



Ontwerp van een nieuw draagbaar fitnessapparaat

“FINNFIT”

Patrick Raedts

Bachelor Eindopdracht
Industrieel Ontwerpen

Universiteit Twente
FINN b.v.

4 Juni 2015

Ontwerp van een nieuw draagbaar fitnessapparaat “FINNFIT”

Student:
Patrick Raedts

Studentnummer:
S1141732

Opdrachtgever:
Peter van der Klok
Fijnmechanisch Industrie Noord-Nederland b.v. (FINN b.v.)
Postbus 435
9500 AK Stadskanaal

Opleiding:
Industrieel Ontwerpen “Industrial Design”
Universiteit Twente

Beoordelingscommissie:
Juan Manuel Jauregui Becker
Roland ten Klooster (examinator)

Datum van publicatie:
4 Juni 2015

Verslag:
Aantal pagina's excl. bijlage: 71
Aantal pagina's bijlage: 19



VOORWOORD

Door een tip van Jan Fühler, ben ik in aanraking gekomen met Peter van der Klok, eigenaar van FINN b.v. en opdrachtgever voor deze bachelor eindopdracht. Dhr. van der Klok, Peter, had een mooie, lastige, opdracht en vroeg mij te werken aan een nieuw draagbaar fitnessapparaat. Dit was een perfecte gelegenheid om mijn gevoel voor sport te combineren met mijn passie: Industrieel Ontwerp en hoewel we het niet volledig hebben kunnen afronden is het voor mij een enorm waardevolle bijdrage voor mijn toekomst in deze branche. “Een gewaarschuwd mens telt voor twee” zegt mijn moeder altijd. Dat deze opdracht een flinke uitdaging zou worden was mij wel bekend. Dit weerhield mij er echter niet van om deze uitdaging ook aan te gaan. Met twee ondernemende ouders is hard werken en risico’s nemen niets nieuws. Als student heb ik daarom ook voor mijzelf de lat voortdurend verhoogd. Begonnen vanaf VMBO-TL werd door voortschrijdend inzicht en het aangaan van de juiste uitdagingen het toekomstperspectief steeds duidelijker. Ondertussen heb ik mijn passie gevonden en is dit een verslag voor mijn WO- Bachelor Industrieel Ontwerp. Met tranen in mijn ogen van verbazing en ongeloof, wil ik daarom mijn dank en waardering uitspreken naar mijn (schoon-)familie en vrienden voor hun bijgedragen en steun.

Daarnaast wil ik ook nog graag de mensen bedanken die hebben geholpen bij de uitvoering van deze bachelor eindopdracht. Peter van de Klok voor het de opdracht. Juan Jauregui voor de begeleiding, plezierige samenwerking en waardevolle feedback. En tot slot de medewerkers van FINN bv voor de fijne werksfeer en gezelligheid.

SAMENVATTING

Deze bachelor afstudeeropdracht omvat het onderzoek, ontwerp en formulering van een voorstel voor het maken van een prototype voor een nieuw draagbaar fitnessapparaat, genaamd "FINNFIT". De FINNFIT is een fitnessapparaat waarmee vrije lichaamstrainingen kan worden gedaan door het gecontroleerd afwikkelen/opwikkelen van een snoer onder gereguleerde weerstand. De weerstand tegen het strekken/buigen van de spieren wordt verzorgt door contact loos elektromagnetisme in plaats van veren of elastieken.

Doelstelling: het onderzoeken van de haalbaarheid voor het ontwikkelen van een nieuw draagbaar fitnessapparaat, waarbij de weerstand voor sporter wordt gecreëerd op basis van magnetisme.

Productidee: de opdrachtgever wilde Halbach magneten inzetten om, in tegenstelling tot de veer karakteristiek, een contact-loze overbrenging van remweerstand op een haspel met een constant weerstandsverloop te creëren, hierdoor worden de spieren van de sporter gelijkmatig belast. Permanente Halbach-array magneten zijn zeer geschikt voor deze toepassing, omdat het sterke magnetisch veld kan worden gericht in een bepaalde richting. Het variabel instellen van de magnetische kracht bleek lastig en naar wat later bleek over het hoofd te zijn gezien, dat de haspel ook nog moet worden opgewikkeld onder geremde condities.

Methode van oplossing: er is marktonderzoek gedaan, zodat trends en introductie mogelijkheden in verschillende toepassingsmarkten zijn verhelderd. Op basis van de doelstelling die voor het ontwerp en werkingsmechanisme zijn een aantal conceptontwerpen gevormd met verschillende constructieve richting voor het leveren en elektrisch regelen van de weerstand voor de sporters. Op basis van de conceptontwerpen is gekeken naar een oplossing die past bij het vervullen van de functionele eisen. Er is daarbij een conceptkeuze gemaakt voor zowel het werkingsmechanisme als het uiterlijk product. Gekozen is voor een compacte rugzak, waarin de weerstand wordt gecreëerd door middel van een elektromagnetische hysteresis slipkoppeling die elektrisch gestuurd is en kan worden ingesteld op een variabel weerstandsniveau tussen 0 en 2,5 kg. Een elektromotor met slip op de haspel zorgt, voor het opwikkelen van het snoer en tegelijkertijd dat de trekkrachten voor de sporter elektronisch kan worden gereguleerd.

Resultaat: Het elektromagnetische werkingsmechanisme is in een 3D CAD model uitgewerkt en dit vormt de basis voor het haalbaarheidsontwerp voor het te bouwen prototype. Een CAD model maakt de vorm van het initiële product inzichtelijk en helpt bij het bepalen van de juiste vorm-functie relatie voor de beoogde markt. Er is een ontwerpstudie verricht naar het uiterlijk ontwerp voor de FINNFIT. Bij het uiterlijk ontwerp lag de focus op de functionaliteit en vormgeving. Hierin zijn onder andere de draagbaarheid en verschillende mogelijkheden van gebruik meegenomen. Het geheel is in een samengesteld ontwerp verwerkt waarin ook verschillende sensoren zijn opgenomen, die voor de functionele mogelijkheden en de monitoring van inspanningsgegevens noodzakelijk zijn. Met het eindontwerp kunnen verschillende fitnessdisciplines worden gecombineerd voor een superieure individuele training, met partner of in groepsverband.

Conclusie: In de loop van deze bachelor eindopdracht blijken de technische voorkeuren, uitgangspunten en doelstellingen van het ontwerp niet geheel in overeenstemming te zijn met de verwachte commerciële grenzen van dergelijke producten voor de beoogde (consumenten)-markt. De kosten voor de productie van de FINNFIT worden te hoog geacht voor de primaire doelgroep. Doorslaggevend is dat de FINNFIT in de huidige configuratie niet zal kunnen concurreren met bestaande producten voor een, in eerste instantie, vergelijkbare doelgroep. De FINNFIT is duidelijk superieur t.o.v. de concurrentie en beschikt over uitgebreide monitoringsmogelijkheden maar gezamenlijk het toestel te duur maken. De opdrachtgever heeft daarop besloten om vooralsnog geen prototype te bouwen. Daarnaast zijn ook enkele technische aspecten zoals totaal gewicht en de te leveren trekkracht voor de sporter discutabel.

Aanbeveling: Na de beslissing voor het niet-maken van een prototype, is aanvullend onderzoek gedaan dat heeft geleid tot een voorstel voor alternatieve doelgroepen voor de high-end FINNFIT: sportfysiotherapie, (klassikaal) begeleid fitnessen/personal training en ruimtevaart, waarin de superieure mogelijkheden van de FINNFIT wel tot hun recht komen. Aanvullend marktonderzoek is noodzakelijk om te oordelen of er een economisch model kan worden opgesteld waaruit blijkt dat de superieure fitness eigenschappen van het ontworpen model voor deze doelgroepen steekhoudend zijn.

This Bachelor thesis contains the investigations, the research and designs for the manufacturing of a prototype of a portable fitness device named FINNFIT. The FINNFIT is a fitness device with which free body training can be achieved by unwinding/winding motion of a wire on a reel under controlled resistance. The actual resistance is created by magnetism instead of the typical spring or elasticity resistance combined with mechanical slip.

The Goal: investigate the feasibility for the development of a new sophisticated portable, versatile fitness device, where the resistance for the workout for the athlete is created by magnetic force.

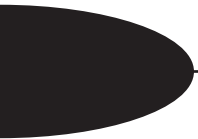
Product Idea: The assignment for this bachelor thesis was based on the principal's idea to use powerful Halbach-array magnets for the contact free transmission of the resistance, therewith preventing the application of spring characteristics and instead creating a constant and controlled magnetic resistance for proper load on the muscles of the athlete. Permanent Halbach-array magnets are ideally suited for this type of application because of the powerful and directional magnetic force. Unfortunately gauging the magnetic force proves difficult and it was overlooked that the powerful breaking resistance during unwinding of the reel also would need to be defeated during the winding of the reel.

Method of the solution: Market research has been done so trends, routes for introduction and markets are recognized. The goal is translated into a functional description of the mechanism and the conceptual design. A few candidates of the conceptual design matching the functional requirements, with a different approach to the solution regarding the mechanism of the contact free resistance for the athletes are created. Each solution was reviewed against the original requirements and a choice is made for the main working mechanism and external design. Finally the choice was made for a compact backpack, featuring an electromotor driven reel with electromagnetic hysteresis clutch system and electronically adjustable resistance ranging between 0 and 2.5 kg. The electromotor is driving the reel to retract the wire with the electronically controlled resistance.

Result: The electromagnetic working principle is deployed in a 3D CAD model forming the basis for the feasibility study prototype. The CAD model shows the design features of the FINNFIT and assists the determination of the form-function relationship to reflected the requirements and the final market. A design study for the external design of the FINNFIT is made, focusing on fit, functionality, portability and versatility are addressed. All are assembled into the design featuring also sensor data processing required to summarize the intensity of the workout. The functional design features a number of options for workout and providing a superior individual training or group training capabilities.

Conclusion: During the execution of the assignment some of the preferred technical preferences, foundation and goals to the design prove incompatible with the commercial limits for the manufacturing of the products for the designated consumer market. The cost for the production of the FINNFIT are too high for the primary target group. The current FINNFIT design will not be able to compete with existing fitness devices designed for the same target group. The FINNFIT is clearly superior to the competition since it features the different monitoring options that were defined in the initial functional requirement specification. However all combined features result in a high manufacturing price, making the device too expensive for the target group. Hence the principal decided as yet not to invest in the building of a prototype. Additionally some doubts arose regarding some of the technical aspects such as gross weight and the limit of resistance that can be generated for the athlete. These points are open for discussion.

Recommendation: Following the decision to dismiss the manufacturing of a prototype, additional market research resulted in the identification of appropriate markets for the more expensive (high-end) FINNFIT including: sports physiotherapy, training classes, personal trainer and space programs where the superior properties of the FINNFIT are expected to match with the higher level of requirements. Extended market research would be required to create the economic models that will prove compatibility of the technical features of the current FINNFIT design and the requirements of the new targets.



