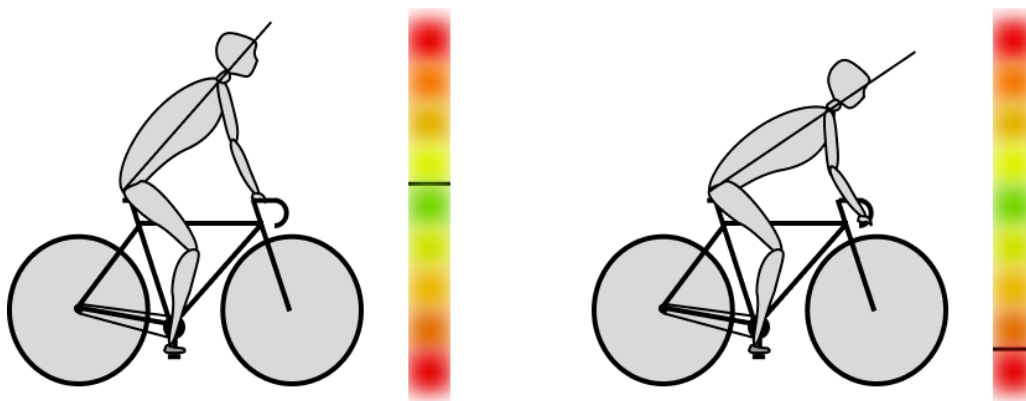


moet dan ook aangegeven worden of de gebruiker binnen de optimale positie opereert.

Hiernaast is weergegeven of de wielrenner een goede romppositie heeft aangenomen voor de snelheid waarmee gefietst wordt (figuur 18). De 'gevulde' lijn geeft aan in welke range de wielrenner op dat moment opereert. De gestippelde lijnen geven de andere ranges aan samen met de snelheid.

Figuur 18

Een andere manier om de range weer te geven kan aan de hand van een schuif. Bij deze schuif wordt meer een verloop van ranges getoond die aangeeft hoe ver de gebruiker zich van de optimale hoek bevindt (Figuur 19).



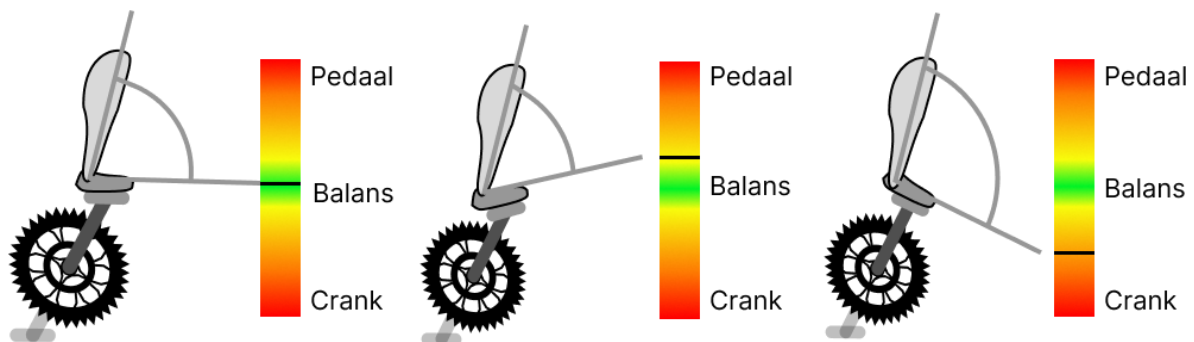
Figuur 19

Bij het volgende concept wordt een pictogram weergegeven omtrent de voet oriëntatie ten opzichte van het pedaal (figuur 20). Aan de hand hiervan weet de gebruiker hoe het vermogen geleverd wordt op het pedaal. Het pictogram is een vaste positie gepresenteerd maar dit laat het gemiddelde zien van de voet oriëntatie ten opzichte van de cyclus. Het laat zien hoe de voet over de hele cyclus zich beweegt en hoe dit beter zou kunnen. Bij deze pictogrammen wordt dit weergegeven aan de hand van een pijl. Hoe langer de pijl hoe meer vermogen er overgebracht kan worden op het pedaal.

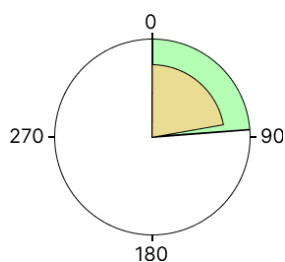


Figuur 20

Bij een ander concept omtrent de oriëntatie van de voet (figuur 21) wordt via een gradenboog getoond hoe de voet zich oriënteert over de hele cyclus. De gradenboog zal samen met een range schuif weergegeven worden in het concept.



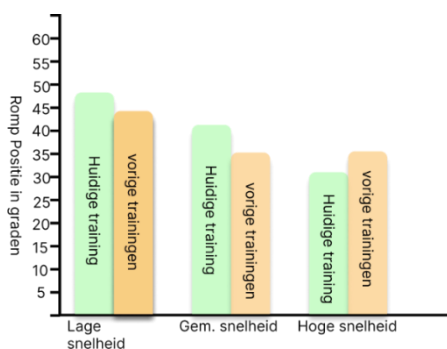
Figuur 21



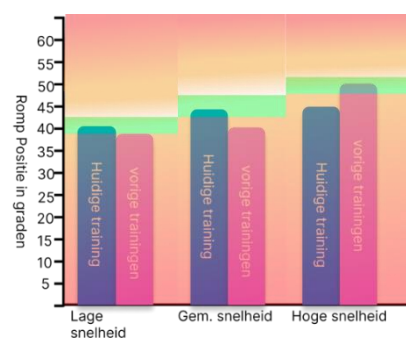
Voor het aangeven van lichaamshoeken in vergelijking tot de vorige trainingen is ervoor gekozen om aan de hand van een cirkeldiagram de hoeken weer te geven. In het geval van figuur 22 wordt er onderscheid gemaakt tussen de huidige training (licht groen) en de vorige training (licht oranje). Bij dit concept wordt de maximale hoek van een gewricht weergegeven.

Figuur 22

Voor het vergelijken van de romppositie is gekozen om dit weer te geven aan de hand van een staafdiagram (figuur 23). Het principe van huidige en vorige training wordt in dit figuur weergegeven. Op de Y-as worden de graden weergegeven. En op de X-as wordt aangegeven om welke snelheid het gaat. Een ander concept (figuur 24) is hetzelfde principe alleen hierbij is een kleuren schaal toegevoegd. Waarbij te zien is in welke range er geopereerd wordt.

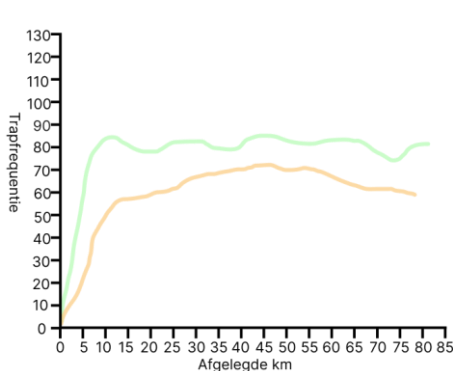


figuur 23

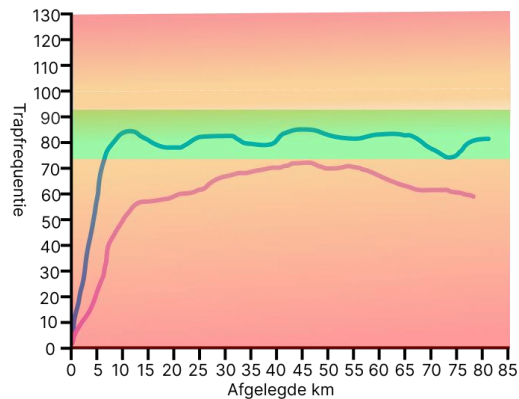


Figuur 24

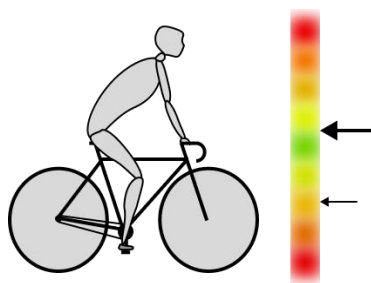
Voor de trapfrequentie is er gekozen voor een lijn grafiek (figuur 25). Zo is de trap frequentie van de gehele rit te zien en die van de vorige training. Op de Y-as staan de omwentelingen per minuut. Op de X-as staan de afgelegde kilometers. Ook voor de trap frequentie is een ander concept gemaakt waarin een kleuren schaal is toegevoegd (figuur 26). Deze zal hetzelfde zijn als bij de rompositie.



Figuur 25



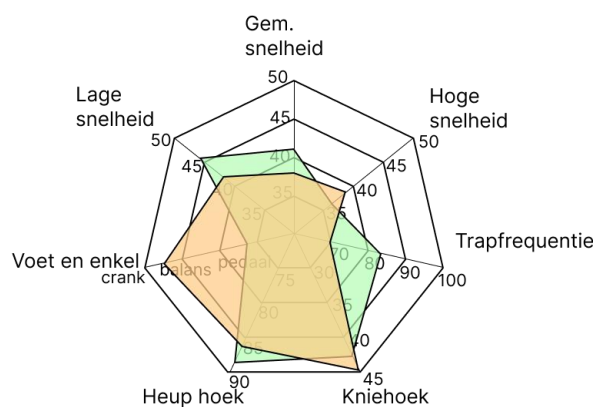
Figuur 26



De visualisaties zouden ook op een andere manier weer gegeven kunnen worden met 1 staafdiagram. Dan worden er pijlen toegevoegd voor de huidige en vorige training (figuur 27). De grote pijl geeft in dit geval de huidige training aan en kleine pijl de vorige training.

figuur 27

Een andere manier om een samenvatting te geven voor het vergelijken van trainingen zou bijvoorbeeld een radardiagram kunnen zijn (figuur 28). Bij het radardiagram zijn alle prestatiegerichte parameters in 1 pictogram samengevat. Het nadeel van deze vorm is wel dat de gebruiker zelf moet ontleden wat welk aspect inhoudt. Het is niet in 1 oogopslag duidelijk om welke parameter het precies gaat en wat de informatie inhoudt.



Figuur 28

Voor de aanduiding van voorgang zou een pictogram met als kleur aanduiding gekozen kunnen worden (figuur 29). De pictogrammen bestaan uit een vinkje, streepje en een kruis. De



pictogrammen zijn gevuld met een kleur afhankelijk waar de gebruiker zich bevindt binnen de range van de parameter.

Figuur 29

Evaluatie stakeholders

Er is feedback gegeven door de stakeholders over de verschillende concepten. De feedback en essentiële karakters van de concepten zijn verwerkt in een Harris Profile. Het Harris Profile bestaat uit de feedback van de stakeholders en de wensen van de gebruikers die in kaart zijn gebracht aan de hand van de vragenlijst.

Voor de voet oriëntatie werd een oordeel lastig bevonden aangezien de 2 concepten twee verschillende dingen zeggen, richting en grootte van de kracht en de positie van de voet ten opzichte van het onderbeen. De voorkeur is uiteindelijk naar het concept gegaan waarin de gradenbogen zijn weergegeven.

De gradencirkel was niet geheel duidelijk en werd in eerste instantie opgemerkt als een trapcyclus. Voor de gradencirkel was het advies deze kleiner te maken aangezien het grootste gedeelte van de cirkel niet gebruikt wordt.

Beide grafieken werden positief benadert al was er wel een suggestie voor het eindconcept. De kleuren in het tweede concept van beide grafieken zorgde ervoor dat het resultaat niet goed naar voren komt. Hiervoor is de suggestie gekomen om in de lijn de range toe te voegen en het verschil tussen huidige training en vorige training aan te geven met een vaste lijn en een doorbroken lijn. Voor de range indicator is de suggestie om deze te gebruiken bij verschillende concepten als toevoeging.

Het spinnenweb heeft zeker potentie al is het nog niet helemaal compleet. De suggestie die gegeven werd was om andere onderzoeken te bekijken en daar kennis uit te halen.

Een andere suggestie die gegeven is, is dat er bij elke pictogram of plaatje een schuif toegevoegd kan worden, zodat er ten alle tijden duidelijk is waar de gebruiker zich bevindt ten opzichte van optimaal. Verdere feedback is meer omtrent het kleuren gebruiken bij het vergelijken van trainingen. Er wordt nu gebruik gemaakt van groen en oranje wat weer kan suggereren dat het om goed of fout gaat in plaats van het aangeven van verschillende trainingen.

Beoordeling concepten

De concepten zijn getoetst aan de hand van een Harris profile, figuur 30. In het Harris Profile zijn de wensen van de stakeholders (evaluatie sprint 2) en gebruikers (vragenlijst, bijlage 2) verwerkt. Aan de hand hiervan worden de nieuwe concepten geplaatst in de 'flow' voor het frame werk van een applicatie.

	Wielrenner en gradenboog					Wielrenner en Range schuif			
Wensen	-2	-1	1	2		-2	-1	1	2
Contrasten in kleur									
Afbeeldingen en grafieken									
Range in vergelijking									
Duidelijkheid									
	Enkel en lijn					Enkel en grafiek			
Wensen	-2	-1	1	2		-2	-1	1	2
Contrasten in kleur									
Afbeeldingen en grafieken									
Range in vergelijking									
Duidelijkheid									
	Graden cirkel voor hoeken					Staf grafiek voor prestatie vergelijking (1)			
Wensen	-2	-1	1	2		-2	-1	1	2
Contrasten in kleur									
Afbeeldingen en grafieken									
Range in vergelijking									
Duidelijkheid									
	Staf grafiek voor prestatie vergelijking (2)					Lijn Grafiek voor prestatie vergelijking (1)			
Wensen	-2	-1	1	2		-2	-1	1	2
Contrasten in kleur									
Afbeeldingen en grafieken									
Range in vergelijking									
Duidelijkheid									
	Lijn grafiek voor prestatie vergelijking (2)					Range indicator			
Wensen	-2	-1	1	2		-2	-1	1	2
Contrasten in kleur									
Afbeeldingen en grafieken									
Range in vergelijking									
Duidelijkheid									
	Aanduiding voortgang					Spinnen web			
Wensen	-2	-1	1	2		-2	-1	1	2
Contrasten in kleur									
Afbeeldingen en grafieken									
Range in vergelijking									
Duidelijkheid									

Figuur 30, Harris Profile voor de toetsing van de concepten aan de hand van de wensen van stakeholders en gebruikers.

Rompcompositie: Het concept dat bij het Harris Profile het beste scoort is het concept met de schuif. Het nadeel is wel dat er alleen de romp parameter aangegeven kan worden met een lijn. Bij de overige parameters is dit niet mogelijk.

Voetpositie: Het concept met de gradenboog scoort bij deze het beste. Met de toevoeging van de schuif om aan te geven hoe ver de gebruiker van de optimale positie af zit.

Gradencirkel: Deze scoort niet hoog in het Harris Profile maar geeft een goede indicatie van de bewegingsuitslag waarin geopereerd wordt. Dit concept kan duidelijkheid geven door het toevoegen van de schuif over hoe de prestatie verbeterd zou kunnen worden.

Stafgrafiek: Voor het vergelijken van de romphoek met een overige training is de tweede stafgrafiek die het beste scoort. Het verschil zit er vooral in dat de range naar de optimale positie hier zichtbaar is.

Lijngrafiek: Voor het vergelijken van de trapfrequentie met een vorige training scoort ook de tweede grafiek het beste. Wederom aangezien hier een range aan toegevoegd is.

Range indicator: Het principe van de schuifzelf scoort hoog en zal dus zo veel mogelijk geïntregeerd kunnen worden in het product.

Spinnenweb: Dit concept scoort als één van de lagere concepten binnen het Harris Profile. Het spinnenweb zorgt er wel voor dat er minder plaatjes nodig zijn op 1 pagina en zal dus wel overwogen moeten worden het gebruikt kan worden in het product.

Aanduiding voortgang: dit concept scoort laag binnen het Harris Profile aangezien het op zichzelf niks zegt over één van de parameters. Hierdoor zal het waarschijnlijk ook bij de stakeholders laag scoren.

Conclusie evaluatie sprint 2

De tool krijgt steeds meer een vorm die voldoet aan de eisen en wensen van de stakeholders. Er zullen daarom geen nieuwe concepten gemaakt worden. De concepten die gekozen zijn via het Harris Profile hoeven alleen nog verder uitgewerkt te worden. Voor de derde en laatste sprint zal de focus

liggen op het volledig maken van het eindontwerp. Tijdens deze sprint is er gewerkt aan het ontwikkelen van concepten voor visualisaties zowel in de live-analyse als de visualisaties van het eindrapport. De eisen van de feedback die verwerkt zijn tijdens deze sprint zijn de volgende: d, f, g en h. De wensen rondom de feedback die verwerkt zijn tijdens deze sprint zijn: f, g, h, i en j. De eisen en wensen van de analyse zijn verwerkt in sprint 1.

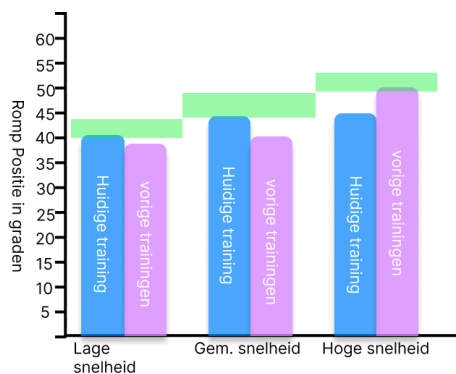
5.3 Sprint 3

Tijdens deze sprint zijn er voornamelijk feedback punten vanuit de stakeholders door gevoerd met betrekking tot de concepten. Als dit voltooid is zullen de verbeterde concepten samengevoegd worden en tot een eindontwerp komen. De focus van de laatste verbeterslag omtrent de concepten ligt vooral op het vereenvoudigen van de concepten die er nu al staan. Na het bekijken van de userstories is er nog één aspect waaraan voldaan moet worden; de videofunctie voor de coaches, trainers en andere experts.

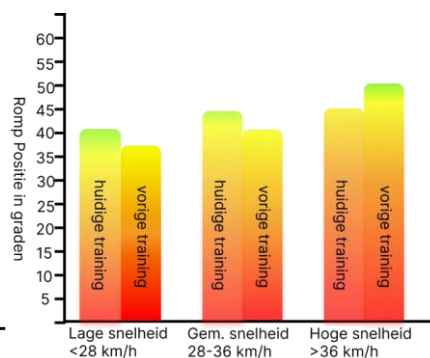
Vereenvoudiging van de concepten

De feedback van de stakeholders is erop neergekomen dat de grafieken in de tweede sprint erg druk bevonden worden. Er moet dus gekeken worden naar een oplossing om de range wel te behouden maar het zo simpel mogelijk aan te bieden.

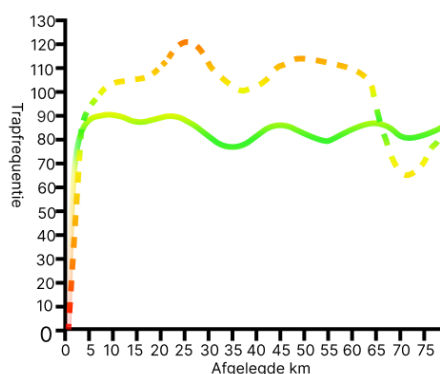
Om tot dit doel te komen wordt er gebruik gemaakt van een lijn of een staaf die zelf de range aangeeft (figuren 31 t/m 33). Dit houdt in de range op de achter grond wegvalt waardoor er meer 'visuele rust' ontstaat. De vergelijking van trainingen wordt aangegeven doormiddel variërende vormen van lijnen. Dit houdt in dat een gevulde lijn de huidige training aangeeft, een doorbroken lijn geeft de vorige training aan. Bij een staafdiagram zal het verschil in trainingen nog steeds tekstueel worden aangegeven. De range van deze staaf zal aangegeven worden doormiddel van de staaf een range te geven. De top van de staaf geeft de staat aan van de parameter ten opzichte van de range.



Figuur 31

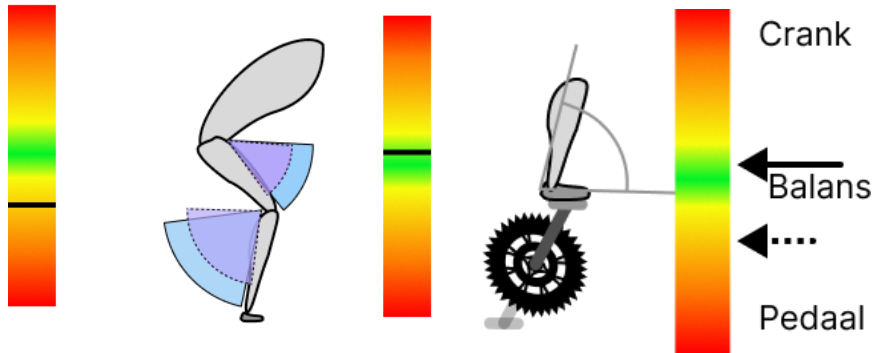


Figuur 32



Figuur 33

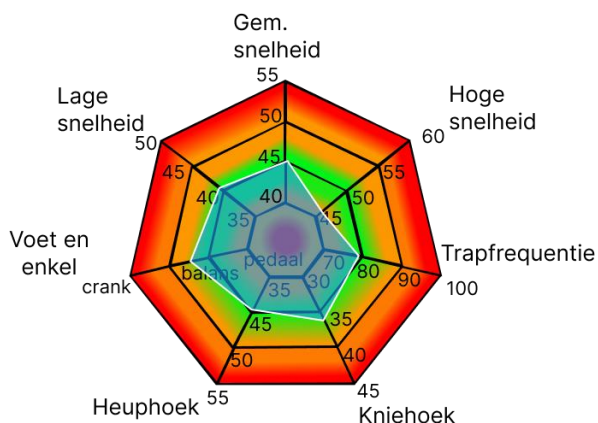
Om de toepassing van de range schuif te optimaliseren zijn er een aanpassing gemaakt aan de kleurenschaal. Betreft de toepassingen wordt deze ingezet bij zowel de live-training (figuur 34) als in de overzichten na de trainingen (figuur 35). Bij de live training is schuif te zien met een balk die aangeeft binnen welke range de gebruiker opereert. Bij het overzicht wordt het gebruikt om aan te geven hoe de gemiddelde prestatie was, dit ook in vergelijking met de vorige training. Dit wordt aangegeven met twee pijlen, een grote gevulde pijl (huidige training) en een kleine doorbroken pijl (vorige training).



Figuur 34

Figuur 35

Voor het algemene overzicht van het beëindigen van de training is er toch gekozen voor een spinnenweb (figuur 36). Aan de hand hiervan is in één oogopslag te zien hoe de gebruiker scoort op de verschillende parameters. Er zijn een aantal aanpassingen gemaakt sinds de tweede sprint aan het spinnenweb. De voornaamste aanpassing is ook weer een range die toegevoegd is aan het spinnenweb zodat meteen zichtbaar is waar nog aandacht vereist wordt. Ook wordt het spinnenweb niet gebruikt als vergelijking maar als samenvatting van de huidige prestatie. De vorige training zal in het spinnenweb niet vertoond worden aangezien dit 'verwarrend over kan komen'.



Figuur 36

Toevoeging videofunctie

Voor dit project zullen er een twee tabbladen (figuur 38 & 42) gemaakt worden voor de coaches, trainers en bewegingsexperts. In het eerste tabblad wordt de videofunctie aangezet en kan er geselecteerd worden welke parameters uitgelicht zullen worden in de videoanalyse. Het tweede tabblad zal een video analyse functie bevatten waarin feedback gegeven wordt over de gekozen parameters.

6. Eindontwerp

De aangepaste pictogrammen zijn in de flow verwerkt. Deze versie van de 'flow' zal dan ook het eindontwerp zijn. Door de parameters, die gevonden zijn in de analyse fase en de userstories, samen te voegen met feedback en input van stakeholder is dit eindontwerp ontstaan. Het eindontwerp zal nog getoetst worden aan userstories hierdoor is te zien hoe dicht het eindontwerp bij de behoefte van de stakeholders ligt. Hieronder zullen belangrijke frames te zien zijn uit de flow, in de deze frames zijn de meeste veranderingen door gevoerd. Voor de volledige flow zie bijlage 4 of deze ga door het eindontwerp in Figma via deze link: [Sportslapp as a service](#).

6.1 Introductie

The image shows two side-by-side keyframes for the 'Aanmelden' (Registration) screen. Both screens have a light blue background and a white title bar.