INHOUDSOPGAVE

HOOFDSTUK 1: INLEIDING

1.1. Opdrachtgever	blz. 8
1.2. Aanleiding	blz. 8
1.3. Doelstelling	blz. 8
1.4. Vraagstelling	blz. 8
1.5. Leeswijze	blz. 9
1.6. Structuur van het ontwerpproject	blz. 9

HOOFDSTUK 2: MARKTONDERZOEK

2.1. De fitness markt	blz. 12-13
2.2. De markt van fitnessapparaten	blz. 14-15
2.3. Omgevingsanalyse	blz. 16
2.4. Trends en ontwikkelingen	blz. 17-20
2.5. Marktstrategie "niche"	blz. 21

HOOFDSTUK 3: DOELGROEP

3.1. Kenmerken fitness-sporters	blz. 22
3.2. Fitnessmotieven en behoeften	blz. 23

HOOFDSTUK 4: CONCURRENTIEANALYSE

4.1. Concurrerende fitnessapparaten	blz. 24
4.2. Selecteren van de concurrentie	blz. 25
4.3. De directe concurrentie	blz. 26
4.4. De indirecte concurrentie	blz. 27

HOOFDSTUK 5: PATENTENONDERZOEK

5.0. Patentenonderzoek	blz. 28
------------------------	---------

HOOFDSTUK 6: ONDERZOEKEN

6.1. Permanente Magneten	blz. 29-30
6.2. Halbach gemagnetiseerde elektromotoren	blz. 31

HOOFDSTUK 7: ONTWERPCRITERIA

7.1. Ontwerpproblemen	blz. 32
7.2. Ontwerpkader	blz. 33
7.3. Productfuncties	blz. 34
7.4. Programma van Eisen en Wensen (PvE)	blz. 35

HOOFDSTUK 8: CONCEPTONTWERPEN

8.1. Conceptontwerp 1	blz. 38-39
8.2. Conceptontwerp 2	blz. 40-41
8.3. Conceptontwerp 3	blz. 42-43
8.4. Evaluatie & Conceptkeuze	blz. 44

HOOFDSTUK 9: EINDONTWERP WERKINGSMECHANISME

9.1. Hoofdcomponenten van het werkingsmechanisme	blz. 48-51
9.2. Prototypevoorstel	blz. 52-53
9.3. Relatieanalyse binnen het mechanische domein	blz. 54-55
9.4. Bepalen van de componenten binnen het elektrische/mechanische domein	blz. 56-60

HOOFDSTUK 10: EINDONTWERP

10.1. Omschrijving	blz. 61
10.2. Kleurstellingen	blz. 62
10.3. Sensoren en plaatsing	blz. 63
10.4. Display en bediening	blz. 63
10.5. Mogelijkheden voor gebruik	blz. 64-65
10.6. Geleiding van het snoer en bescherming	blz. 66

HOOFDSTUK 11: CONCLUSIE & AANBEVELINGEN

CONCLUSIE	blz. 68
AANBEVELINGEN	blz. 69

BRONNENLIJST	blz. 70-71
--------------	------------

BIJLAGEN: A - Q	blz. 72 - 90
-----------------	--------------

1.1. De opdrachtgever

De opdrachtgever is Peter van der Klok, eigenaar van TCE (Technology Center Europe) en FINN (Fijnmechanisch Industrie Noord-Nederland). FINN b.v. is een vooraanstaand bedrijf op het gebied van fijnmechanische industrie. FINN is actief in verschillende markten waaronder de sport, automobiel, scheepvaart, defensie, ruimtevaart, medisch, omgeving en de hoge druk industrie. FINN heeft verschillende sportproducten op markt gebracht, waaronder de in-line schaatsframe, in-line klapschaats, klapsysteem voor langlauf ski's, klapskeeler, constructieve bijdrage aan de skeleton slee en pak, een rotating rowing footstretcher en tal van andere innovaties in de sport.

1.2. Aanleiding

Peter van der Klok constateerde een probleem omtrent fitness in Nederland en Amerika. Het bewustzijn om de persoonlijke levensstijl te verbeteren door fitness behoort tot de moderne bewegingscultuur. Fitness is een variant op de traditionele sport beoefening en past bij een individuele levensstijl ten opzichte van een meer groep georiënteerde traditionele sportbeoefening. Door een gebrek aan behoefte (of gelegenheid) van mensen om te gaan fitnessen op vaste tijden in een sportschool wil FINN door middel van een draagbaar (mobiel) fitnessapparaat de fitheid, souplesse en kracht van de mensen verbeteren.

FINN heeft gewerkt aan een prototype (Fitnessdisc) die in de figuur 1 te zien is. De Fitnessdisc maakt gebruik van een veermechanisme. Het typische weerstandsverloop van fitnesselastieken en veer karakteristieken is verre van ideaal in het trainen van spieren. Een draagbaar fitnessapparaat biedt een alternatief op de traditionele vorm van fitness beoefening in de sportschool.

Met het draagbaar fitness apparaat kan een sporter vrije lichaamstraining doen met behulp van het uittrekken van een snoer. Aan het uiteinde van dit snoer wordt een handvat bevestigd die de sporter meeneemt in haar beweging. Door het belast strekken en buigen van het lichaam ondervindt de sporter extra weerstand in haar training. Waardoor sportprestaties kunnen worden verbeterd en de sportlevensstijl van de moderne sporter op een geheel nieuwe manier kan worden ingevuld.

1.3. Doelstelling

Het doel van deze bachelor eindopdracht is het ontwerpen van een nieuw draagbaar fitnessapparaat, met als werknaam: "FINNFIT". De FINNFIT moet op verschillende punten superieur worden door een innovatief magnetisch werkingsmechanisme met een aaneenschakeling van permanente magneten (Halbach arrays) die elektrisch kunnen worden aangestuurd. Elektriciteit op kan wekken uit de bewegingen van de sporter en sensoren bevat die het meten van inspanning mogelijk maakt.

1.4. Vraagstelling

De primaire vraag om de weerstand te verzorgen door een combinatie van magneten (Halbach arrays) is bepaald vanuit de spierfysiologische achtergrond dat de weerstand daarmee veel constanter, meer lineair en variabel instelbaar is. Daarbij zou minder slijtage optreden doordat er geen fysiek contact wordt gemaakt bij het verkrijgen van de weerstand. Het zou daarbij mogelijk moeten zijn om de door de sporter gegenereerde energie terug om te zetten in elektriciteit, zodat de FINNFIT "autonoom" wordt en geen externe voedingsbron nodig zal hebben. De FINNFIT moet daarbij worden aangestuurd door middel van een web-based applicatie, waardoor analyses kunnen worden gedaan en trends in de sport kunnen worden doorgevoerd.

De uitdaging voor deze bachelor eindopdracht is het integreren van de gevorderde mogelijkheden van stationaire fitness apparatuur in een handzaam draagbaar en veelzijdig fitness apparaat.



Fig. 1:

Prototype ontwerp van FINN b.v. ("Fitnessdisc")

● 1.5. Leeswijze

Deze Bachelor Eindopdracht omvat geen geheel productontwikkelingsproces. Er wordt in de opdracht een ontwerptraject gevolgd, waarbij de nadruk is gelegd op de 'Analysefase', 'Concept ontwikkelingsfase' en 'Concept uitwerkingsfase'. Uiteindelijk wordt er een 'Conclusie' geformuleerd van het ontwerpproces en er zijn 'Aanbevelingen' gedaan voor FINN b.v. om het eindontwerp verder te ontwikkelen.

● 1.6. Structuur van het ontwerptraject

In de analysefase is onderzoek gedaan naar de fitnessmarkt, de markt van fitnessapparaten, de omgeving, de trends op het gebied van fitness en zijn er verschillende concurrente producten bestudeert. Uit deze bevindingen is een programma van eisen opgesteld en is er een marktstrategie gevormt voor het definiëren van potentiële toekomstplannen vooraf gaande aan het ontwerpen van het draagbare fitnessapparaat. Hierbij is een potentiële doelgroep gespecificeerd die hoofdzakelijk in aanmerking komt voor het initiele product.

Vanuit het productidee werd verlangd naar een werkingsprincipe op basis van een speciale aaneenschakeling van permanente magneten (Halbach arrays). Er is daarom onderzoek gedaan naar patenten, het werkingsprincipe en alternatieven. Er zijn bij het onderzoeken van het werkingsprincipe verschillende technische problemen waargenomen die het realiseren van het productidee onhaalbaar maken. Deze ontwerpproblemen zijn samengevat in ontwerpcriteria die in het conceptontwikkelingsproces zijn meegenomen. In de conceptontwikkelingsfase worden dan ook nieuw oplossingen gevonden voor een werkingsmechanisme op basis van magnetisme.

Deze oplossingen zijn in een drietal conceptontwerpen verwerkt. De gegenereerde conceptontwerpen zijn vervolgens geëvalueerd aan de hand van een aantal eisen uit het programma van eisen.

Vervolgens heeft er een conceptkeuze plaats gevonden, waarbij nieuwe conceptontwerpen van zowel het uiterlijk ontwerp als het werkingsmechanisme zijn voorgelegd aan de opdrachtgever. Van het werkingsmechanisme is een voorstel gedaan voor het bouwen van een prototype. Deze is door de opdrachtgever niet geaccordeerd waardoor vanuit een technische benadering van de techniek verschillende bestaande mechanische en elektronische componenten zijn geselecteerd voor de toepassing.

De geselecteerde componenten zijn geassembleerd in een 3D CAD model en dient als een proof-of-principle voor de haalbaarheid van de FINNFIT (eindontwerp). Op basis van dit 3D CAD model wordt tevens de functionaliteit en draagbaarheid aangetoond en kan de opdrachtgever een beslissingen maken voor het al dan niet verder ontwikkelen van de FINNFIT.



ANALYSEFASE

● Inleiding

Fitness wordt het meest op individuele basis beoefend om zowel mentaal als fysiek de fitheid en gezondheid te bevorderen, professioneel en medisch om sport- en lichaamsprestaties te verbeteren. Doordat de fitness doelgericht kan worden toegepast, vormt het een aanvulling en ondersteuning voor andere sporten. In dit marktonderzoek staat de fitness markt centraal en worden verschillende disciplines vanuit de fitnessmarkt bestudeert om een afgebakend kader te vinden voor de serieuze interesse in een nieuw innovatief draagbaar fitnessapparaat.

Een deel van het marktonderzoek richt zich op het verkennen van de behoeften van de sporter en de functionele plaats van de FINNFIT in relatie met andere sportactiviteiten en concurrente fitnessapparaten.

Er zal daarom in het marktonderzoek antwoord worden gegeven op de volgende vragen: Welke markt gaat de FINNFIT betreden? Voor welke gebruikers is de FINNFIT geschikt? Met welke trends zal de FINNFIT worden geïntroduceerd en met welke producten zal de FINNFIT gaan concurreren? Er is hiervoor de onderstaande analyseopbouw gehanteerd.

Analyseopbouw:

- 2.1. De fitness markt (m.n. Amerikaanse markt, verder ontwikkeld)
- 2.2. De markt van fitnessapparaten
- 2.3. Omgevingsanalyse
- 2.4. Trends en ontwikkelingen

Uit dit onderzoek volgt een marktstrategie (2.5) die omschrijft tot welke markt en met welke concurrente fitness producten de FINNFIT de markt zal gaan betreden.

● 2.1. De fitness markt

Volgens Peter van der Klok, de opdrachtgever van deze bachelor eindopdracht, zou er een toenemende belangstelling zijn voor fitness in Nederland en Amerika. Om dit te onderbouwen is er onderzoek gedaan naar de markt van de fitness industrie in Amerika en Europa. Amerika is in deze verder ontwikkeld dan Europa (IHRS, 2012). Hierdoor ligt de focus op de Amerikaanse markt en wordt deze voornamelijk in beschouwing genomen. Uit een recent Amerikaans onderzoek naar de participatie in de sport (PAC, 2014) blijkt dat van de 290 miljoen Amerikanen van 6 jaar en ouder er slechts 80 miljoen (27,6%) 'niet-actief' deelnemen aan sport activiteiten. Dit betekent dat er 210 miljoen (72,4%) Amerikanen wel 'actief' deelnemen aan sport activiteiten. Uit dit onderzoek blijkt eveneens dat Amerikanen het meest actief zijn in fitness (61,2%) en outdoor sporten (49,2%), dus ongeveer 93 miljoen Amerikanen fitnessen (zie fig.2). De meest significante groei van fitness beoefenaars heeft plaats gevonden tussen 1990 en 2005. Daarna is er geen significante toename meer, maar blijft de markt tot op heden zeer constant. Er is echter wel een indrukwekkende toename te zien in het ledenaantal van de fitness clubs.

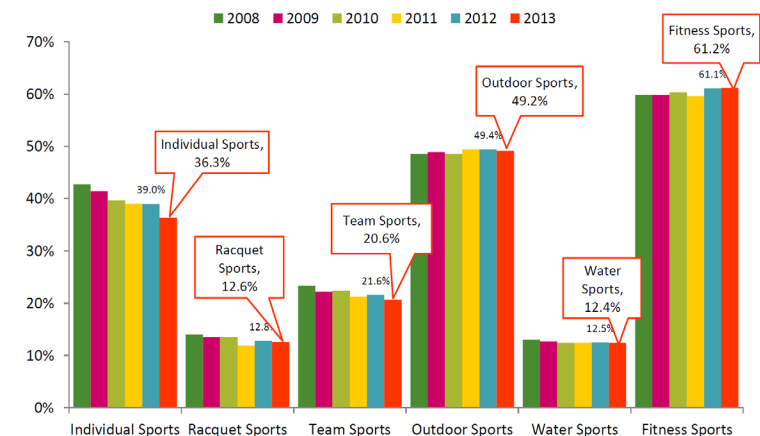


Fig. 2:

Percentage individuele Amerikaanse sporters, leeftijd 6+ jaar

Volgens het International Health, Racquet and Sportsclub Association (2011) is het aantal leden bij fitnesscentra met 10,8% gestegen in 2010 ten opzichte van het jaar daarvoor. Deze tendens is ook in de Europese fitness markt te zien. The Eurobarometer Survey on Sport and Physical Activity maakte in maart 2010 bekend dat 11% van de Europese populatie 'fitnessen' als favoriete sport ziet. Waarbij fitness in het noordelijke deel van Europa het populairste is. In Nederland blijkt de fitness-industriële marktwaarde rond de 1 miljard euro te liggen, met een totaal aantal leden van ruim 3 miljoen Nederlandse fitnessbeoefenaars. Voor zo'n 20% van de Nederlandse bevolking, is fitness onderdeel geworden van hun dagelijkse levensstijl. Ongeveer 75% van de fitnessbeoefenaars gaat gemiddeld minimaal 1 keer per week naar de sportschool. Daarbij zijn cardio- en krachttraining de meest beoefende activiteiten. De fitnessbranch blijft een verdringingsmarkt. Maar de laatste jaren begint de explosieve toename in het aantal leden bij fitnesscentra tot stilstand te komen. Volgens branchorganisatie Fitlvak (2012), wordt een daling in het percentage fitnessbeoefenaars in Nederland verwacht gezien de verzadiging van de fitnessmarkt.

De fitnessmarkt kan op basis van de 'product life cycle theorie' van Levitt (1965) (zie fig.3), worden gecategoriseerd in de derde fase – de volwassenheidsfase "market mature stage". Dit houdt in dat de fitnessmarkt klanten werft door het aanbod van fitnessapparatuur te vergroten, en zo veel mogelijk probeert in te spelen op de prijs. Deze tendens is te herkennen binnen het low-budget fitness aanbod. Volgens Van Spronsen & Partners (2013) is BasicFit met een kwart van het totaal aantal fitnesscentra in Nederland de grootste van Europa. Ook Fit-for-free is in een opmars om met deze formule de Europese fitnessmarkt te domineren. Dit betekent dat generieke middelgrote fitnesscentra langzaam zullen verdwijnen en dat de markt wordt verdeeld in gespecialiseerde (kracht), luxe ketens (Sportcity) en low-budget ketens (Achmea, Rabobank, 2014). Een gevolg van deze definiëring in de fitnessmarkt betekent dat mensen selectief voor en nadelen afwegen naar een vorm die voor hen het beste past.

2.1.1. Beweegredenen

Uit het onderzoeken van de fitnessmarkt blijkt dat de branche sterk wordt geraakt door een aantal maatschappelijke veranderingen. Ook al zal de FINNFIT in een stabiele markt van fitness beoefenaars goed zijn plaats kunnen vinden als individueel, niet-plaats gebonden (draagbaar) alternatief voor een training met sportschool eigenschappen. Zal de FINNFIT daarnaast ook een groep fitnessbeoefenaars aanspreken die niets hebben met de massaliteit van de grote ketens en de "buitensport" liefhebbers.

Gezien de grote belangstelling voor een gezonde levensstijl zullen mensen blijven sporten. Een logisch gevolg hiervan is dat er een verschuiving plaats vinden in de fitnessmarkt. Opkomende trends in de fitnessmarkt zullen gevonden worden om aan bewegingsactiviteiten te doen. Deze bewegingen in de markt vormt een motivatie om verschillende fitnessomgevingen, overige trends en concurrente producten te onderzoeken. Zodat de FINNFIT deels "voorbereid" zal zijn op deze verschuiving en mee kan verschuiven met de alternatieve trends op het gebied van fitness.

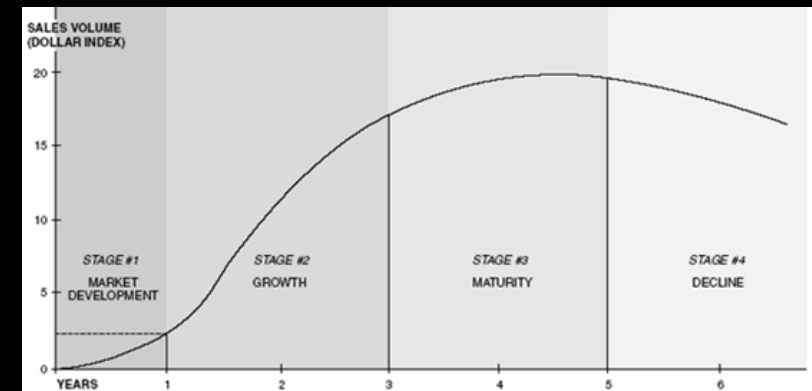


Fig. 3:

Product (industry) life cycle stages, Levitt (1965)

2.2. De markt van fitnessapparaten

De fitnessapparaten industrie bestaat uit twee marktsegmenten; (1) thuis gebruik en (2) commercieel gebruik. Onder commercieel gebruik worden de geavanceerde/professionele fitnessapparaten verstaan. Deze producten maken gebruik van alle nieuwe technologieën en worden met hoogwaardige materialen vervaardigd om derhalve exclusiviteit uit te stralen. Door de relatief hoge aanschafprijs zijn deze apparaten voornamelijk bestemd voor commercieel gebruik. Diverse apparatenleveranciers en instellingen voorzien de fitnessmarkt in drie verschillende fitness product categorieën: (1) cardiovasculaire training apparaten zoals loopbanden, fietsergometers etc.; (2) kracht training apparatuur, voor kracht en power training zoals bankdruk apparaten en spiergroep specifieke apparaten/toestellen; (3) functionele trainingsapparaten, waarbij gebruik wordt gemaakt van fitnessapparaten die geassocieerd kunnen worden met oefeningen uit het dagelijks leven, zoals traplopen en rennen. De productcategorieën 2 en 3 vallen onder het segment weerstandstraining, doordat er bij deze producten een opgelegde weerstand wordt gerealiseerd voor de fitnessbeoefenaars.

2.2.1. Fitnessapparaten voor thuis-gebruik

Zoals in de aanleiding (1.2.) staat vermeld is de opdrachtgever geïnteresseerd in de fitness markt voor Amerika en Nederland. Hierom is de fitnessapparaten markt in Amerika onderzocht, omdat deze vele malen groter is dan de Nederlandse fitnessmarkt.

De markt van fitnessapparaten in Amerika bedraagt in 2012 zo'n 4,49 miljard dollar (SFIA, 2012) waarvan loopbanden een marktaandeel van 25,5% hebben (fig. 4). Daarnaast zijn de crosstrainers (1,06 miljard dollar) en de fietsergometers (484 miljoen dollar) het meest favoriet. De aanschaf van fitnessapparatuur door de consumenten bedraagt ongeveer 75% van de markt (fig. 5). De top drie verkoopproducten zijn de crosstrainers (7,1%), de fietsergometers (5,3%) en loopbanden (3,6%). In 2006 was in Amerika maar liefst 80% van de fitnessapparatuur bestemd voor thuis gebruik en hadden zo'n 33% van de Amerikaanse huishoudens fitnessapparaten thuis staan. De fitnessapparaten industrie wordt daarmee gedomineerd door de thuis gebruikers fitness markt.

Opmerkelijk is dat veel vrouwen een voorkeur hebben voor thuis fitness apparatuur. Het aantal vrouwen dat gebruik maakt van thuis fitnessapparatuur is tussen 1987 en 2002 gestegen met 113% (IndustryIQ, 2005) Deze groei in de aanschaf van fitnessapparatuur komt voort uit het schoonheidsideaal en de bewustwording dat een stil zittende levensstijl gezondheidsrisico's met zich mee brengt. Hier blijken vrouwen gevoeliger voor te zijn dan mannen. Er worden dan ook voornamelijk cardiovasculaire training apparaten gekocht door vrouwen, terwijl mannen een voorkeur hebben voor kracht training apparatuur (ACSM, 2011).

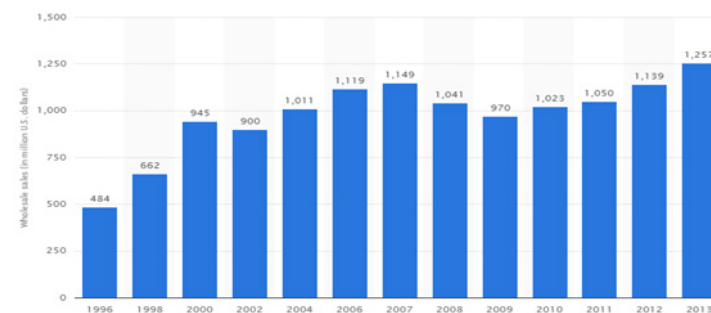


Fig. 4:

Verkoopcijfers fitnessapparaten voor commercieel gebruik in Amerika

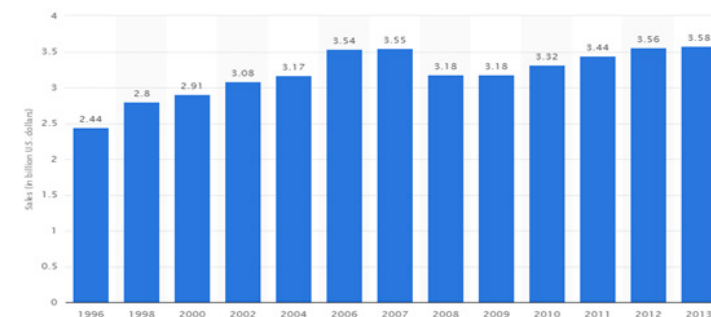


Fig. 5:

Verkoopcijfers fitnessapparaten voor thuis gebruik in Amerika

2.2.2. Rol van e-commerce bij fitnessapparaten

Fitnessapparatuur voor thuis gebruik worden veelal aangeboden via de tv of het internet (thuiswinkelen). Impuls en gemak zijn de belangrijkste redenen voor een aanschaf van fitness apparatuur via e-commerce. Bij de advertenties voor fitnessapparaten wordt vooral geappelleerd aan gemak, gezondheid factoren en privacy bij het trainen. Een aantal van deze factoren kunnen interessant zijn voor de webshop van 'FINN b.v.'. Deze factoren kunnen worden gecategoriseerd als "vertrouwende factoren" en "gemak factoren", en worden door retailers gebruikt om onzekerheden voor de aanschaf te minimaliseren.

Vermelde "vertrouwens factoren" in advertenties:

- Garanties – assortiment grootte en keuze
- Jarenlange bedrijfsvoering – volledige service organisatie
- Gecertificeerde technici - "beantwoording van fitness vragen"
- Productkwaliteit – ervaren personeel
- Gespecialiseerde producten – "eerst proberen, dan kopen"
- Geautoriseerde service – "uitzonderlijke bedrijfsvoering"

Vermelde "gemak factoren in advertenties:

- Grote showroom – gratis bezorging en installatie
- Meerdere locaties – zeven dagen per week geopend
- Leverbaarheid – ruime parkeergelegenheid
- Telefoon en website promo's – gratis, in-huis service/reparatie
- Installatie en assemblage – gratis, brochure/catalogus

Echter geldt voor veel thuis-fitnessapparaten zoals loopbanden, fietsergometers, steppers etc. dat consumenten na enige tijd na aanschaf het interesse verliezen in deze monotone producten door psychologische ontevredenheid of gebrek aan voldoening. Dit komt vaak doordat bewegingsactiviteiten zoals outdoor sporten, waarbij de omgeving voortdurend verandert en samen met een partner(s) sport kan worden beoefend (buiten hardlopen, joggen en fietsen) dat meer afwisselend en daardoor plezieriger wordt ervaren.