Left Keyframe:

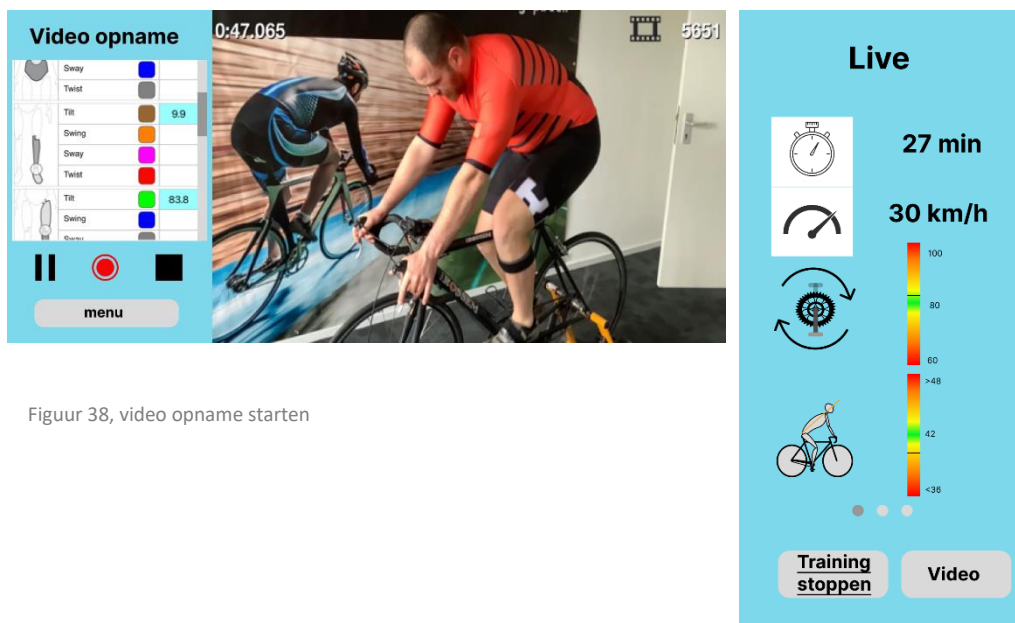
- Title: **Aanmelden**
- Form fields:
 - Lichaamslengte (cm): 183
 - Trochanter major, been lengte (cm): 94
 - Frame maat: [empty]
 - Wiel diameter: [empty]
- Diagram: A bicycle with labels for 'Lichaamslengte', 'Trochanter major', 'Frame maat', and 'Wiel diameter'.
- Bottom button: **Volgende**

Right Keyframe:

- Title: **Aanmelden**
- Form fields:
 - Zadelhoogte (cm): 94,01
 - Saddle Setback (cm): 8,59
 - Afstand stuur - zadel (cm): 59,78
 - Hoogte verschil stuur - zadel (cm): 12,19
 - Afstand as crank - zadel (cm): 77,84
- Diagram: A bicycle with labels for 'Zadelhoogte', 'Saddle Setback', 'Afstand stuur - zadel', 'Hoogte verschil stuur - zadel', and 'Afstand as crank - zadel'.
- Bottom button: **Volgende**

Figuur 37, keyframes voor de introductie pagina

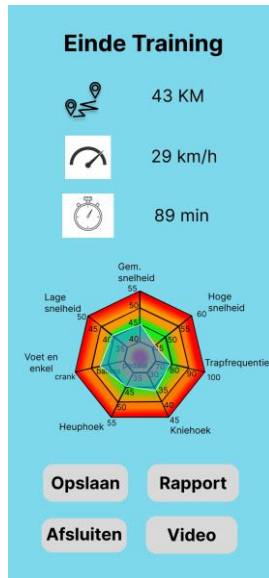
6.2 Live feedback



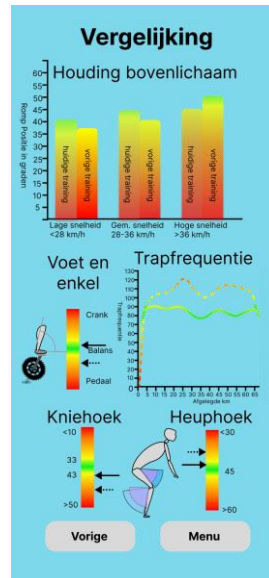
Figuur 38, video opname starten

Figuur 39, live analyse

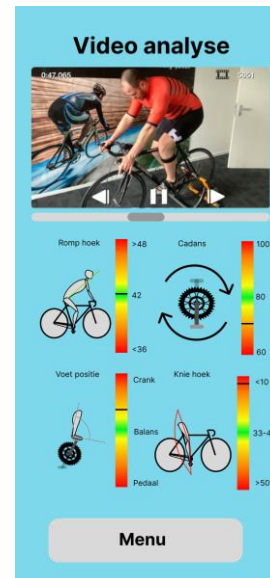
6.3 Eindrapportage



Figuur 40, samenvatting training



Figuur 41, vergelijking trainingen



Figuur 42, video analyse

7. Evaluatie en toetsing van het eindontwerp

Het eindproduct wordt getoetst doormiddel van het vergelijken van de userstories met de functies en eigenschappen van het eindproduct. Als de userstories gelijkenis hebben met het product dan is dit ontwikkelproject geslaagd.

De toetsing van het eindontwerp wordt gedaan door de userstories kritisch te vergelijken met het eindontwerp. Dit wordt gedaan aan de hand van een stoplicht principe; groen betekent voldaan, oranje betekent aanwezig maar vergt meer diepgang en rood betekent niet aanwezig.

1	Als sporter wil ik mijn feedback zowel visueel als auditief kunnen ontvangen.	
2	Als sporter wil ik mijn feedback op een interval basis die ik zelf ik kan stellen.	
3	Als sporter wil ook mijn snelheid en trap frequentie meekrijgen bij mijn feedback.	
4	Als sporter wil ik niet afgeleid worden door constante feedback.	
5	Als sporter wil ik zelf mijn instellingen beheren omtrent feedback.	
6	Als sporter zou ik zelf willen aangeven op welk vlak ik feedback zou willen ontvangen.	
7	Als sporter wil ik een overzicht hebben wat ik beter kan doen maar wel uitgelicht hebben wat het meeste effect kan hebben op mijn prestatie, tijdens de training.	
8	Als sporter zou ik graag een eindrapport krijgen na mijn training zo dat ik een overzicht heb over mijn training.	
9	Als sporter wil ik graag weten of ik mijn fiets goed ingesteld heb. Zodat ik het beste uit mijn fiets kan halen op alle vlakken.	
10	Als sporter, wil ik tijdens mijn training kort en bondige feedback en aan het einde van mijn training een volledige rapportage. Zodat ik mij tijdens mijn training goed kan focussen op mijn trainingsschema.	
11	Als sporter, zou ik het interessant vinden om de feedback aan te passen op het trainingsschema wat ik heb. Zo vind ik mijn houding belangrijker bij langere ritten en mijn trapfrequentie interessant bij intervaltraining.	
12	Als expert, wil ik zowel constante feedback als op basis van interval feedback kunnen zien. Dit ligt aan de situatie waar voor de analyse gebruikt wordt.	
13	Als expert, wil ik weten of de fiets goed ingesteld is.	

14	Als expert, wil ik de meest effectieve aanpassing zien om de prestatie te verbeteren.	
15	Als expert, wil ik de feedback visueel teruggekoppeld krijgen. Zodat ik mijn optische inschatting over de techniek per atleet betere aansluiting heeft.	
16	Als expert, zou ik graag verschillende segmenten kunnen uitlichten en willen instellen aan het begin van de training.	
17	Als expert, zou ik graag een eindrapport zien die opgeslagen kan worden zodat de voortgang van de atleet gemonitord kan worden.	
18	Als expert, wil ik dat de feedback zo simpel en duidelijk mogelijk gecommuniceerd wordt naar de atleet. Zodat de atleet de feedback kan uitvoeren.	
19	Als product owner, wil ik dat bij het eerste gebruik de lichaamsmaten ingesteld worden om de fiets afstellen waardoor de feedback nauwkeuriger wordt.	
20	Als product owner, wil ik dat er een rapport tot stand komt zodat bulk data verwijderd zou kunnen worden.	
21	Als product owner, zou ik graag zien dat er weinig instellingen aangeklikt moeten worden voor gebruik.	
22	Als product owner, wil ik dat de parameter welke het meeste effect heeft op de prestatie getoond wordt. Zodat de applicatie het beste aansluit op het verbeteren van de prestatie.	

Zoals te zien in de toetsing sluiten de meeste userstories aan op het eindontwerp. Er kan ook geconcludeerd worden dat de elke userstory in meer of mindere maten verwerkt zijn in het eindontwerp wat inhoudt dat er geen rode scores zijn uitgedeeld. Er zijn 3 userstories die wel aanwezig zijn maar nog niet helemaal aansluiten op de wens. Deze onderwerpen beslaan vooral het in kunnen stellen van de gewenste feedback tijdens de training. Ook de analyse van het eindontwerp aanpassen op een trainingsschema is niet volledig behaald. In het begin van de training kan dit ingesteld worden maar niet tijdens.

Alle eisen zijn verwerkt binnen het eindontwerp zowel vanuit de analyse als van de feedback. Het merendeel van de wensen zijn verwerkt in het eindontwerp. De wensen die niet verwerkt zijn in het eindontwerp komen overeen met de uitkomsten van userstories. Deze wensen vanuit de analyse die niet behaald zijn, zijn de volgende: b, feedback geven over asymmetrie tussen segmenten en c, feedback aanpassen aan de trainingsomstandigheden, interval of duurtraining.

8. Discussie

Tijdens de afstudeerperiode is in opdracht van Kinetic Analysis B.V. een framework ontwikkeld voor een dynamische analyse tool voor de zithouding en andere prestatiegerichte parameters bij het wielrennen. Het framework voldoet aan alle opgestelde eisen en heeft betrekking op bijna alle wensen en de gemaakte userstories. De feedback die wordt gegeven over de parameters voldoen aan de gevonden richtlijnen vanuit het literatuuronderzoek, zowel visueel als auditief.

Parameters

Er is veel tijd besteed aan het bepalen van de parameters die belangrijk zijn voor het verbeteren van de prestatie tijdens het wielrennen. Zo is er goed in kaart gebracht welke spieren er het meeste invloed hebben tijdens het wielrennen. Ook is er bepaald in welke positie deze spieren dan het beste tot hun recht zouden kunnen komen. Hierdoor is duidelijk geworden welke houding de meeste invloed heeft op de activiteit van de spieren en dus de prestatie. Het uitgebreide onderzoek hiernaar is een sterk punt, doordat er uitgebreid onderzoek is gedaan kan er relevante en complete feedback gegeven worden op de betreffende parameters. Er is ook veel aandacht besteed aan het bepalen van de asymmetrie. Aan de hand hiervan is de plaatsing van de sensoren bepaald. Dit proces is tijdrovend geweest, tijd die ook ingezet had kunnen worden op andere plekken. Dit is een valkuil geweest van het project anders had er meer tijd besteed kunnen worden aan de sprints. De bepaling van de romppositie in relatie tot aerodynamica is een sterk punt van dit project. Door het onderzoek wat gedaan is, is er gekaderd wanneer een positie aangenomen moet worden vanaf welke snelheid. Het heeft wel een keerzijde aangezien er verschillende factoren niet meegenomen zijn in de bepalen van de romppositie. De voornaamste factor die niet meegenomen is tijdens dit project is de oplopende en afnemende luchtweerstand, als gevolg van wind, tijdens het wielrennen.

Een kritische noot is ook het benaderen van hoekbepalingen. Zo zijn er tijdens dit project vooral de hoeken in het sagittale vlak benaderd. Het zou van waarde kunnen zijn om andere vlakken toe te voegen voor kleinere veranderingen. Dit zou zeker een toevoeging zijn voor experts en professionals. In het vervolg van dit project zou er verder onderzoek gedaan kunnen worden naar de heuphoek en ROM aangezien dit een variabele parameter zou kunnen zijn en vooral ligt aan de persoon. Er kan niet vanuit één getal gewerkt worden aangezien er in meerdere posities van de romp geopereerd wordt welke invloed heeft op de ROM van de heup. Er zal bijvoorbeeld onderzoek gedaan kunnen worden naar de verschillen binnen de ROM van de heup op het moment dat de romp oriëntatie veranderd.

De hoek van de enkel is andere parameter waar nader onderzoek naar gedaan zou kunnen worden. Zo zou er onderzocht kunnen worden aan de hand van vermogensmeters wat de ideale hoek is van de enkel bij verschillende fases in de trapcyclus.

Ontwerp

Het framework dat ontwikkeld is, is met de gebruiker in het achterhoofd ontworpen. Het ontwerp is gebaseerd op de parameters vanuit het literatuuronderzoek. De basis van het feedback geven over de houding en trapfrequentie is ontstaan aan de hand van literatuuronderzoek en input van de gebruikers zelf. Door het samenbrengen van de aspecten is het eindontwerp ontstaan. Doordat er verschillende invalshoeken gebruikt zijn om tot het eindontwerp te komen is dit gelijk een van de sterkere punten van het eindontwerp. Het eindontwerp is volledig naar eigen wens in te stellen omtrent feedback geven, dit is een ander pluspunt. Het instellen van de fiets zelf is ook een pluspunt. Dit wordt gedaan aan de hand van een methode die rekening houdt met de verhouding van lichaamslengte en beenlengte. Tijdens het fietsen wordt kort en bondig feedback gegeven over wat goed gaat en wat verbetering nodig heeft. Het nadeel van deze functie is wel dat als de voorkeur

voor de training is ingesteld, dat tijdens de training de voorkeur niet meer aangepast kan worden. De ontwerpen die gemaakt zijn in Figma zijn visueel gezien een goede representatie van hoe een dergelijke tool in de toekomst zou kunnen functioneren. Het nadeel van dit programma is dat er niet met echte real-time data gewerkt kan worden. De data in de grafieken en pictogrammen zijn wel zo goed mogelijk naar de optimale waardes ontworpen. Voor een vervolg van dit project zal er samen gewerkt moeten worden met een ontwikkelaar om het framework om te zetten naar een daadwerkelijk werkende tool.