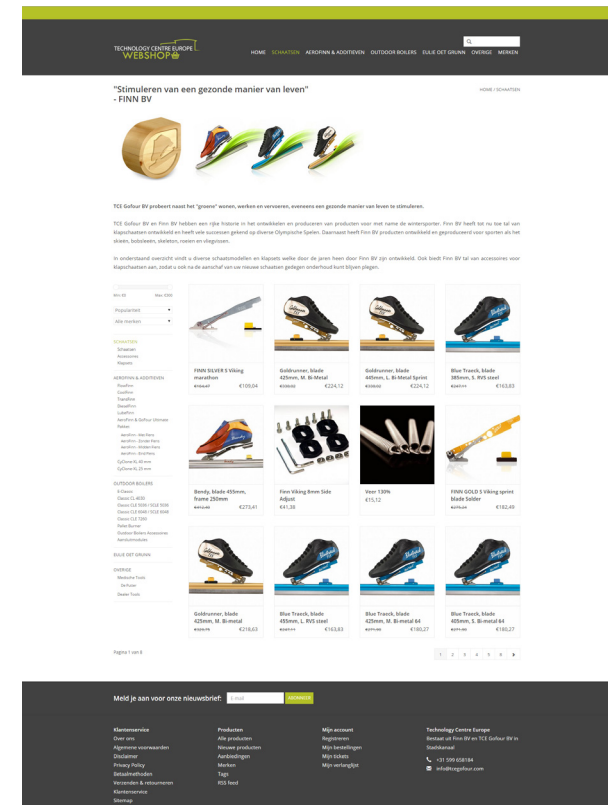


Fig. 6:

Voorbeeldpagina van de webshop van TCE en FINN b.v.

2.3. Omgevingsanalyse

Bij het aanbieden van fitness faciliteiten “buitens huis” en voor commercieel gebruik, spelen verschillende belangen en motieven voor de verschillende instellingen (zie fig. 7).

Feitelijk kunnen er 2 doelen worden gediend: een commercieel doel zoals bij de meeste fitness centra en een persoonlijk doel om daadwerkelijk de fitheid van de personen te ondersteunen. Voorop staat dat fitness cultuur een positieve uitstraling heeft en het goed is voor een bedrijf of instelling om deze te omarmen.

Bedrijven, onderwijs instellingen en overheden hebben een maatschappelijk of oprecht belang in de gezondheid en het welbehagen van de mensen omdat gezonde mensen hun werk (beter) kunnen uitvoeren en het goed is voor jongeren om met fitness in contact te komen. Deze hebben vaak een beperkte ruimte en dito keuze in apparatuur.

Wooncomplexen, hotels en spa's kunnen zich van de concurrentie onderscheiden door het gezondheidsimago en de extra luxe met behulp van Fitness faciliteiten te onderstrepen, zich doen “thuis” voelen en om het welzijn binnen de gemeenschap te verbeteren. Vaak is de ruimte beperkt en is er vaak een kleine selectie van meest populaire toestellen.

Personal training studio's, medische instellingen en sportclubs zijn natuurlijk primair gebaat bij het trainen, herstellen of verbeteren van lichaamsprestaties om competitie, een sneller revalidatieproces en uitdagingen aan te gaan. De apparatuur is gericht op doelmatigheid.

De commerciële fitnesscentra, hebben het belang om zo'n groot mogelijk publiek aan te spreken en zich te onderscheiden ten opzichte van andere fitnesscentra. Dit wordt bereikt door een zo groot mogelijk assortiment aan fitnessapparatuur en een goede atmosfeer te bieden. Daarnaast is het goed, oprecht het belang van de gezondheid van de sporter ter harte te nemen waardoor de sporter het resultaat ziet van de inspanningen van de zichzelf en de instelling en daardoor het langer volhoudt.

2.3.1. Conclusie omgevingsanalyse

Vanuit de achterliggende doelstellingen vinden we in de verschillende omgevingen uiteenlopende combinaties van apparatuur. Vanuit de gedachte van compactheid en flexibiliteit kan de FINNFIT in de meeste omgevingen worden gebruikt. Uitzonderingen zullen die openbare gelegenheden zijn waar men niet kan verzekeren dat de FINNFIT niet “per ongeluk” wordt meegenomen zoals Hotels en wooncomplexen. Hierdoor wordt er voor het verdere verloop van het marktonderzoek naar verschillende fitnessapparaten niet naar deze doelgroepen verwijzen.

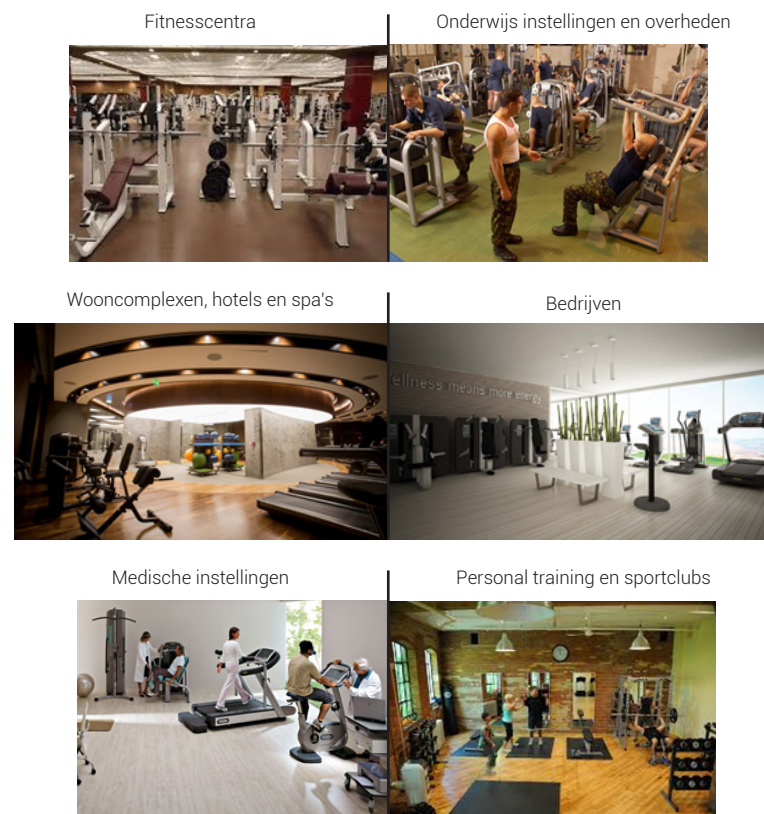


Fig. 7:

Impressie van de verschillende fitness omgevingen

2.4. Trends en ontwikkelingen

Het fitnessaanbod is enorm en voordurend in ontwikkeling. Enkele opmerkelijke trends zijn zichtbaar in de fitnessbranche: bodyshaping, bodyweight training en High Intensity Interval Training. Zoals in het onderzoeken van de fitnessmarkt (2.1.) blijkt ook outdoor fitness erg populair. Naast deze verschillende trends in de verschillende trainingsvormen zijn er ook een aantal technologisch gedreven ontwikkelingen in de fitnessmarkt merkbaar.

De populariteit en de toegankelijkheid van fitness heeft geleid tot allerlei technologische ontwikkelingen en professionalisering in technologie. Intelligentie in de fitness apparaten dragen bij om de persoonlijke doelen te volgen, behalen en sportprestaties te verbeteren. Smartphones, smartwatches en fitness trackers maken het volgen van de individuele prestatie van de sporters inzichtelijk, en geven richting aan de persoonlijke doelen. Maar ook virtuele training en gaming zullen in de volgende paragrafen behandeld worden.

2.4.1. Bodyshaping

Een trend van sporters om afzonderlijke spiergroepen (vaak geïsoleerd) aan te pakken met specifiek georiënteerde kracht training fitnessapparatuur. Deze komt voort uit het 'schoonheidsideaal' met als exponent de bodybuilding industrie waarbij o.a. Arnold Schwarzenegger en Lou Ferrigno, een belangrijke rol in hebben gespeeld. Zij zijn gewaardeerde bodybuilders op het gebied van plaatselijk specifieke aandacht voor spieropbouw en fitheid (schoonheidsbeeld). Deze groep is op zoek naar fitnessapparatuur welke zo veel mogelijk resultaat bewerkstelligd in zo min mogelijk tijd.

2.4.2. Bodyweight training

Een zeer andere trend richt zich juist op weerstandstraining met het eigen lichaamsgewicht (bodyweight training). Hierbij wordt weinig tot geen gebruik gemaakt van stationaire fitnessapparaten en vrije gewichten. Bodyweight training wordt voornamelijk in groepsverband beoefend. En is voor het eerst in de geschiedenis zo populair. Sporters vinden het fijn om door mede sporters gestimuleerd te worden om bijvoorbeeld toch nog dat laatste setje af te maken

2.4.3. High Intensity Interval training

Net als bij Bodyweight training wordt ook bij High Intensity Interval Training (HIIT) met het eigen gewicht getraind. HIIT wordt echter net iets anders beoefend. De nadruk ligt op op een hoge intensiteit van de training waarbij o.a. (optrek)stangen, ringen, touwen, roeiers, buikspiermatten, kettlebells, medicijn ballen enzovoort ingezet worden om extra weerstand op te leggen (zie fig. 8). Daarbij wordt een trainingspatroon gehanteerd die wordt bepaald met tijdsintervallen. Er worden veel herhalingen gemaakt in een korte tijd waarna vervolgens een korte rustpauze wordt gehouden. Dit patroon wordt veelvuldig herhaald tot een maximale inspanning wordt gehaald. Voorbeelden van HIIT zijn CrossFit, TRX, RAGE, en Rogue fitness. CrossFit is begonnen met deze trainingsvorm en is enorm populair dankzij de uitzonderlijke resultaten in atletische hoedanigheid en conditie. Net als bij bodyweight training wordt ook HIIT vooral in groepsverband gedaan. Het delen van de ervaring, competitie en spel spelen in deze trends een zeer belangrijke rol.



Fig. 8:

Verschillende vormen van High Intensity Interval Training

2.4.3. Outdoor Fitness

Outdoor sporten wordt in verschillende disciplines gedaan. Veel sporters kiezen om buiten aan lichaamsbeweging (fitness) te doen. Maar liefst 49,5 % van de actieve Amerikaanse sporters doet aan outdoor sporten. Overheden hebben deze populariteit ook opgemerkt en hebben in veel steden ruimte gemaakt voor een traditionele vorm van fitness in de buitenlucht (zie fig.9). Een belangrijke markt voor een draagbaar fitnessapparaat zal outdoor fitness kunnen zijn. Waar outdoor sporten zijn populariteit aan te danken heeft wordt volgens Outdoor Industry Association (OIA, 2013) gekenmerkt door vrijheid bij het sporten, en doordat mensen hun actieve levensstijl dicht bij huis gaan zoeken en samen met familie en vrienden gaan sporten om deze levensstijl te onderhouden.

Outdoor activiteiten zoals hardlopen, joggen en trailrunning zijn het meest favoriet (19% van de Amerikanen), maar ook klimmen, yoga, pilates etc. wordt erg gewaardeerd en zorgt ervoor dat mensen activiteiten beginnen te combineren (zie fig. 10). Het contrast tussen outdoor sporten en fitness wordt daarom steeds kleiner. Een goed voorbeeld hiervan is: “Nordic Walking” (zie fig. 10; links boven). Bij deze bewegingsactiviteit worden bij het wandelen skistokken gebruikt. Om de beweging te vergemakkelijken en de loopbeweging te ondersteunen vanuit het bovenlichaam. Deze vorm van outdoor fitness is een duidelijke combinatie van verschillende disciplines, waarbij vanuit de ervaring met skiën de skistokken wordt gecombineerd met wandelen. Een ander razend populaire combinatie van fitness en outdoor sporten, is de Fisherman’s Friend Strongman Run en varianten hierop. Waarbij in de vorm van een race, fitness en outdoor sporten worden gecombineerd tot een competitieve uitdaging om de fitheid van de mensen op de proef te stellen. Hieruit kan ook worden geconstateerd worden dat outdoor sporten en fitness dicht bij elkaar komen te liggen. De FINNFIT past uitstekend in een outdoor setting en zou fitness en outdoor sporten nog dicht bij elkaar kunnen brengen. Maar kan daarnaast ook uitstekend binnenshuis worden gebruikt.



Fig.9:

Commerciële fitness outdoor



Fig. 10:

Combinaties van fitness en outdoor sporten

2.4.4. Lifestyle and fitness tracking

Met 'lifestyle en fitness tracking' wordt de mens geholpen in het verbeteren en het 'volgen' van belangrijke fitness beïnvloedende factoren in de levensstijl (lifestyle tracking). Verschillende applicaties op smartphones en intelligente horloges ('smartwatches') zijn ontwikkeld voor virtuele coaching, personal training, adaptieve voeding- en trainingsschema's (zie fig. 12; links).

Vanaf 2010 bleek bij een groot elektronica keten Best Buy kleine lifestyle en fitness trackers en accessoires samen met mobiele telefoons en iPods populair. Deze tendens zal zich voortzetten, in een voorspelling van Statista (2014) zal de markt voor lifestyle en fitness trackers enorm groeien (zie fig. 11). Adidas heeft in samenwerking met Samsung, miCoach ontwikkelt dit was de eerste grote fitness-training app voor mobiele platforms. De ontwikkeling van deze technologie vereenvoudigd de traditionele personal training en coaching en is in principe bereikbaar voor iedereen. Door de applicatie mogelijkheden van smartphones en fitness trackers te combineren met hun fitnessapparaten kunnen we lifestyle met training programma's integreren. Bij de 'mywellness® cloud' van 'technogym®' en de 'mywellness® cloud' van technogym® wordt deze koppeling van 'lifestyle tracking' met hun fitnessapparaten gecombineerd. Hierdoor kunnen sporters in één oogomslag zien wat hun geleverde prestaties zijn, ook zonder daarvoor zelfstandig voeding en bewegingsgeschiedenis in te voeren. De sporter kan met behulp van de tracker zijn levensstijl reflecteren op zijn gestelde doel.

Een vorm van 'fitness tracking' is "The Core" van Athos® (zie fig. 12; rechts) en is een meer gespecialiseerde fitness tracker (muscle trackers). Bij deze applicatie wordt de specifieke spieractiviteit gemeten door middel van sensoren (elektromyografie). Een vest met sensoren verzamelt informatie over bulk spiercontracties (aanspannen van de spieren) en combineert deze met hart- en ademhalingsfrequenties waardoor de sportprestaties nauwkeurig kunnen worden gevolgd.

Naast Technogym en Athos zijn er tal van andere bedrijven die zich richten op Lifestyle en Fitness tracking deze staan in een overzicht weergegeven in bijlage A.

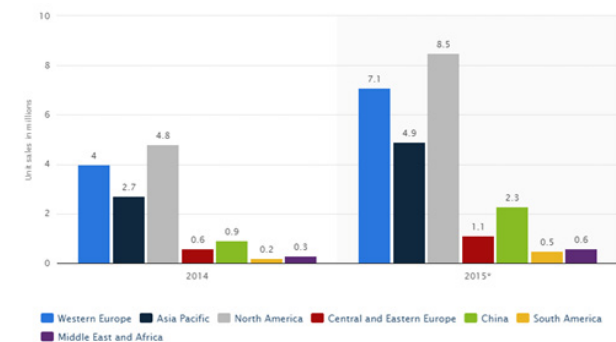


Fig. 11:

Voorspelling verkoopcijfers van de weergegeven lifestyle en fitness trackers



Fig. 12:

Verschillende fitness trackers (links), "The Core" muscle tracker (rechts)

2.4.5. Gaming en Virtuele fitness (training)

De meest traditionele vorm van virtuele fitness (ook wel virtuele training genoemd) is de ochtendgymnastiek op tv met of zonder gewichten. Tegenwoordig is fitness met beeld en geluid eveneens opgepakt door de gaming industrie. Bij virtuele fitness en gaming worden sportactiviteiten gesimuleerd als ondersteuning en in competitie met de gebruiker, vaak in combinatie met fitnessapparatuur.

De bekendste uit de gaming industrie zijn: Nintendo® Wii, Xbox® Kinect en de Playstation® Move. Wat deze vorm van fitness onderscheid ten opzichte van traditionele fitness, zijn de amusements- en competitiefactoren in een meer sociale omgeving (zoals de huiskamer). Hierdoor ontstaat minder verveling, dit heeft ertoe geleid dat virtuele fitness direct concurreert met de traditionele vorm van fitness. Virtuele fitness is met razend tempo geïntroduceerd in de consumenten markt en is tegenwoordig ook bij een groot aantal fitnesscentra in groepsverband te beoefenen. Het blijkt dat virtuele fitness een erg breed toepassingsbereik kent en steeds meer fitnessapparatuur wordt ontwikkeld in dit marktsegment.

Trazer® heeft onlangs in samenwerking met Panasonic een product ontwikkeld met een innovatieve 3D lens die bewegingen van de sporter kan simuleren en sportprestaties inzichtelijk kan maken (zie fig. 13). Dit product biedt een nieuwe vorm van personal training, voor fitnessbeoefenaars en atleten en is voornamelijk bedoeld voor medische faciliteiten, fitnesscentra, revalidatiecentra en sport organisaties. Cycleops® heeft een virtueel weerstandstraining product ontwikkeld voor wielrenners en mountainbikers waar zij hun eigen fiets op kunnen monteren (zie fig. 14; links). De GOJY PLAY™ (zie fig. 14; rechts) is een consumenten spel en kan worden gespeeld op een tablet of smartphone in samenwerking met een controller.

2.4.6. Bevinding

Gezien de elektronische mogelijkheden van de FINNFIT, kan deze relatief eenvoudig in een game of een virtuele training worden ingebouwd en zal de FINNFIT ook in deze trend van intelligente sportondersteuning een rol kunnen spelen.

Deze bevinding biedt wellicht mogelijkheid om in een vervolgstudie de FINNFIT verder te ontwikkelen.



Fig. 13:
Virtuele fitness: Trazer



Fig. 14:
(links) Virtuele fitness: Cycleops en (rechts) gaming: GOJY Play

● Conclusie marktonderzoek

Uit het marktonderzoek blijkt dat er verschillen zitten in het marktsegment voor thuis gebruik en commercieel. Voor commercieel gebruik worden voornamelijk professionele fitnessapparaten aangeboden. Deze producten maken gebruik van alle nieuwe technologieën in de markt en worden met hoogwaardige materialen vervaardigd. Dit is in contrast met de fitnessapparaten voor thuis gebruik waarbij de look-and-feel minder hoog in het vaandel staat, en waarbij het voor veel mensen voornamelijk gaat om een goede prijs/kwaliteit verhouding. Deze verschillen in productuitstraling en prijs komt voornamelijk doordat de omgevingen/instellingen waar deze apparaten worden aangeboden zich willen onderscheiden van het marktsegment voor thuis gebruikers.

Uit het marktonderzoek blijkt dat de markt in fitness apparaten voor sportscholen is geconsolideerd (volwassen markt). Bij outdoor sporten geldt dit niet. Dit betekent voor FINN b.v. dat er een kans ligt in de fitnessindustrie, maar dat het uiterst lastig is om met een groot scala aan fitnessapparaten te concurreren die worden geproduceerd voor fitnesscentra (commercieel gebruik). De thuisgebruikers fitnessmarkt is daarom beter geschikt om een groot aantal klanten te bereiken. Daarbij spelen de trends en ontwikkelingen een belangrijke rol voor de FINN b.v. Vanwege het mobiele karakter van de FINNFIT lijken de toepassingsmogelijkheden voor populaire sportactiviteiten zoals hardlopen, joggen, trialrunning etc. erg geschikt daarbij wordt deze koppeling met moderne lifestyle en fitness Trackers gezien als een uitstekende match voor de fitness- en outdoor sporters doelgroep.

● 2.5. Marktstrategie “niche”

In een gesprek met Peter van der Kolk zijn aan de hand van verzamelde marktgegevens, de actuele ontwikkelingen en relevante patenten (zie hoofdstuk 5) voorgelegd om een marktstrategie te bepalen.

De conclusie is gerechtvaardigd dat de traditionele fitnessmarkt volwassen is en wordt beheerst door grote fitness fabrikanten. FINN b.v. moet hiermee niet in de slag gaan om te concurreren. Er is een perfecte niche markt die in overeenstemming is met de ideeën van de opdrachtgever. Het doel moet zijn om met een combinatie van alternatieven uit de outdoor sport markt. Consumenten te bereiken die geïnteresseerd zijn in de trends op het gebied van HIIT en bodyweight training en outdoor sporten zoals trialrunning, joggen, klimmen, yoga en pilates. De FINNFIT moet een “Lifestyle-companion” worden. Een combinatie van Outdoor sporten, fitness en Virtuele Fitness. Met als kenmerk een sterk applicatie gedreven lifestyle tracking apparaat om zowel de lifestyle aan te passen aan de fitness doelen maar tegelijk ook andersom.

FINN b.v. gaat hiermee met de “FINNFIT” de concurrentie aan met de “DISQ” en de “MASS SUIT”. Welke in hoofdstuk 4 ‘Concurrentieanalyse’ nader zullen worden onderzocht. Deze vergelijkbare draagbare producten richten zich qua functionaliteit, gebruiksvorm en prijs op het low-end segment. Terwijl met de FINNFIT, de sporter zal worden uitgedaagd om zijn/haar sport doelen snel te bereiken door middel van geïntegreerde ergometerfuncties. Waardoor de FINNFIT voldoet aan het marktsegment voor high-end fitnessproducten en de “FINNFIT” zal opvallen in een concurrentiestrijd met de “DISQ” en de “MASS SUIT”.

● Inleiding

De doelgroep wordt gespecificeerd aan de hand van de bevindingen uit het marktonderzoek. De doelgroep wordt gevormd door sporter die zich verhouden tot de meest actuele trends op het gebied van fitness zoals 'Bodyweight training' en 'High Intensity Interval Training'. Deze doelgroep sport voornamelijk in een omgeving die varieert tussen indoor en outdoor. Deze specifieke doelgroep wordt geassocieerd met een hoge staat van gedrevenheid en creativiteit bij het beoefenen van fitness. Derhalve wordt ook een meer algemene fitnessbeoefenaar niet uitgesloten voor het in gebruik nemen van de FINNFIT, die overigens ook outdoor sporten beoefenen zoals bijvoorbeeld hardlopen, joggen en trialrunning.

Er wordt echter onder fitnessbeoefenaar verschillende motieven en behoeften gesteld aan de training. Er wordt daarom in dit hoofdstuk onderzocht met welk doel mensen gaan sporten. Om erachter te komen hoe de FINNFIT aan deze behoeften kan voldoen.

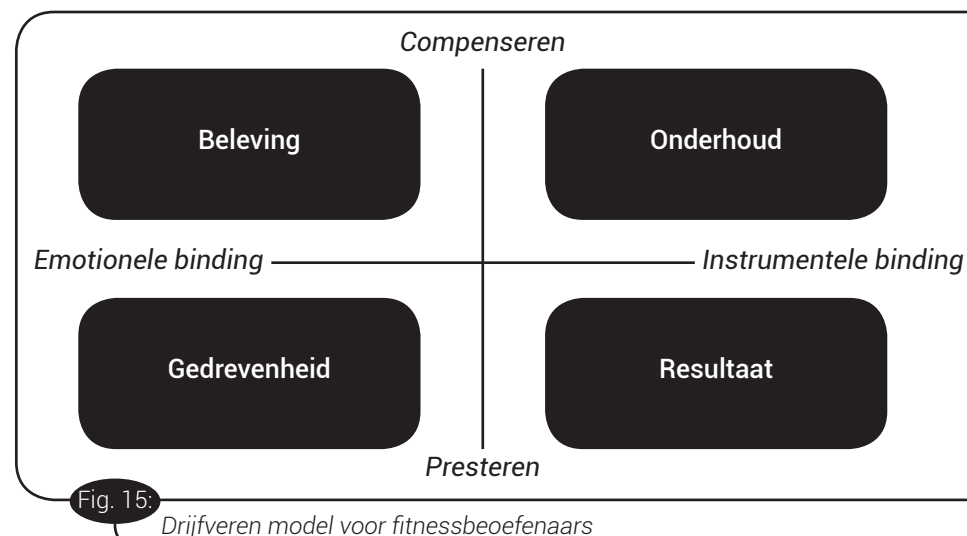
● 3.1. Kenmerken fitness-sporters

Volgens "van Spronsen & Partners" kunnen fitnessbeoefenaars in algemene zin worden onderverdeeld naar drie typen gebruikers; (1) particulieren, (2) bedrijven en (3) mensen met een medische noodzaak. Particulieren doen het vooral voor de algemene gezondheid en fitheid. In de bedrijfssector gaat het om gezonde werknemers, die betere presteren en een lager ziekteverzuim hebben.