Sprint

De methode om tot het eindontwerp te komen is de scrummethode met een totaal van sprints van ieder ongeveer twee weken. Na iedere sprint werd het behaalde resultaat met drie stakeholders geëvalueerd. Elke sprint heeft een bijdrage gehad om tot het eindontwerp te komen. De ruimte om de evaluaties door te voeren was beperkt door het gevoel van gebrek aan tijd. Zo stond na de eerste sprint al vast hoe de 'flow' er uit zou gaan zien. Na de feedback is er nog een korte periode geweest om een aanpassingen te maken aan de 'flow'. Het nadeel is geweest dat hierdoor maar één sprint gebruikt is voor het ontwerpen van pictogrammen en grafieken voor het presenteren van de feedback. Dit was ook nog eens de tweede sprint wat niet helemaal ideaal is aangezien dan de ontwerp richting al vaststaat. Het maken van de pictogrammen zou in het vervolg over verschillende sprints verdeelt kunnen worden. Hierdoor worden er meer feedback momenten gecreëerd en zullen de pictogrammen beter aansluiten op de wensen van de stakeholders. De andere zijde van deze keuze is wel dat er een kader gevormd is na de eerste sprint samen met de input van gebruikers en andere stakeholders. Hierdoor kan er efficiënt gewerkt worden aan concepten.

Het bepalen van de concepten die terug zouden komen in het eindontwerp is beoordeeld doormiddel van een Harris Profile. Door dit te doen is er een sterk beeld ontstaan welke concepten binnen het eindontwerp zouden passen. De derde sprint heeft helaas door gebrek aan tijd maar één week kunnen duren. Normaal gesproken is dit niet ideaal maar aangezien er een duidelijk doel ontstaan is na de tweede sprint was het mogelijk om het doel te halen binnen 1 week. Het was fijn geweest als er uitgebreider met de stakeholders geëvalueerd zou kunnen worden over het ontwerp aan het einde van de derde sprint. Zodat de feedback van de stakeholder nog verwerkt kon worden voor het presenteren van het eindontwerp. Na de derde sprint is er een eindontwerp tot stand gekomen.

Er is merendeel gebruik gemaakt van pictogrammen en ranges, wat goed aansluit bij de wensen van de wielrenners. Voor de andere stakeholders zou er een optie gemaakt kunnen worden wat lijkt op het huidige Sportslapp systeem, wat meer gefocust is op grafieken en ruwe data.

Gebruik van sensoren

Het grote voordeel aan de Sportslapp set up is dat er geen computers en ingewikkelde software gebruikt hoeft te worden. Dit is ideaal voor stakeholders die niet gewend zijn met geavanceerde systemen te werken. Het nadeel van het huidige Sportslapp systeem zit erin dat er een grote lokale opslag nodig is op het moment dat er langere tijd gemeten wordt. Dit komt namelijk voort uit het feit dat tijdens een meting ook een video gemaakt wordt. De meting en de video kunnen niet onafhankelijk van elkaar opgeslagen worden. Voor de toekomst zou het goed zijn als de ruwe data en het videomateriaal onafhankelijk van elkaar opgeslagen zouden kunnen worden. Een andere oplossing is om een directe opslag te hebben in de Cloud om te zorgen dat het device niet overbelast hoeft te worden. Al komen hier de tussentijdse rapporten bij kijken. Hierdoor kan er een samenvatting gemaakt worden van de data die tot die periode verzameld is. Op het moment dat de tussentijdse samenvatting opgeslagen is dan kan die data weer verwijderd worden. Het vergt wel

veel programmeer werk om zoiets te ontwikkelen. Een ander nadeel aan een motion capturing systeem is dat sensoren vaak duur zijn. Dit is een gegeven wat niet snel veranderd kan worden aangezien de technologie die gebruikt wordt eenmaal vrij prijzig is. In dit project is ervan uitgegaan dat de bewegingsanalyse op basis van 6 sensoren uitgevoerd wordt. Dit zal betekenen dat het voor de meeste individuen niet haalbaar is om een systeem als dit aan te schaffen. Daarom zal er gekeken moeten worden naar andere oplossingen binnen het systeem of binnen de doelgroepen.

Er zou ook nog verder onderzocht moeten worden hoe de sensoren reageren op langere ritten in het veld. Er is tijdens dit project wel getest in het veld met de sensoren maar nooit langer dan 30 minuten. Er zal dus onderzocht moeten worden wat de afwijking zou kunnen zijn van de registratie van de sensoren en wanneer de afwijking te groot wordt om een goede analyse te kunnen doen. Er zou als de afwijking te groot wordt opnieuw gekalibreerd kunnen worden maar dat is niet ideaal. De sensoren kunnen in functie verminderen als het batterij niveau laag is en als er een ander Bluetooth apparaat in de buurt is. Er zou onderzocht moeten worden in hoeverre dit invloed heeft op de analyse.

Ook heeft de huidige software moeite met het opslaan van grotere datasets. Deze moeite uit zich in het soms niet opslaan van de training of het vastlopen op het moment dat de gebruiker de training wil opslaan. Doordat er geen mogelijkheid is om het opslaan te annuleren zal de data verloren gaan.

Overige aanbevelingen

Voor de toekomst van dit product zullen er nog een aantal zaken verbeterd of toegevoegd kunnen worden. Zo zouden er bij de parameters nog vervolgonderzoeken gedaan kunnen worden naar de voet oriëntatie. De theorie die wordt gebruikt bij het artikel omtrent de voetpositie is vrij recent gepubliceerd. Voor de relatie van romppositie en aerodynamica zouden nog vervolgonderzoeken uitgevoerd kunnen worden. Het zou in de toekomst een toevoeging zijn om een extra factor aan de relatie tussen romppositie en aerodynamica toe te voegen namelijk een variabele luchtweerstand gebaseerd op de windsnelheid. Ook zou het goed zijn om dit compleet te maken met berekeningen voor het frontale oppervlak, luchtdichtheid, etc.

Voor het gebruik van het product voor meerdere stakeholders zou het goed zijn om verschillende omgevingen te bouwen. Het product dat nu ontworpen is, is meer gericht op het feedback geven doormiddel van pictogrammen en simpele indicatoren. Voor stakeholders die meer kennis en kunde hebben met de ruwe data zouden wellicht de cijfers willen zien, hoeksnelheden en direct vergelijkbare feedback met andere atleten of trainingen. Het zou dus een toevoeging zijn om een andere omgeving te maken voor experts en de huidige omgeving te gebruiken voor wielrenners.

Een van de grootste nadelen van dit systeem blijft toch wel de kosten. Zeker voor particulieren is het een grote opgave om dergelijke sensoren en systemen aan te schaffen. Dit euvel zou opgelost kunnen worden op meerdere manieren.

- Het gebruik van minder sensoren tijdens de bewegingsanalyse bij het fietsen. In dit project is ervan uitgegaan dat er 6 sensoren gebruikt worden voor de bewegingsanalyse. Doordat er geïsoleerd kan worden binnen de parameters in de tool zou het ook mogelijk kunnen zijn om maar 2 sensoren te gebruiken tijdens het gebruik. Hierdoor wordt de gebruiker wel gedwongen een keuze te maken over welke parameter geanalyseerd moet worden. Het mooie van deze manier is dat er zo langzaam uitgebreid zou kunnen worden naar een volledige set.
- Een andere optie zou kunnen zijn voor gebruikers om de sensoren te huren of de leasen. Op deze manier wordt de financiële drempel verlaagd. De huur of lease wordt dan in een

abonnementsvorm aangeboden. Op deze manier kan de gebruiker aangeven binnen welke periode er getest of geanalyseerd wenst te worden. Hierdoor hoeft de gebruiker de sensoren niet aan te schaffen en heeft het verhurende bedrijf meerder gebruikers die dezelfde sensoren zouden kunnen gebruiken.

- De laatste oplossing zou kunnen zijn voor gebruikers zich te verenigen binnen een fiets groepje of een wielervereniging. Op deze manier dan de groep of de club de sensoren aanschaffen en worden de kosten gedragen door meerdere gebruikers.

Tijdens dit ontwikkelproject is ervoor gekozen om de sensoren te plaatsen aan één kant van het lichaam. Hierdoor kan er een zo uitgebreid mogelijke analyse gedaan kan worden, zodat alle onderzochte parameters gemeten worden. Dit betekent niet dat het in de praktijk altijd op de deze manier zou moeten. De analyse zou ook betrekking kunnen hebben op alleen de onderste extremiteit of juist meer gericht worden op de bovenste extremiteit. De plaatsing van de sensoren kan naar ieder zijn of haar wens gebruikt worden. Het is wel van belang dat de sensoren alleen geplaatst kunnen worden aan de hand van het Sportslapp protocol.

De optimale trapfrequentie is vastgesteld binnen dit project. Hier wordt dan ook advies over gegeven om deze te veranderen wanneer nodig. Wat een verdere ontwikkeling zou kunnen zijn in de toekomst is dat het advies aangeeft of te wielrenner op zal moeten schakelen bij een te hoge trapfrequentie. Of juist moet afschakelen bij een te lage trapfrequentie.

Voor het gebruik van de app kan het toevoegen van een handleiding verstandig zijn. Er is voor gekozen om in het eindontwerp niet te veel tekst te gebruiken in verband met de eisen en wensen. Maar hierdoor kunnen sommige parameters misschien verkeerd geïnterpreteerd worden. Daarom zou een korte uitleg niet misplaatst zijn.

9. Conclusie

Als er gekeken wordt naar het verbeteren van de prestatie is een goed ingestelde fiets en een juiste houding op de fiets van belang. Het goed instellen van de fiets kan eventueel gedaan worden door een bikefitter maar het aannemen van de juiste houding op de fiets moet een wielrenner zelf verzorgen. Door het gebruik van IMU-sensoren zou de zithouding verbeterd kunnen worden waardoor er een betere prestatie behaalt kan worden. Het doel van dit ontwikkelproject is dan ook geweest om het frame werk op te zetten voor een dynamische analyse tool. Bij dit project zijn zowel prestatie verbeterende parameters gevonden als onderzocht hoe dit het beste aan de gebruiker overgebracht kan worden. Vanuit deze gegevens en aan de hand van een scrummethode voor het ontwerpproces, is een eindontwerp ontstaan.

Er is een eindontwerp tot stand gekomen, voor de dynamische analysetool, met parameters die invloed hebben op de prestatie van wielrenners. Aan de hand van het framework zou een daadwerkelijk werkende applicatie ontwikkeld kunnen worden voor wielrenners en andere belanghebbende. Er kan geconcludeerd worden dat het doel van dit ontwikkelproject behaald is.