De verschillende kenmerken van de fitness-sporters zijn onderzocht door de Hogeschool Utrecht. Deze hebben onderzoek verricht naar de uiteenlopende groep fitness-sporters. Een van de doelstellingen van het onderzoek van de doelgroep is het verkrijgen van inzicht in de motieven, behoeften, houding, wensen en ambities van de fitness-sporters. Deze worden in kaart gebracht door het gebruik van persona's. De persona's zijn samengesteld uit meerdere, werkelijk bestaande mensen die overeenkomsten vertonen. Deze overeenkomsten geven een rijk beeld van de karaktereigenschappen voor een bepaalde groep fitness-sporters.

De volgende persona's zijn hierin te onderscheiden: de liefhebber, de compenseerder, de fanatiekeling, de doelgerichte, de social sporter, de volger en de bodyshaper.

De fitness-sporters zijn geanalyseerd en gesegmenteerd vanuit een "drijfveren model". Hierin zijn de binding met fitness: emotioneel – instrumenteel en prestatiegerichtheid: presteren – compenseren tegen elkaar uitgezet (zie fig. 15).



Uit het drijfveren model te onderscheiden: resultaat (presteren, instrumenteel), onderhoud (compenseren, instrumenteel), gedrevenheid (presteren, emotioneel) en beleving (compenseren, emotioneel). De segmenten verschillen van omvang. Van alle sporters bevindt 35% zich in het kwadrant onderhoud, 28% in resultaat, gedrevenheid 21% en 16% bevindt zich in het kwadrant beleving (Hogeschool Utrecht, 2010).

● 3.2. Fitnessmotieven en behoeften

Sporters streven naar uiteenlopende resultaten. Motivatie is een van de elementen in het behalen van eventuele sportprestaties. Hieruit volgt een verwachting van het te behalen resultaat. Verschillende fitnessmotieven zijn en de trainingsbehoeften zijn bestudeert voor de FINNFIT (zie bijlage F).

Voorbeelden van motieven:

- Als training voor een andere sport
- Omdat de dokter het mij heeft geadviseerd
- Omdat beweging goed is voor mijn gezondheid
- Omdat ik competitief ben
- Omdat ik het fijn vind dat anderen mijn prestaties waarderen

Uit onderzoek van het “Muller instituut” en het “Sociaal Cultureel Planbureau” blijkt dat zowel bij fitness (88%) als bij andere sportverenigingen (64%) gezondheid, fitheid en lichaamsbeweging het belangrijkste motief is om te sporten. Opvallend is dat bij fitness veel sterker gezondheids-gerelateerde aspecten als een “strak lichaam” of “afvallen” worden genoemd en minder vaak motieven als plezierbeleving of sociale contacten die wel een belangrijke rol spelen bij outdoor sporten.

● 3.2.2. Behoeften voor de atleet

<i>Prestatie-verbetering:</i>	• Meer snelheid, kracht en conditie • Meer balans, motoriek, lenigheid en reactievermogen
<i>Voorkomen van blessures:</i>	• Minder belasting op de gewichten en pezen • Gecontroleerde training • Verdeelde belasting
<i>Verwachtingen:</i>	• Verhogen sport specifieke resultaten • Verhogen algemene fitness resultaten

● 3.2.1. Behoeften voor algemene fitness-sporters

<i>Onderhoud:</i>	• flexibel sporten • Gewicht en uiterlijk (lichaamsbewustheid)
<i>Gedreven:</i>	• Stimulerend/routinematig sporten (doelgericht) • Structuur en discipline (regelmaat, zelfdiscipline) • Motivatie • Ervaringen
<i>Resultaat:</i>	• Spieropbouw en uithoudingsvermogen (algemene sportprestaties) • Fysieke fitheid (vetverbranding) • Mentale fitheid (stress, mentale problemen, zelfbeeld; ongezonde gewoonten)
<i>Beleving:</i>	• Sociaal • Competitie • Vaardigheid • Dwangmatigheid • Amusement

● Conclusie

De binding met de sporter is bij fitnesscentra voornamelijk instrumenteel. Daarnaast hecht de consument minder aan bezit; hij wil flexibel blijven in zijn keuze om te sporten waar en wanneer hij dit wil. De consument is enkel nog bereid een meerprijs te betalen voor fitnessapparaten met een unieke beleving of grote toegevoegde waarde (Rabobank, 2015).

Er is gekeken om de behoeften onder te verdelen naargelang de motivatie en met welk doel de algemene fitness-sporter gaat fitnessen. Op basis van de behoeften en motivaties kan geconcludeerd worden dat de gestelde doelgroep zeer geboeid zal zijn bij de FINNFIT, doordat hiermee meer vrijheid en flexibiliteit voor het beoefenen van sport kan worden aangeboden. Sporters kunnen hun creativiteit kwijt in het doen van verschillende oefeningen zowel met als zonder partner of in groepen.

● Inleiding

Het aantal fitnessapparaten op de markt is enorm. In dit hoofdstuk zijn de verschillende fitnessapparaten bestudeert en is onderzocht welke segmenten een concurrerende rol gaan hebben bij het introduceren van de FINNFIT in de markt. Daarbij is gekeken op de functionaliteit, de gebruikte weerstandstechnieken, het weerstandsprofiel en de prijsclassificatie.

● 4.1. Concurrerende fitnessapparaten

Bij fitnessapparaten wordt onderscheid gemaakt in cardio, kracht en functionele training, deze onderverdeling is toegespitst op het doel dat hiermee bereikt kan worden zoals afvallen, meer conditie, meer balans, meer spieren enzovoort. Om meer inzicht te krijgen in de vraag “wie de concurrente producten zijn?” Wordt er gekeken naar de verschillende trainingvormen van de FINNFIT in relatie tot de functionaliteit van de verschillende fitnessapparaten op de markt. Gesteld kan worden dat veel van de verschillende fitnessapparaten een ‘beperkte’ functionaliteit bezit.

Door het enorme aanbod aan fitnessapparaten verdeelt in verschillende trainingvormen en verdeelt in stationaire of mobiele (draagbare) fitness apparaten. De mobiele (draagbare) fitnessapparaten behoren voornamelijk tot de groep ‘functionele trainers’ binnen het weerstandstraining segment. En richten zich voornamelijk op de trainingvorm die geassocieerd wordt met krachttraining in plaats van cardiotraining. Daarnaast wordt er binnen draagbare fitnessapparaten aandacht besteden aan aspecten zoals balans, reactie, snelheid, behendigheid, hand-oog coördinatie en andere sport specifieke trainingen.

● 4.1.1. Segmenteren van de concurrentie

De fitness markt kent een groot aantal fabrikanten (zie bijlage D). Veel apparaten verschillen hierdoor in vormgeving, maar vervullen een overeenkomstige aanpak van de training. In bijlage B is daarom een incompleet overzicht gegeven van huidige fitnessapparatuur. De fitnessapparaten zijn hierin gesegmenteerd onder één type cardio-/kracht of functioneel trainingsapparaat en verzorgen op verschillende manieren de weerstand voor de sporters (zie bijlage C).

Waarbij dezelfde trainingvorm wordt gehanteerd (zoals bijvoorbeeld een loopband – cardio, of een bankdrukapparaat – kracht). Krachttraining apparaten zijn tevens verzameld onder één fitnessapparaat dat een specifieke spiergroep, of verwante spiergroepen aanpakt.

Ook wordt er geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende manieren hoe de verschillende bewegingsuitslagen worden uitgevoerd, zoals buigen ‘curls’, verlengen ‘extensions’, optrekken ‘pull-up/down’, heffen ‘raise’, ab-/adductie ‘ab-/adduction’ etc. Dit komt doordat het fitnessapparaat op zichzelf dezelfde functie vervult maar deze alleen op een andere manier aanpakt en daarom niet interessant is om nader te onderzoeken.

● 4.1.2 Mobiliteit versus kracht

Vanuit een spierfysiologische visie is het belangrijk om te onderstrepen dat het werkingsprincipe c.q. de weerstandstechniek die gebruikt wordt bij fitness apparaten een belangrijke invloed heeft op de effectiviteit van de oefening. De belasting op de spier moet tijdens de gehele beweging zo veel mogelijk constant blijven. Een opbouwend of aflopend weerstandsverloop is daarom onwenselijk. Dit blijkt juist voor de mobiele fitness apparaten een diskwalificerende eigenschap te zijn.

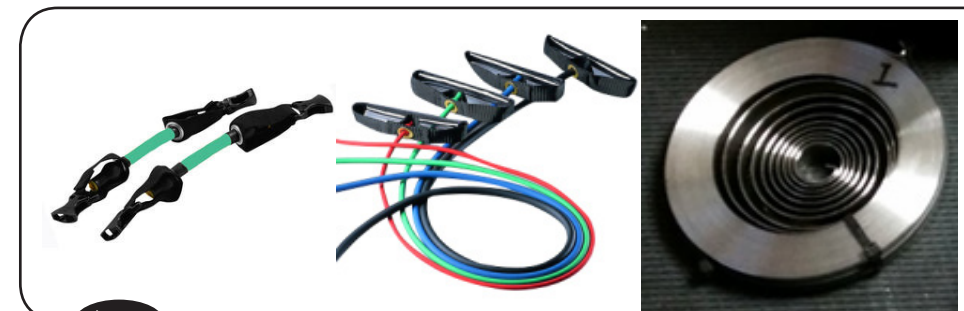


Fig. 16:

(links en midden) Thera-Bands en fitnesselastieken, (rechts) spiraalveer

Er wordt namelijk veelal gebruik gemaakt van Thera-Bands™ (zie fig. 16). Dit zijn professionele weerstandsbanden die met verschillende weerstandsniveaus geleverd worden.

Uit de onderstaande figuur 17, blijkt dat de trekkracht (weerstand) sterk toeneemt bij een toenemende uitrekking. Fysiologisch gezien zouden deze banden alleen dan gebruikt moeten worden als er sprake is van een korte uitrekking. Omdat de FINNFIT juist lange slagen maakt (grote uitrekking) is deze keuze bij “vrije lichaamstraining” eerder ongeschikt. Toch wordt deze werking veelvuldig gebruikt in draagbare fitnessapparaten door hun geschikte mobiliteit. Dit maakt hen concurrenten van de FINNFIT. Stationaire fitnessapparaten zoals een roeitrainer bevatten vaak een meer geavanceerd werkingsmechanisme waarbij de draagbare producteigenschappen een minder grote rol speelt en hierdoor zeer geschikt zijn m.b.t. het verloop van de trekkrachten.

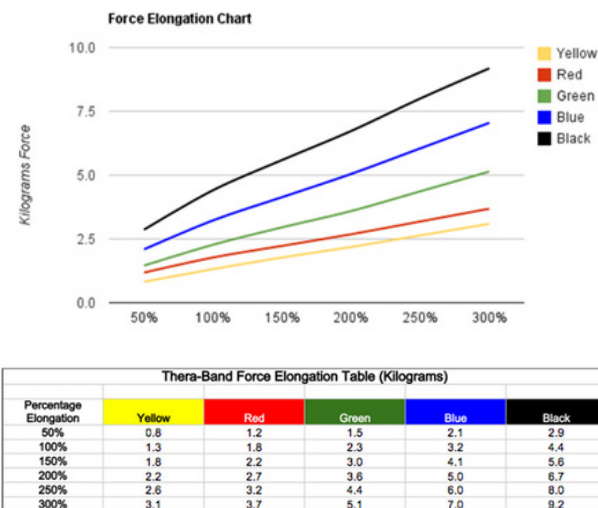


Fig. 17:

Kracht – Uitrekking voor verschillende Thera-Bands

4.2. Selecteren van de concurrentie

Op basis van een aantal ontwerpcriteria is een selectie gemaakt welke apparaten vergeleken dienen te worden, zie bijlage B. Deze apparaten zijn vergelijkbaar in achterliggende filosofie en/of bezitten hetzelfde werkingsprincipe.

Ontwerpcriteria:

- Is het fitnessapparaat bestemd voor “vrije lichaamstraining”?
- Is de kracht variabel instelbaar?
- Is de kracht (weerstand) constant?
- Gebruiksomgeving binnen, buiten of beide?
- Mobiliteit van het product (stationair-, deels- of volledig mobiel)?
- Ergometer functies?
- Prijsniveau?

De ‘mobiele’ draagbare fitnessapparaten zijn de “DISQ” en de “MASS SUIT”. Verder bestaat er een select groepje concurrerende producten zoals de “Domyos Gain trainer”, de “Xbase Fitness disc”, de “Gymstick” en nog een aantal gerelateerde producten die ook vallen onder de “mobiele” functionele trainers. De meeste van deze producten zijn voornamelijk bestemd voor thuis-fitness (indoor) of in de sportschool.

De concurrerende producten met hun technische specificaties zijn samengevat. Hieruit volgt een discussie over de relevantie van de concurrentie met betrekking tot prijs en functionaliteit die wordt gesteld aan ergometer functies (Low-End of High-End) (zie bijlage C)

Uit deze analyse volgen een aantal directe- en indirecte concurrerende producten die in de volgende paragrafen verder worden toegelicht:

- 4.3.1. THE DISQ (DQ - directe concurrent; Low-End)
- 4.3.2. MASS SUIT (MS - directe concurrent; Low-End)
- 4.4.1. Roeitrainers (RT - indirecte concurrent: High-End)
- 4.4.2. ‘Mobiele’ functionele trainers (MFT - indirecte concurrent: Low-End)

Aan de hand van de ontwerpcriteria zijn de verschillende concurrerende producten beoordeeld (fig. 18), waarbij de invulling van de ontwerpcriteria voor de FINNFIT een weerslag zijn van de doelstelling en/of redelijke inschatting (prijsniveau).

Ontwerpcriteria		DISQ	MS	RT	MFT	FINNFIT
a.	Vrije-training	++	++	--	+	++
b.	Instelbaar	++	- 1)	++	- 1)	++
c.	Kracht constant	--	--	++	--	++
d.	Omgeving	++	++	--	++	++
e.	Mobiliteit	++	++	--	++	++
f.	Ergometer functies	--	--	++	--	++
g.	Prijsniveau	++	++ 2)	--	++ 2)	-

1) Kracht-range selectie door andere elastiek te kiezen.
2) Meerkeuze voor kracht heeft invloed op prijs

Fig. 18: Beoordelen van ontwerpcriteria op de concurrentie

4.3. De directe concurrenten



Fig. 19: MASS SUI (boven), DISQ (onder)

4.3.1. MASS SUI (Low-End)

Direct concurrerend met de FINNFIT is de MASS SUI (zie fig. 19; boven) welke is ontwikkeld vanuit de martial arts doelgroep. Qua functie komt de MASS SUI sterk overeen met de FINNFIT. De MASS SUI gebruikt elastische banden en de sportweerstand (kracht) is over een breed gebied te kiezen. Uit de product-specificaties van de MASS SUI is niet af te leiden welk type elastiek het product gebruikt. Aangenomen mag worden dat MASS SUI gebruik maakt van Thera-Bands (zie fig. 16). Dit maakt de MASS SUI licht (4,5kg) en goedkoop, maar de keuze voor elastiek diskwalificeert zich fysiologisch ook voor een serieuze “vrije lichaamstraining” fitness.

Criteria:

- Instelbare weerstand: Verschillende elastieken
- Gewicht van het product: 4,5 kg (draagbaar)
- Prijs van het product: <€ 300,-

4.3.2. DISQ (Low-End)

Eveneens direct concurrerend met de FINNFIT vanuit de draagbaarheid en de “vrije lichaamstraining” voor fitness is de DISQ (zie fig. 19; onder), deze is ontwikkeld met een focus op de training t.b.v. de schaatssport. De DISQ werkt op het principe van een planetaire spiraalveer (zie fig. 19), wel instelbaar (8 niveaus). Maar door toepassing van de veer met een niet-lineair krachtverloop diskwalificeert ook deze concurrent zich fysiologisch wenselijke training. De DISQ is laag in gewicht en heeft een laag prijsniveau.

Criteria:

- Instelbare weerstand: 8 niveaus tot max 5 kg
- Gewicht van het product: ~6 kg (draagbaar)
- Prijs van het product: <€ 250,-

4.4. De indirecte concurrenten



Fig. 20:

Magnetische roeitrainers (boven), 'Mobiele' functionele trainers (onder)

4.4.1. Magnetische roeitrainers (High-End)

De moderne magnetische roeitrainers (zie fig. 19; boven) zijn indirect concurrerend doordat deze kunnen worden uitgerust met een vergelijkbare magnetisch werkingsprincipe, een magnetisch weerstandsverloop met gelijke instelmogelijkheden en juiste spierbelasting. De kracht is traploos instelbaar en kent een grote range tot een trekkracht van 30 kg. In dit opzicht is de roeitrainer het "voorbeeld" voor de FINNFIT.

Dit High-End product kan elektronisch de inspanning gerelateerde data digitaliseren en sportprestaties weergeven (High-End functies). Er wordt vanuit gegaan dat de FINNFIT de High-End functies van een fitness ergometer bezit.

Criteria:

● Instelbare weerstand:	8 - 24 standen (0 – 30 kg).
● Gewicht van het product:	30 – 70 kg (stationair)
● Prijs van het product:	tussen € 500,- en € 1300,-

Roeitrainers kunnen echter ook andere werkingprincipes bevatten op basis van luchtweerstand of vloeistofweerstand. Aangezien er vanuit de doelstelling wordt verlangd naar een magnetisch werkingsprincipe worden deze andere weerstandstechnieken niet verder behandeld in dit verslag. Oudere toestellen werken op het veerprincipe en worden ook niet beschouwd.

4.4.2. 'Mobiele' functionele trainers (low-end)

De mobiele functionele trainers (zie fig. 20; onder) waaronder Domyos Gain-trainer/Xbase fitnessdisc/Gymstick/CoreBody-Reformer etc. Vallen onder de indirecte concurrenten omdat deze semi-stationair zijn, ze zijn wel kleiner en lichter (voor thuisgebruik) maar als fitness toestel wel deels 'mobiel', maar niet draagbaar.

Bijna zonder uitzondering maken deze toestellen gebruik van veren en/of elastieken als weerstandstechniek. Zoals eerder opgemerkt hoeft dit geen probleem te zijn als de uitrekking beperkt blijft. In veel van de gevallen is dit niet zo en wordt de elastiek sterk verlengt.

Criteria:

● Instelbare weerstand:	Verwisselbare elastieken
● Gewicht van het product:	Variabel (semi-stationair)
● Prijs van het product:	tussen € 35,- en € 350,-

Conclusie

Vanuit deze analyse naar de concurrente fitnessapparaten kan geconcludeerd worden dat de FINNFIT geïntroduceerd zal gaan worden in een markt waarin uiteenlopende functionele producten bestaan. Deze producten zijn over het algemeen niet-draagbaar, waardoor er een tweetal directe concurrenten overblijven (DISQ en MASS SUIT) die geen ergometer functies bevatten en daardoor vallen onder een Low-End productsegment. Met de FINNFIT kan de inspanning worden gemeten, waardoor deze in een High-End productsegment zal vallen en hierdoor een geheel nieuwe markt vormt die de functionaliteit van o.a. roeitrainers draagbaar maakt.

Een patentenonderzoek is uitgevoerd om te achterhalen welke patenten en ontwikkelingen er in de fitnesswereld zijn. Patenten verschaffen een rijke en gemakkelijk beschikbare bron van de laatste stand der technieken zijn een bron van technische informatie uit gedetailleerde tekeningen en uitleg over hoe de verschillende producten werken.

De patenten hebben betrekking op zowel het oplossing-/werkingsprincipe als het productidee. Het patentenonderzoek kan daarnaast bijdragen aan het voorkomen van inbraak op een eerder gepubliceerd patent. Ideeën uit eerder gepubliceerde patenten kunnen helpen bij het conceptualiseren van een innovatief werkingsmechanisme.

Er is gezocht in de database van “Google Patents”. Allereerst wordt er ingegaan op de patenten die gerelateerd zijn aan het productidee; de zoekrichting gaat uit naar draagbare fitnessapparaten met of zonder snoer “pulley”. Vervolgens zijn er patenten gezocht die betrekking hebben op de magnetische werking. Dit kunnen zowel gepatenteerde fitnessapparaten zijn als andere patenten waarin het magnetisch remmen een rol speelt. Een selectie van de gebruikte trefwoorden en een voorbeeld van een zoekstrategie staan weergegeven in tabel die rechts staat weergegeven. Naast het zoeken op trefwoorden is er veel gezocht in geciteerde patenten van interessante patenten. Deze patenten hadden vaak overeenkomstige werkingsprincipes of vervulde een overeenkomstige taak. Hierdoor werden vaak meer bruikbare patenten getoond, aangezien binnen de database overeenkomstige informatie tussen gerelateerde patenten is gelinkt en deswege geciteerd.

Uit het patentenonderzoek blijkt dat er een veelvoud aan patenten zijn die raakvlakken hebben met het productidee van FINN bv. Deze patenten zijn over het algemeen wereldwijd gepubliceerd. In de tabel van bijlage E staan deze patenten in miniatuur weergegeven. In de tabel staat een selectie van waardevolle patenten die in acht dienen te worden genomen bij het formuleren van een nieuw patent voor de FINNFIT. Het meest opmerkelijke patent is de ‘magnetic pulley resistance exerciser - WO2013111086 A1’ die zeer recent gepubliceerd (8 januari 2015) is door Kinvestics Ltd.

De claim die dit patent omschrijft berust op een nabijgelegen werkingsprincipe die aspect binnen het productidee raakt, zoals het leveren van een opgelegde weerstand voor de sporter door middel van magnetisme op basis van permanente magneten. Daarbij maakt het patent gebruik van een veerconstructie voor het opwickelen van het snoer. Er zijn echter wel genoeg unieke aspecten in het nieuwe ontwerp van de FINNFIT om dit patent te omzeilen.

Selectie van waardevolle patenten

- “Variable magnetic resistance unit for an exercise device”
[US7011607 B2](#)
- “Brake device with built-in power generation mechanism and permanent magnetism eddy current”
[US6952063 B1](#)
- “Tension line exercise apparatus and method of exercising using a tension line exercise”
[US7850583 B2](#)

Selectie van veel gebruikte trefwoorden

- t.a.v. fitness: training, workout, exercise, activities, cardio etc.
- t.a.v. apparaten: fitness apparatus, equipment, exerciser, device, system, instrument, machine etc.
- t.a.v. draagbaar: portable, wearable, removeable
- t.a.v. weerstand: resistance, resistor, resisting, resistive, tension, brake, braking etc.
- t.a.v. regelbaar: variable, multiple, controlable,
- t.a.v. magnetisme: Halbach array, Halbach arrangement, permanent magnets, magnets, magnetism, Eddy currents etc.

Voorbeeld van een zoekstrategie

(“portable” OR “wearable”) AND (“magnetic” OR “magnets” OR “magnetism”) AND (“resistance” OR “resistor”) AND (“fitness apparatus” OR “fitness equipment” OR “exercise equipment” OR “exerciser”)

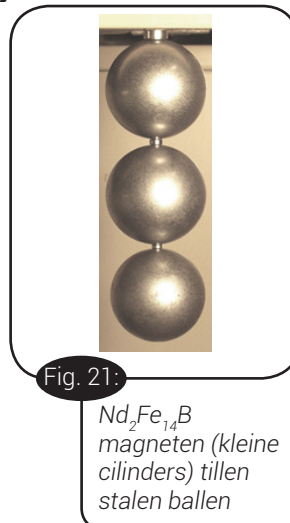
● Inleiding

Bij het onderzoeken van het principe oplossing wordt de werking van permanente magneten (PM) en Halbach (HB) arrays behandeld. Vanuit het productidee van de opdrachtgever zou er een mogelijkheid zijn om een werkingsprincipe te ontwerpen voor het leveren van weerstand voor de sporter door middel van een speciale aaneenschakeling van permanente magneten (Halbach arrays). Op basis van de inzichten in de mogelijke techniek voor het beoogde principe oplossing kan worden bepaald of er mogelijkheden zijn voor het integreren van Halbach arrays in het werkingsmechanisme voor de FINNFIT.