10. Literatuurlijst

- Abdollahipour, R., Wulf, G., Psotta, R., & Nieto, M. I. F. (2015). Performance of gymnastics skill benefits from an external focus of attention. *Journal of Sports Sciences*, 33(17), 1807–1813. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1012102>
- Aiken, C., & Becker, K. G. (2022). Utilising an internal focus of attention during preparation and an external focus during execution may facilitate motor learning. *European Journal of Sport Science*, 23(2), 259–266. <https://doi.org/10.1080/17461391.2022.2042604>
- Bateman, J. (2014). Influence of positional biomechanics on gross efficiency within cycling. *Journal of Science & Cycling*.
- Bike Fit. (z.d.). *Physiopedia*. https://www.physio-pedia.com/Bike_Fit
- Bini, R. R., & Diefenthaler, F. (2010). Kinetics and kinematics analysis of incremental cycling to exhaustion. *Sports Biomechanics*, 9(4), 223–235. <https://doi.org/10.1080/14763141.2010.540672>
- Bini, R. R., Hume, P. A., & Croft, J. L. (2012). Bike fit: a review of the literature. *Journal of Science and Cycling*, 1(1), 31–39.
- Borysewicz, E., & Pavelka, E. (1985). *Bicycle Road Racing: Complete Program for Training and Competition*. Vitesse Press.
- De Groot, G., Welbergen, E., Clusen, L., Clarus, J., Cabri, J., & Antonis, J. (1994). Power, muscular work, and external forces in cycling. *Ergonomics*. <https://doi.org/10.1080/00140139408963620>
- De Vey Mestdag, K. (1998). Personal perspective: in search of an optimum cycling posture. *Applied Ergonomics*, 29(5), 325–334.
- Debraux, P., Grappe, F., Manolova, A. V., & Bertucci, W. (2011). Aerodynamic drag in cycling: methods of assessment. *Sports Biomechanics*, 10(3), 197–218. <https://doi.org/10.1080/14763141.2011.592209>
- Elmer, S. J., Barratt, P., Korff, T., & Martin, J. F. (2011). Joint-Specific Power Production during Submaximal and Maximal Cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(10), 1940–1947. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31821b00c5>
- Faria, E., Parker, D., & Faria, I. E. (2005). The Science of Cycling. *Sports Medicine*, 35(4), 285–312. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00002>
- Fintelman, D., Sterling, M., Hemida, H., & Li, F. (2014). Optimal cycling time trial position models: Aerodynamics versus power output and metabolic energy. *Journal of Biomechanics*, 47(8), 1894–1898. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2014.02.029>
- Fister, I., & Fister, D. (2019). Visualization of Sports Activities Created by Wearable Mobile Devices. In *Adaptation, learning, and optimization* (pp. 223–246). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03490-0_10
- Foss, Ø., & Hallén, J. (2005). Cadence and performance in elite cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 93(4), 453–462. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1226-y>
- Heil, D. P., Derrick, T. R., & Whittlesey, S. (1997). The relationship between preferred and optimal positioning during submaximal cycle ergometry. *European Journal of Applied Physiology*, 75(2), 160–165. <https://doi.org/10.1007/s004210050141>
- Holliday, W., & Swart, J. (2021). Anthropometrics, flexibility, and training history as determinants for bicycle configuration. *Sports medicine and health science*. <https://doi.org/10.1016/j.smhs.2021.02.007>

- Holliday, W., & Swart, J. (2021). Performance variables associated with bicycle configuration and flexibility. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 24(3), 312–317. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.09.015>
- Iriberry, J., Muriel, X., & Larrazabal, I. (2008). The Bike Fit of the Road Professional Cyclist Related to Anthropometric Measurements and the Torque of de Crank (P242). *The Engineering of Sport* 7, 483–488. https://doi.org/10.1007/978-2-287-09413-2_59
- Jobson, S. A., Nevill, A. M., George, S., Jeukendrup, A. E., & Passfield, L. (2008). Influence of body position when considering the ecological validity of laboratory time-trial cycling performance. *Journal of Sports Sciences*, 26(12), 1269–1278. <https://doi.org/10.1080/02640410802183585>
- Kistemaker, D. A., Terwiel, R. M., Reuvers, E. D. H. M., & Bobbert, M. F. (2023). Limiting radial pedal forces greatly reduces maximal power output and efficiency in sprint cycling; an optimal control study. *Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00733.2021>
- Martin, J. F., & Brown, N. R. (2009). Joint-specific power production and fatigue during maximal cycling. *Journal of Biomechanics*, 42(4), 474–479. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.11.015>
- Millour, G., Duc, S., Puel, F., & Bertucci, W. (2019). Comparison of static and dynamic methods based on knee kinematics to determine optimal saddle height in cycling. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 21(4). <https://doi.org/10.37190/abb-01428-2019-02>
- Millour, G., Velásquez, A. T., & Domingue, F. (2022). A literature overview of modern biomechanical-based technologies for bike-fitting professionals and coaches. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 18(1), 292–303. <https://doi.org/10.1177/17479541221123960>
- Needham, R., Naemi, R., Hamill, J., & Chockalingam, N. (2020). Analysing patterns of coordination and patterns of control using novel data visualisation techniques in vector coding. *The Foot*, 44, 101678. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2020.101678>
- Otte, F. W., Davids, K., Millar, S., & Klatt, S. (2020). When and How to Provide Feedback and Instructions to Athletes? —How Sport Psychology and Pedagogy Insights Can Improve Coaching Interventions to Enhance Self-Regulation in Training. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01444>
- Raasch, C., & Zajac, F. E. (1999). Locomotor Strategy for Pedaling: Muscle Groups and Biomechanical Functions. *Journal of Neurophysiology*, 82(2), 515–525. <https://doi.org/10.1152/jn.1999.82.2.515>
- Ryan, M. P., & Gregor, R. J. (1992). EMG profiles of lower extremity muscles during cycling at constant workload and cadence. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2(2), 69–80. [https://doi.org/10.1016/1050-6411\(92\)90018-e](https://doi.org/10.1016/1050-6411(92)90018-e)
- Sadiku, M. N. O., Shadare, A. E., Musa, S. M., & Akujuobi, C. M. (2016). DATA VISUALIZATION. *International Journal of Engineering Research And Advanced Technology (IJERAT)*, ISSN: 2454-6135.
- Sarica, A., Vasta, R., Novellino, F., Vaccaro, M. I., Cerasa, A., & Quattrone, A. (2018). MRI Asymmetry Index of Hippocampal Subfields Increases Through the Continuum from the Mild Cognitive Impairment to the Alzheimer's Disease. *Frontiers in Neuroscience*, 12. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00576>
- So, R. W., Ng, J. K., & Ng, G. Y. (2005). Muscle recruitment pattern in cycling: a review. *Physical Therapy in Sport*, 6(2), 89–96. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2005.02.004>

- Swart, J., & Holliday, W. (2019). Cycling Biomechanics Optimization—the (R) Evolution of Bicycle Fitting. *Current Sports Medicine Reports*, 18(12), 490–496.
<https://doi.org/10.1249/jsr.0000000000000665>
- Tong, X., Gromala, D., Bartram, L., Fateme, Rajabiyazdi, & Carpendale, S. (2014). Evaluating the Effectiveness of Three Physical Activity Visualizations — How People Perform vs. Perceive. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/publication/291262241>
- Too, D. (1990). Biomechanics of Cycling and Factors Affecting Performance. *Sports Medicine*, 10(5), 286–302. <https://doi.org/10.2165/00007256-199010050-00002>
- Turpin, N. A., & Watier, B. (2020). Cycling Biomechanics and Its Relationship to Performance. *Applied sciences*, 10(12), 4112. <https://doi.org/10.3390/app10124112>
- Van Druenen, T., & Blocken, B. B. (2021). Aerodynamic analysis of uphill drafting in cycling. *Sports Engineering*, 24(1). <https://doi.org/10.1007/s12283-021-00345-2>
- Vastbinder, O. (2022, 30 maart). *How to Determine the Correct Saddle Height*. Mantel. <https://www.mantel.com/blog/en/how-to-determine-the-correct-saddle-height>
- Welbergen, E., & Clijsen, L. P. V. M. (1990). The influence of body position on maximal performance in cycling. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 61(1–2), 138–142. <https://doi.org/10.1007/bf00236708>
- Wielersport monitor 2020. (2020). [Dataset]. In NTFU. NTFU. https://www.ntfu.nl/images/_algemeen/Wielersportmonitor%202020.pdf
- Wulf, G., Chiviacowsky, S., Schiller, E., & Ávila, L. B. (2010). Frequent External-Focus Feedback Enhances Motor Learning. *Frontiers in Psychology*, 1. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2010.00190>

Bijlage 1 - interviews

Vragen Daniël (HHS)

Daniël van Leeuwen is docent aan de Haagse Hoge School, het interview kan inzicht geven over kinetische principes en hoe deze het beste geïnterpreteerd kunnen worden.

1. *Welke hoeken zijn het belangrijkste om een ideale positie te bepalen?*

Volgens Daniël is het vooral de kniehoek belangrijk aangezien die het meeste moment leveren op het pedaal. De romppositie is belangrijk voor de aerodynamica. De positie van de bekken want dat heeft invloed op de kracht-lengte relatie van de spieren rondom de heup.

2. *Wat zou een ideale plaatsing zijn voor sensoren om de belangrijkste hoeken te meten?*

Zie antwoord 1. Onderbeen, bovenbeen zonder twijfel een van de belangrijkste plaatsingen. Overleg even met Brian hoe hij de positie van de bekken gemeten heeft in zijn afstudeerproject. Kijk ook samen even met hem hoe de positie van de romp gemeten zou kunnen worden.

3. *Als ik een testprotocol zou moeten maken hoe zou dat er uit kunnen zien? Wat gebruik jij/jullie?*

1 enkele rit vanuit gaan met verschillende posities op het stuur aannemen en kijken wat dit voor een invloed heeft. Instelling van de zadel en plaats op het zadel heeft waarschijnlijk invloed op de kniehoek kijk daar ook even goed naar tijdens het testen. De duur van de test heeft waarschijnlijk wel enorme invloed op de zithouding van de wielrenner en zeker ook ten opzichte van de plaatsing op het zadel.

Het zou goed zijn om in het testprotocol rekening te houden met verschillende rompposities en de output bij deze posities.

4. *Waar mee zou rekening gehouden moeten worden om het doel van prestatie verbetering te bereiken t.a.v. bikefitting of zit houding?*

Weerstand, frontaal oppervlak verkleinen. Kniehoek zou subtiel kunnen zijn. Zadel-stuur afstand. De verandering in kniehoek zal redelijk subtiel zijn, aangezien de meeste mensen toch niet zullen fietsen met een te hoog of te laag zadel.

Een ander feit is dat er rekening gehouden zou kunnen worden met de zadel-stuur afstand. Dit heeft invloed op de houding van het bovenlichaam.

5. *Als ik een tool ga maken voor live feedback over de zitpositie van de wielrenner. Wat zou je dan willen zien en hoe frequent?*

Zowel constante feedback als op basis van interval feedback kan handig zijn. Het ene is meer gericht op controle van de instelling van de fiets. Het andere is wat meer gericht op de zithouding en het controleren hiervan.

Bewustwording = real time, bij vaker gebruik van de wielrenfiets af en toe. Bijvoorbeeld als iemand denkt dat hij/zij gebogen zit en vervolgens kijkt in een raam blijkt dat helemaal niet het geval te zijn. Dus het bewustzijn van die persoon klopt niet en zou door deze tool anders kunnen worden.

Bij het uittesten van verschillende instellingen van de fiets, zou het niet ideaal zijn om iedere keer te worden gewezen op de fouten. In dat geval zal de feedback in intervallen terug kunnen komen.

6. *Wat is de beste manier om deze feedback te ontvangen?*

Visueel is primair. Auditief is secundair. Aangezien Daniël geen oortjes in heeft tijdens het fietsen is het niet ideaal om alleen hiervoor een oortje in te doen. Maar dat ligt wel aan de gebruiker. Dit zijn wel vragen die heel interessant kunnen zijn naar de gebruiker toe.

Vragen Brian (Kinetic Analysis)

Brian Kortekaas is medewerker van Kinetic Analysis en oud student van de opleiding Bewegingstechnologie. Door het interview zij inzichten ontstaan voor de plaatsing van sensoren en welke hoeken belangrijk zijn om te meten.

1. *Welke hoeken zijn het belangrijkste om een ideale positie te bepalen?*
Kniehoek en heuphoek zijn het belangrijkste want de kracht tijdens het fietsen wordt met de benen geleverd. Maar ook zeker de romphoek en de houding op de fiets, hoe ver een wielrenner naar voren zit op het zadel. De enkelhoek en heup hebben bij het fietsen een primaire rol bij het leveren van wattage. Enkel heeft wel invloed op het pedaal en de crank, bij een gekke hoek van de enkel kan er niet ideaal kracht geleverd worden op het pedaal waardoor er kracht verloren kan gaan.
2. *Wat zou een ideale plaatsing zijn voor sensoren om de belangrijkste hoeken te meten?*
De mediale zijde van het Tibia aangezien daar het minste last van verplaatsing ontstaat. Dit aangezien dit het hardste stuk is en het minste invloed ondervindt van bewegende spier. Bovenbeen lateraal peesplaat dat wordt vooral in de literatuur vaak gezegd, onderzoeken vanuit de Kinetic laten zien dat het niet zo heel veel uitmaakt waar de sensor op het bovenbeen geplaatst zal worden. Voor enkel is het een moeilijk verhaal maar voor het fietsen zou de sensor boven op de wreef geplakt kunnen worden. Als plakken niet lukt zou de sensor altijd onder de "Boa" of het klittenband geplaatst kunnen worden, ook zou een de sensor vast getapet kunnen worden maar dat is niet ideaal. Het is wel belangrijk dat de sensoren goed bevestigd worden, doormiddel van een band bijvoorbeeld. Dit zorgt er voor de sensor minder snel zal verplaatsen al is fietsen een cyclische sport waar de impact van de grond geen rol speelt als het vergeleken wordt met hardlopen bijvoorbeeld.
3. *Hoe heb jij de positie van de bekken bepaald in jouw onderzoek?*
Eigenlijk door het standaard gewricht te gebruiken die XSENS teruggeeft. Dit gewricht zit tussen de wervels L5 en S1. Dat is een geïnterpoleerde hoek tussen het bekkensensor en de borstsensor. Dat is al gevalideerd en blijkt eigenlijk altijd wel een goede manier te zijn om de kanteling van de bekken te registreren. Zo kan is het beste de beweging tussen het bekken en de lumbale wervels te zien.
4. *Hoe zou ik het beste de positie van de romp kunnen meten?*
Vanuit XSENS geeft de positie en de oriëntatie van het segment terug Het beste is om ervan uit te gaan dat het algoritme van XSENS of mogelijk een ander type sensor te gaan gebruiken. Aangezien het heel moeilijk is om de positie en oriëntatie vanuit rauwe data te bepalen. De borstsensor ten opzichte van de horizontaal kan een goed indicatie zijn voor het bepalen van de algehele romphoek. Meerdere sensoren plaatsen op de rug om de bolling te bepalen. Aan de hand hiervan zou in theorie de bolling de ruggenwervels geplot kunnen worden. Maar dit is wel een moeilijke opgave om te doen met SportsLapp. Door de bekken naar achteren te kantelen is het zo dat er meer kracht in de benen geleverd kan worden, dit is ook het geval bij sprinten binnen de atletiek. Hierdoor wordt de hamstring minder belast.
5. *Hoe kunnen de sportslab sensoren het beste gebruikt worden?*
Het dicht bij elkaar plaatsen van sensoren is geen probleem, 'vanuit mijn ervaring heb ik nooit gehad dat de sensoren last van elkaar hadden'. Het hebben van een aluminium frame zou wel invloed kunnen hebben op de sensoren al zal dit wel minimaal zijn aangezien de kalibratie niet op de fiets uit gevoerd hoeft te worden.

Recht opstaan voor kalibratie sportslab zou het beste kunnen zijn maar dat zou nog getest moeten worden. Ligt aan de wens van hoe de hoeken weergegeven moeten worden.

6. *Als ik een testprotocol zou moeten maken hoe zou dat er uit kunnen zien? Wat gebruik jij/jullie?*

Korte testen zijn prima, langere testen zijn niet echt nodig. Fietsen is een hele cyclische sport, zeker op weg. Bij een korte test zijn er al genoeg omwentelingen om een duidelijk beeld te krijgen van de zit positie van iemand. Belangrijk dat al er met een rollerbank gewerkt worden en er verschillende weerstand bij betrokken zijn is dat de fietsen elke keer als de weerstand omhooggaat er weer een steady state behaalt moet worden.

7. *Als ik een tool ga maken voor live feedback over de positie van de wielrenner. Wat zou je dan willen zien en hou frequent?*

Eens in de zoveel intervallen. Anders te veel focus op de feedback. Training invoeren. Visueel vooral aangezien je auditief minder meekrijgt.

Vragen voor Kevin (IDRO)

Vragen voor de professionals:

Kevin van Hoovels is een olympiër die zich ook interesseert voor de wetenschap. Kevin heeft relevante ervaring met fietsen voor dit project.

1. *Hoe zijn jouw ervaringen met bikefitting?*

In het verleden heeft Kevin al een aantal fietsen laten bikefitten voor zijn sport. Dit was vooral gericht om de zitpositie en houding te bepalen. Ook heeft Kevin een aantal jaar geleden een korte cursus gedaan omtrent bikefitting. Kevin weet wel hoe het principe van bikefitting in elkaar zit door zijn master maar heeft zelf geen ervaringen met het uitvoeren van een bikefitting.

2. *Kan je beschrijven hoe een bikefitting er uit ziet?*

De bewegingen van het lichaam zijn erg belangrijk zowel op de fiets als naast de fiets. Naast de fiets is ook belangrijk niet alleen de lengte van bepaalde lichaamssegmenten op te meten maar ook te kijken naar hoe beweeglijk een persoon is. Hiermee wordt bedoeld dat er ook gekeken zal moeten worden naar de lenigheid van een persoon evenals de ROM. Zo kan er voorkomen worden dat wielrennen niet alleen goed op de fiets zit volgens basisprincipes van de bikefitter maar dat er ook gekeken moet worden naar of deze houding ook aansluit op de eigenschappen van de individu. Beide zijn belangrijk, de principes van de bikefitter omtrent aerodynamica en biomechanica maar ook van het individu of deze die positie wel aan kant nemen zodat er kans op blessures verkleind worden.

3. *Zijn er standaard verhoudingen bij bikefitting op het gebied van lichaamshouding en/of fietsinstelling?*

Enkel-, knie- en heuphoeken zijn belangrijk om mee te nemen tijdens het instellen van de fiets. Er zit wel een groot verschil in de aanbieders van bikefitting. De ene kijkt meer naar zijn eigen filosofie en de ander kijkt meer naar de persoon.

4. *Hoe zit een ideale zitpositie eruit volgens jou? En welke hoeken horen daarbij?*

De kniehoek wordt als een van de belangrijkste parameters gezien. De enkelhoek en heuphoek hebben ook veel invloed op het leveren van kracht. Vooral de combinatie van de hiervoor genoemde hoeken zal bepalen hoe veel kracht er geleverd kan worden op de pedalen.

5. *Wat zou een ideale plaatsing zijn voor sensoren om de belangrijkste hoeken te meten?*

De analyses die Kevin gedaan heeft zijn vooral geweest op basis van videoanalyse. Hierbij werd wel gebruik gemaakt van verschillende markers op de nauwkeurige hoeken te bepalen.

6. *Als ik een test protocol zou moeten maken hoe zou dat er uit kunnen zien?*

Bij korte metingen kan er een goed idee gevormd worden over hoe iemand zit tijdens het fietsen en hoe iemand zou moeten zitten tijdens het fietsen. Tijdens lange ritten komt ook de factor vermoeidheid naar voren en zo kan er gezien hoe veel invloed dat heeft op de zithouding. Dan zal er bijvoorbeeld ook gezien worden dat iemand meer zal veranderen van positie om meer comfortabel te worden dan dat er alleen de focus ligt op prestatie. Het zou goed zijn om allebei de versies proberen te testen zodat er een geheel beeld geschept kan worden.

7. *Als ik een tool ga maken voor live feedback over de positie van de wielrenner. Wat zou je dan willen zien en hoe frequent?*

Het zou interessant kunnen zijn om de feedback continue te zien. Bijvoorbeeld als je wilt spelen met de zithouding om te kijken wat de output daarvan kan zijn. Maar dat is zeker niet

elke training. Voor vaker gebruik zou een samenvatting over een periode wel fijn zijn. Het ligt er vooral aan wat de insteek is van die wielrenner.

Qua veiligheidsoverwegingen is het niet altijd verstandig om alle feedback visueel te verkrijgen. Al zouden er wel kleine aanwijzingen kunnen verschijnen op de fietscomputer met geringe feedback. Als er een verkeersluwe situatie is zou het minder een probleem zijn om de feedback visueel te ontvangen.

Bij dagelijks gebruik zal auditief wel een goed oplossing zijn zeker als de gebruiker gewend is aan de applicatie. Zo zou de gebruiker kunnen weten wat feedback betekend wanneer deze auditief ontvangen zou worden. Dan zou de feedback ook kort en krachtig gegeven kunnen worden als in 'let op de romphoek is te klein, ga wat rechter opzitten'.

Overige aanvullingen.

Gebruiksvriendelijkheid is zeer belangrijk en dat het zeker niet te veel hinder geeft tijdens het fietsen. De tool moet zeker niet primair worden boven op het plezier van het fietsen. Het zou echt plug and play moeten worden. Simpele adviezen teruggeven, Kort en krachtige instructies.

Bijlage 2 – vragenlijst

Vragenlijst feedback zithouding wielrennen

Voor mijn afstudeer scriptie ga ik kijken hoe het beste feedback gegeven kan worden voor de zithouding bij het wielrennen. Het doel van deze feedback is om de prestatie van iedere wielrenner te verbeteren. Door het invullen van deze vragenlijst kunt u mij helpen bij het bepalen hoe feedback het beste ontvangen kan worden.

In deze vragenlijst wordt er niet gevraagd naar uw persoonlijke gegevens. Individuele antwoorden zullen niet behandeld worden tijdens dit project, alleen de gebundelde uitkomsten zullen gebruikt worden tijdens de scriptie.

Heeft u verdere vragen of wilt u meer informatie over de vragenlijst dan kunt u mij een e-mail sturen.

19109636@student.hhs.nl

Alvast enorm bedankt voor de bijdrage aan mijn project.

Met sportieve groet,

Thomas Vos

1. De antwoorden die verzameld worden zullen na afronding van dit afstudeerproject verwijderd worden. *

☐ Ik accepteer dat mijn antwoorden gebruikt worden voor dit afstudeer project.

2. Waarom doet u aan wielrennen? *

☐ Dit is mijn primaire sport, competitie niveau

☐ Recreatie

☐ Gezondheidsredenen

☐ Training voor een andere hoofdsport

☐ Andere

3. Heeft u wel eens het gevoel dat u niet goed op de fiets zit en waar merkt u dit aan? *

Voer uw antwoord in

4. Heeft u behoefte aan feedback tijdens het wielrennen over de zithouding? *

- ☐ Ja
- ☐ Nee, zou u dan nog wel de vragen lijst willen afmaken?

5. Hoe frequent zou u dit willen krijgen tijdens het fietsen? *

- ☐ Constant
- ☐ Op basis van interval iedere 5-10 minuten
- ☐ Op basis van interval die zelf in te stellen is
- ☐ Aan het einde van de training

6. Verklaring van de vorige vraag.

Voer uw antwoord in

7. Wat voor vorm van feedback zou u willen ontvangen? *

- ☐ Visueel
- ☐ Auditief
- ☐ Andere

8. Verklaring van de vorige vraag.

Voer uw antwoord in

9. Hoe gedetailleerd zou u de feedback willen ontvangen? *

- ☐ Kort en bondig
- ☐ Uitgebreid maar wel alleen de verbeterpunten
- ☐ Volledige rapportage
- ☐

Andere

10. Zou u bij de feedback ook wat willen weten over de snelheid, trapfrequentie etc.? *

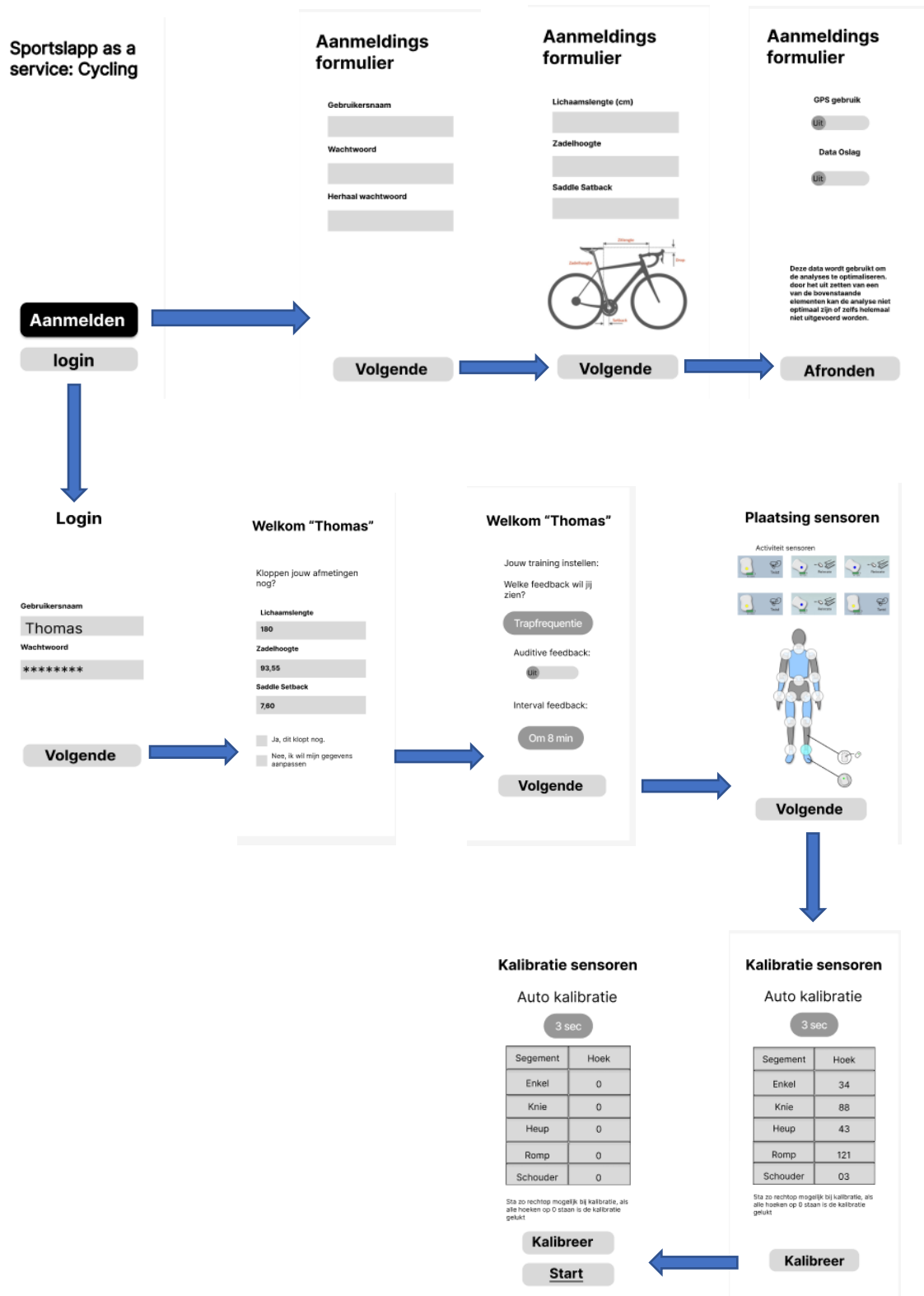
- ☐ Ja, graag
- ☐ Nee, dit heb ik al via mijn fiets computer
- ☐

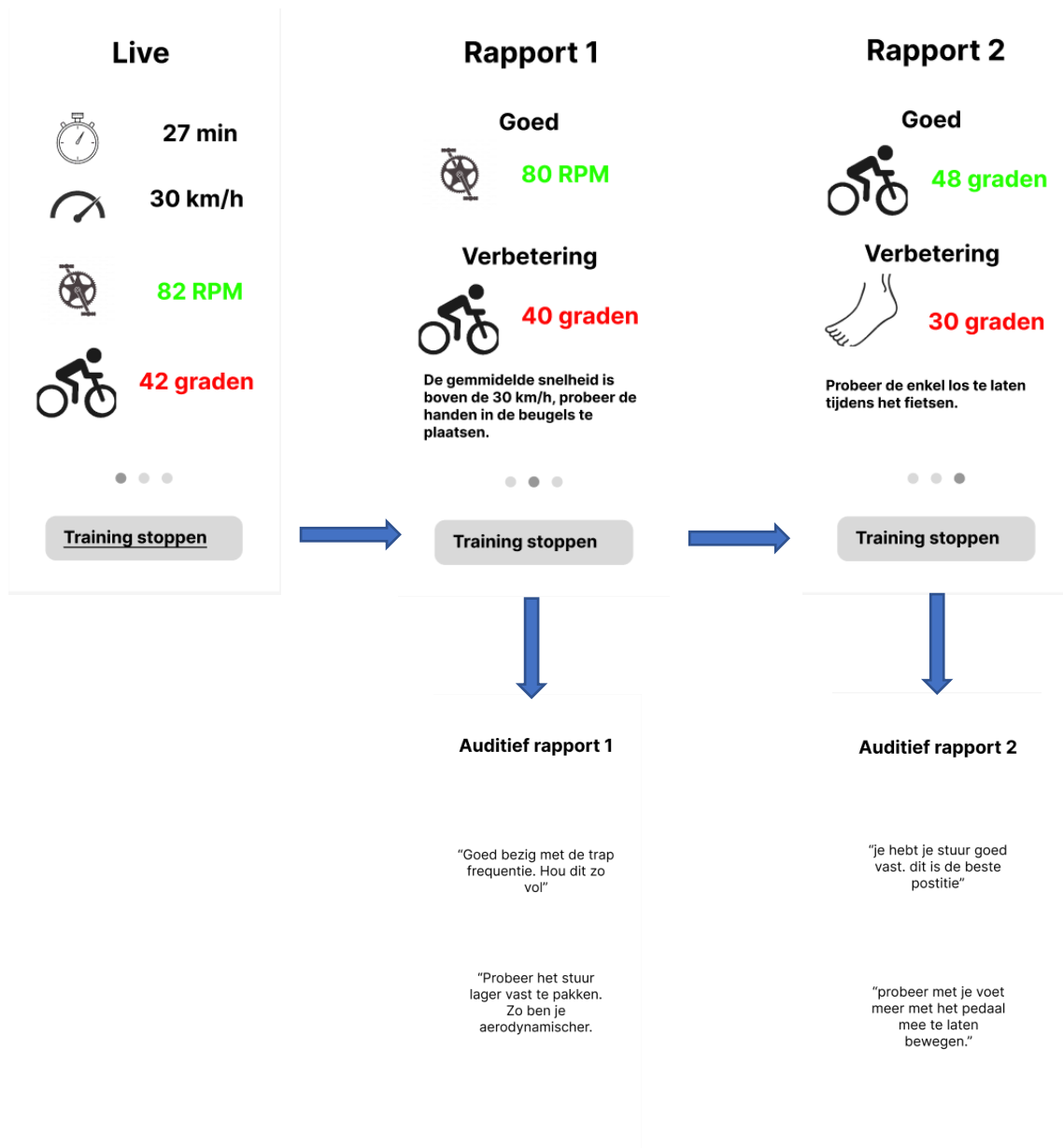
Andere

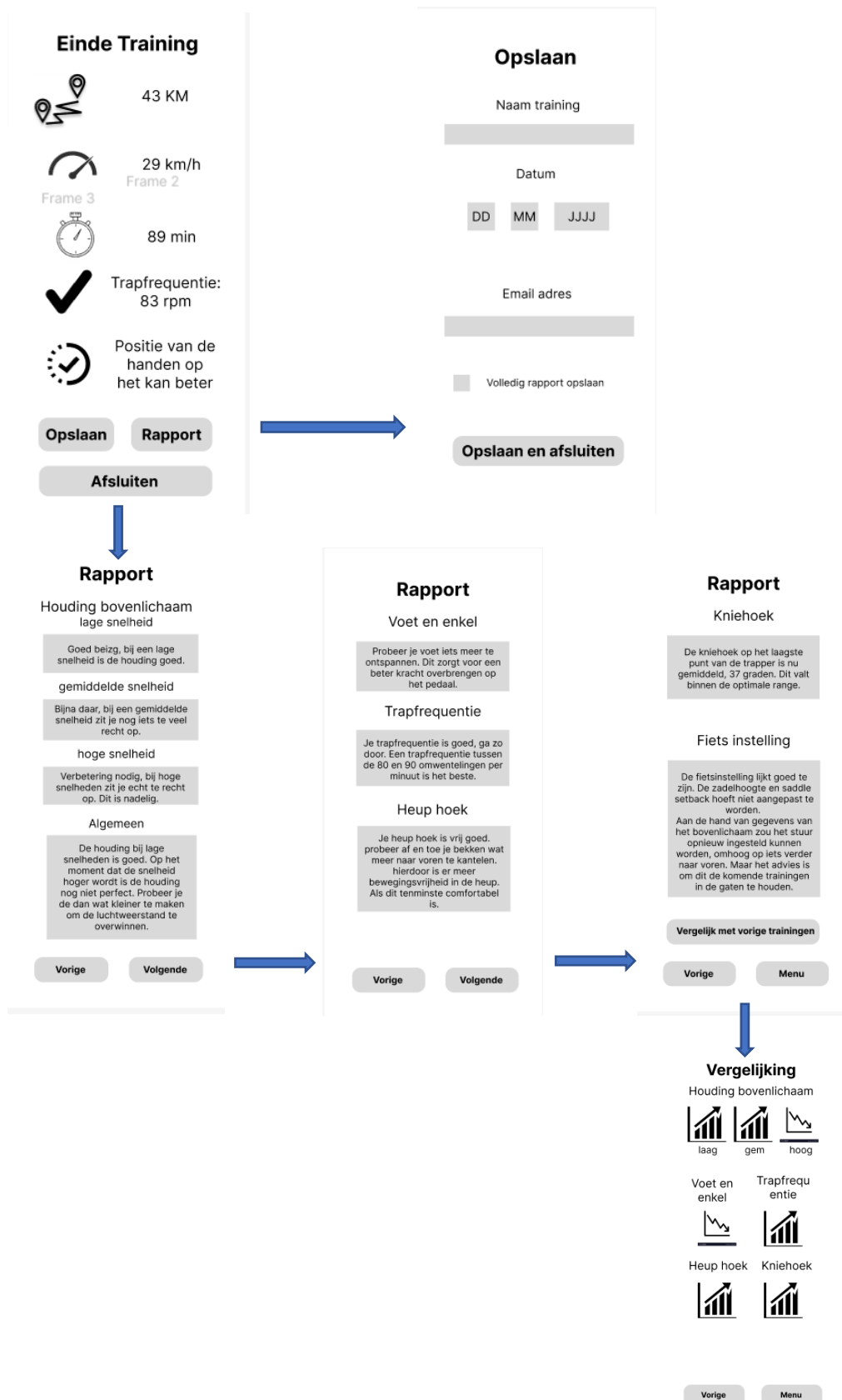
11. Heeft u nog toevoegingen aan de hand van feedback over wielrennen?

Voer uw antwoord in

Bijlage 3 – flow 1^e sprint







Bijlage 4 – Flow 3^e sprint/eindontwerp



Welkom, Thomas

Kloppen jouw afmetingen nog?

Lichaamslengte

180

Zadelhoogte

93,55

Saddle Setback

7,60

☐ Ja, dit klopt nog.

☐ Nee, ik wil mijn gegevens aanpassen

Welkom "Thomas"

Jouw training instellen:

Welke feedback wil jij zien?

Relevante

Auditive feedback:

☐ Uit

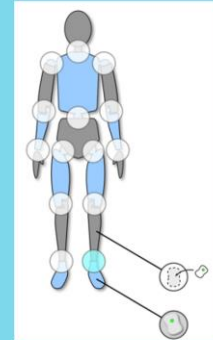
Interval feedback:

Om 10 min

Volgende

Plaatsing sensoren

Activiteit sensoren



Volgende

Kalibratie sensoren

Auto kalibratie

3 sec

Segment	Hoek
Enkel	0
Knie	0
Heup	0
Romp	0
Schouder	0

Sta zo rechtop mogelijk bij kalibratie, als alle hoeken op 0 staan is de kalibratie gelukt

Kalibreer

Start

Kalibratie sensoren

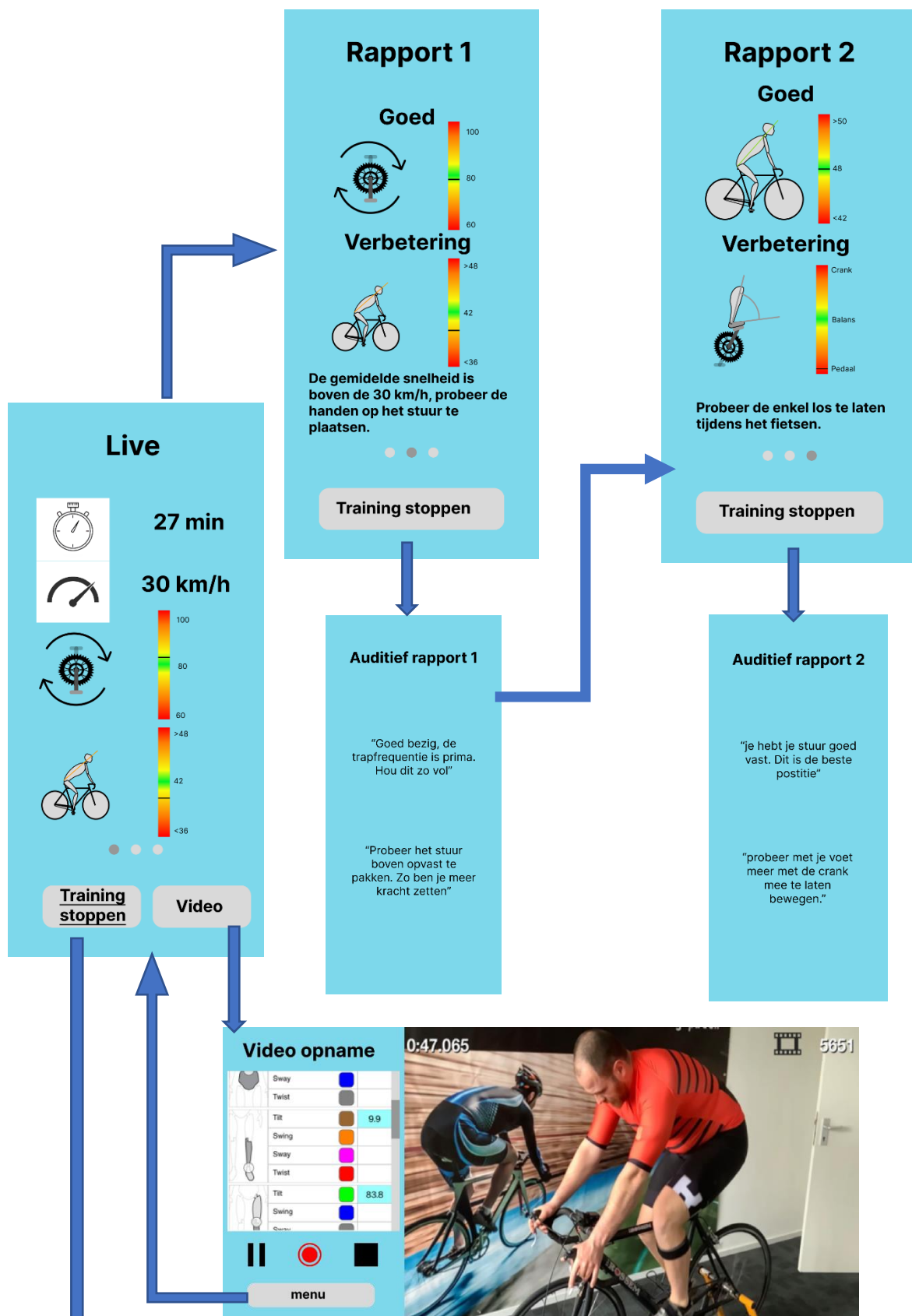
Auto kalibratie

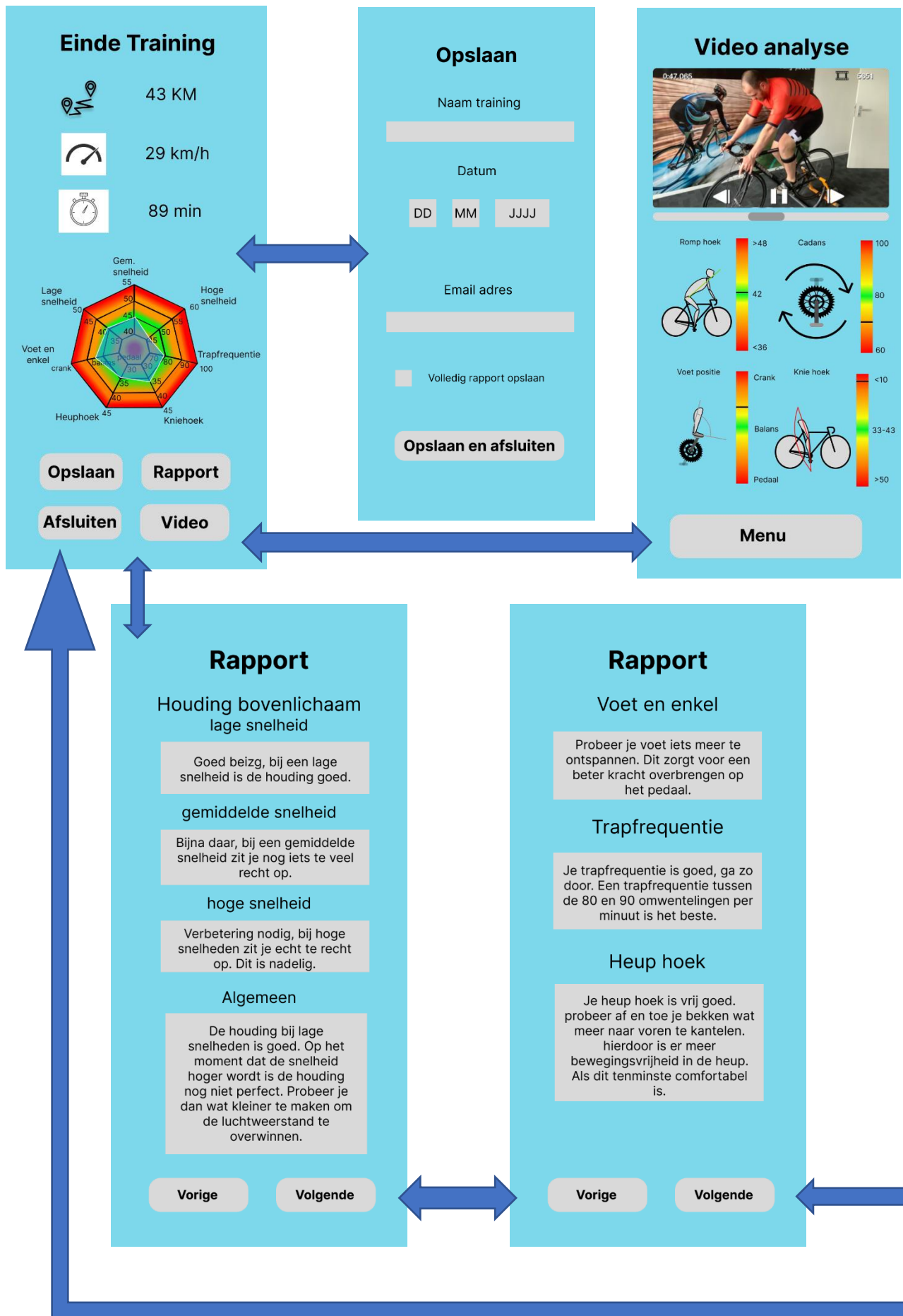
10 sec

Segment	Hoek
Enkel	34
Knie	88
Heup	43
Romp	121
Schouder	03

Sta zo rechtop mogelijk bij kalibratie, als alle hoeken op 0 staan is de kalibratie gelukt

Kalibreer





Rapport

Kniehoek

De kniehoek op het laagste punt van de trapper is nu gemiddeld, 37 graden. Dit valt binnen de optimale range.

Fiets instelling

De fietsinstelling lijkt goed te zijn. De zadelhoogte en saddle setback hoeft niet aangepast te worden.

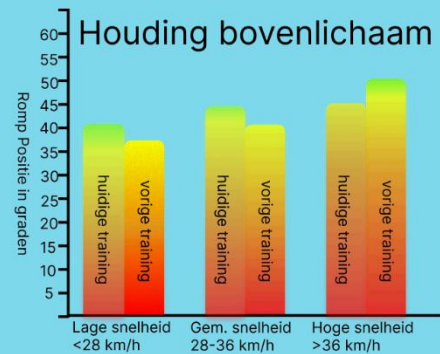
Aan de hand van gegevens van het bovenlichaam zou het stuur opnieuw ingesteld kunnen worden, omhoog of iets verder naar voren. Maar het advies is om dit de komende trainingen in de gaten te houden.

Vergelijk met vorige training

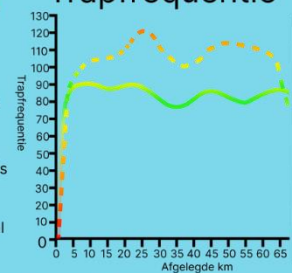
Vorige

Menu

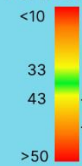
Vergelijking



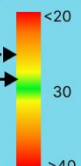
Voet en enkel



Kniehoek



Heuphoek



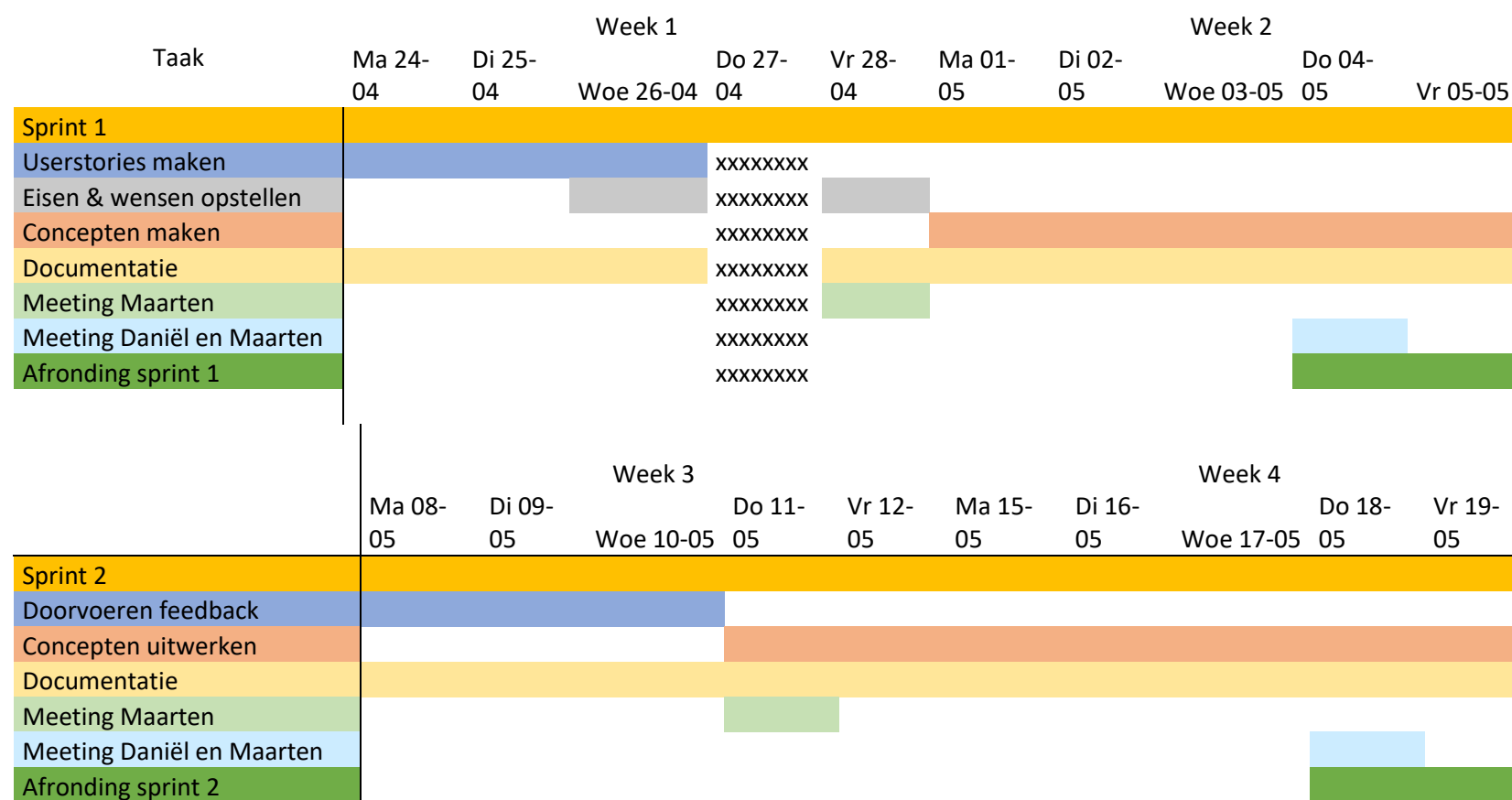
Vorige

Menu

Bijlage 6 – Planning project

	Deadline	Activiteit
Week 1		Kennismaking Projectplan opzetten Ppro voorbereiden
Week 2	Projectplan Ppro assessment	Projectplan schrijven Ppro uitvoeren
Week 3		Beginnen met literatuuronderzoek Interview maken Experts binnen bikefitting benaderen voor een interview. Marktonderzoek starten Verwerken feedback projectplan
Week 4	Eventuele Herkansing projectplan	Literatuuronderzoek Interview maken Experts binnen bikefitting benaderen voor een interview. Marktonderzoek Verwerken feedback projectplan
Week 5	Analyse fase afronden	Literatuuronderzoek Interviewen van experts Interview verwerken Marktonderzoek Het opstellen van Eisen en wensen
Week 6		Starten met sprint 1 Toepassen eisen en wensen in analyse
Week 7	Sprint 1	Testen Analyse verwerken
Week 8		Starten met sprint 2 Feedback verwerken Advies aanpak opzetten
Week 9	Sprint 2	Testen Analyse en advies
Week 10		Starten met sprint 3 Feedback verwerken Advies uitbreiden
Week 11	Sprint 3	Testen Analyse en advies
Week 12		Starten met sprint 4 Feedback verwerken
Week 13	Sprint 4	Toevoegingen maken aan analyse en advies
Week 14		Verwerken laatste feedback van laatste sprint Documentatie compleet maken
Week 15	Buffer week	Documentatie compleet maken
Week 16	0-versie rapport	
Week 17		Verwerken feedback 0 versie
Week 18	Definitieve rapport	
Week 19		

Bijlage 7 – Planning sprints



	Week 5					Week 6				
	Ma 22-05	Di 23-05	Woe 24-05	Do 25-05	Vr 26-05	Ma 29-05	Di 30-05	Woe 31-05	Do 01-06	Vr 02-06
Sprint 3									xxxxxxx	xxxxxxx
Doorvoeren feedback									xxxxxxx	xxxxxxx
Concepten uitwerken									xxxxxxx	xxxxxxx
Documentatie									xxxxxxx	xxxxxxx
Meeting Maarten									xxxxxxx	xxxxxxx
Meeting Daniël en Maarten									xxxxxxx	xxxxxxx
Afronding sprint 3/inleveren 0 versie									xxxxxxx	xxxxxxx

	Ma 05-06	Di 06-06	Woe 07-06	Do 08-06	Vr 09-06	Ma 12-06	Di 13-06	Woe 14-06
Doorvoeren feedback 0 versie								
Inleveren eindproduct								