● 6.1. Permanente Magneten (PM)

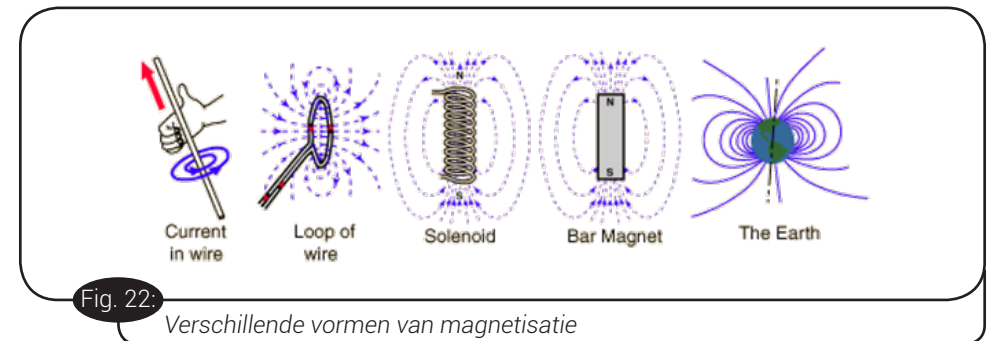
PM zijn gemagnetiseerde objecten van o.a. "harde" ferromagnetische materialen zoals AlNiCo, ferrietmaterialen en legeringen van zeldzame-aarde materialen. Deze materialen zijn onder een sterk magnetisch veld gemagnetiseerd door middel van een speciaal productieproces. In dit productieproces vindt het richten van de interne microcrystalline structuren plaats, die ervoor zorgen dat permanente magneten heel moeilijk zijn te demagnetiseren (ook wel degaussing genoemd). De magnetic coercivity van het materiaal is een maat voor demagnetisatie van PM. Alle andere materialen reageren slecht op een magnetisch veld en worden daarom beschouwt als zijnde niet-magnetisch.

PM is interessant vanwege zijn fysische eigenschappen, denk daarbij aan de kracht van het magnetische veld. Deze kan bijzonder hoog zijn (zie fig. 21). deze kunnen gemakkelijk duizend maal hun eigen gewicht tillen. Deze relatief grote magneetkracht wordt o.a. gebruikt in magnetic resonance imaging (MRI) scanners en elektromotoren.



● 6.1.1. Magnetische eigenschappen van PM

Magnetisme is een vector veld dat de dichtheid van de permanente of geïnduceerde magnetische momenten beschrijft. Over het algemeen wordt de kracht van de magneet bepaald op basis van zijn magnetisch moment (totaal aan magnetische flux; magnetic flux density) dat werkt op een magnetische dipole (noord/zuid). Deze magnetische flux hangt af van de elektromagnetische krachten (electromagnetic force; EMF) die werken binnen een magnetisch veld.



Het magnetisch veld bevindt zich tussen deze magnetische dipolen (noord/zuid) en lopen van de noord pole naar de zuid pole. Met uitzondering van het magnetische veld in een conductor (bv. koperdraad), die wordt gevormd door een elektrische stroom (zie fig. 22).

De elektromagnetische kracht wordt veroorzaakt door elektrische ladingen van elektrische- en magnetische krachten. Beiden worden gesommeerd in de "Lorentz force law" (1) en geeft de magneetkracht in een bepaalde richting (vector). Het elektrische deel wordt beschreven in "Coulomb's law" (2) en het magnetische deel is bekend als "Lorentz force" (3).

(1) "Lorentz force law"; $(\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} * \vec{B})$

(2) "Coulomb's law"; $(\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = q\vec{E})$

(3) "Lorentz force"; $(\vec{F} = q\vec{v} * \vec{B} * \sin\theta).$

In figuur 23 is te zien hoe deze verschillende permanente magneten zich tot elkaar verhouden aan de hand van hun magnetische eigenschappen. Het maximum energie product ($BH_{\max}$) geeft aan hoeveel magnetische flux gecreëerd kan worden met een bepaald volume van het materiaal. Hoe hoger deze waarde, hoe lichter en meer compact de magneet.

Magneet	B_r (T)	H_{ci} (kA/m)	$BH_{\max}$ (kJ/m ³)	T_c (°C)
Nd ₂ Fe ₁₄ B (gesinterd)	1.0-1.4	750-2000	200-440	310-400
Nd ₂ Fe ₁₄ B (gebonden)	0.6-0.7	600-1200	60-100	310-400
SmCo ₅ (gesinterd)	0.8-1.1	600-2000	120-200	720
Sm(Co,Fe,Cu,Zr) ₇ (gesinterd)	0.9-1.15	450-1300	150-240	800
AlNiCo (gesinterd)	0.6-1.4	275	10-88	700-860
Sr-ferriet (gesinterd)	0.2-0.4	100-300	10-40	450

Fig. 23:
Permanente magneet eigenschappen

6.1.2. Halbach arrays

Het HB effect wordt gevormd door een speciale aaneenschakeling van permanente magneten (PM). In elk van deze magneten is de richting van het vectorveld verschillend. Deze aaneenschakeling van PM kan lineair, cilindrisch en sferisch zijn. Het patroon waarin deze PM aaneengeschaakeld zijn zorgt voor een verdraaiing van de vectorvelden. De richting waarin de magneetvelden lopen is bepalend voor het HB effect (zie fig.24).

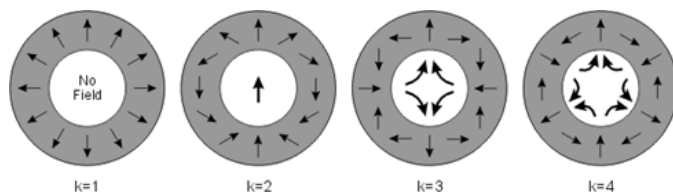


Fig. 24:
Magnetisatie patronen en magnetisch veld in een cilindrische HB array

De samenstelling van de eenheden (oriëntatie van de pijlen in fig. 24 en 25), resulteert in een voorspelbaar verloop van het magnetische veld. Door een aantal magneten in een vlakke lineaire geometrische vorm te oriënteren volgens een roterend patroon, wordt het magnetische veld aan de ene kant sterk vergroot, terwijl aan de andere kant het magnetisch veld wordt uitgeschakeld (zie fig. 25; rechts). Dit roterende patroon van de aangeschakelde magneten kan worden gevisualiseerd door middel van Mallinson's diagram (fig. 25; links). Het rotend patroon kan worden herhaald zonder dat het effect ervan wordt verandert. Doordat met een HB arrays de magnetische flux vergroot wordt, en groter is dan die van conventionele permanente magneten kan gezegd worden dat HB arrays veel voordelen kunnen bieden voor diverse applicaties met magnetische systemen.

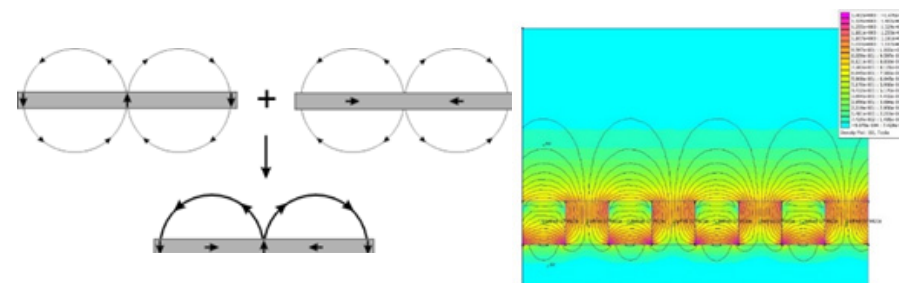


Fig. 25:
(links) Mallinson's diagram, (rechts) Verloop magnetische flux HB array

6.1.3. Eddy Currents

HB arrays worden gebuikt voor een remmende werking d.m.v. Eddy Currents (zie fig. 26). Dit verschijnsel zorgt ervoor dat er een circulaire inducerende elektrische stroom wordt gevormd in een conductor (geleider) onder invloed van een verandering in het magnetisch veld. Door de afstand ("flux air-gap") tussen de magneet en de geleider te verkleinen ontstaat een grotere inducerende werking, waardoor bewegingen sterk kunnen worden afgeremd. Het eddy current principe wordt daarom praktisch toegepast in een interactie tussen magneet en geleider die onafhankelijk van elkaar bewegen.

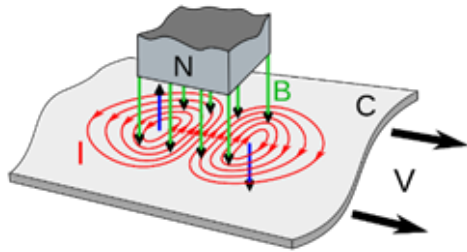


Fig. 26:

Eddy current principe

6.2. Halbach gemagnetiseerde elektromotoren

Een van de applicaties waarin HB arrays worden gebruikt is in elektromotoren. Een relatief nieuwe technologie in elektromotoren is het gebruik van HB arrays in axial flux permanent magnet motors (AFPM motors) en radial flux permanent magnet motors. Dit zijn borstelloze elektromotoren (zie fig. 27; links) En verschillen in vormgeving ten opzichte van conventionele radial flux permanent magnet motors (RFPM motors) zoals Borstelloze DC motoren (BLDC motoren). Volgens Aydin, M., S. Huang, T.A. Lipo in "Axial Flux Permanent Magnet Disc Machines: A Review" (2004) hebben AFPM motoren een aantal voordelen ten opzichte van RFPM motoren. De AFPM motoren kunnen worden ontworpen met een hoger vermogen naar gewicht ratio, doordat essentiële materialen kunnen worden gereduceerd samen met de flux lucht ruimtes (flux air-gaps) Hierdoor kunnen de magnetische kracht van de permanente magneten beter worden benut en worden overgebracht op de stator. Deze zorgt ervoor dat er een relatief hogere koppeling kan worden gerealiseerd.

Buiten het feit dat deze AFPM motoren met minder gewicht een hoger vermogen kunnen leveren zijn de luchtruimtes in de stator ook makkelijker aan te passen en produceert de motor minder geluid en trillingen ten opzichte van conventionele RFPM motors in verschillende applicaties.



Fig. 27:

(links) Elektromotor zonder HB array, (rechts) Electric motor prototype met HB array

Conclusie

De primaire selectie criterium voor de toepassing van HB array in de FINNFIT is de magneetkracht naar gewicht/volume ratio. Dit is een positief ontwerp criterium. HB array technologie is nog erg in ontwikkeling, daarin wordt de cilindrische HB array voornamelijk gebruikt in applicaties zoals magnetische koppelingen en HB gemagnetiseerde elektromotoren. Volgens het American institute of physics (Buletinul AGIR, 2011) geeft de HB array configuratie in elektrische motoren uitzonderlijke prestaties met betrekking tot applicaties waar hoge snelheden of miniaturisatie is vereist en heeft hierdoor een zeer breed applicatie bereik; zoals het verhogen van het moment per volume, toenemen van efficiency, verhogen van de betrouwbaarheid, en het verminderen van wrijving, onderhoud en operationele geluiden. Hoewel de veelbelovende technologie is momenteel nog slechts een prototype op de markt gebracht door het R&D bedrijf Launchpoint (zie fig. 27; rechts). Hierdoor is besloten geen gebruik te maken van deze technologie.

● Inleiding

Vanuit de opdrachtoomschrijving en het productidee van FINN b.v. wordt de weerstand voor de sporter gecreëerd middels een magnetisch werkingsprincipe. Er wordt in het nieuwe ontwerp van het werkingsmechanisme van de FINNFIT geen gebruik gemaakt van een veerconstructie. Het prototype ontwerp van de “Fitnessdisc” is bestudeerd om de fysieke gedragingen die werden vervuld door middel van een planetaire spiraalveer in kaart te brengen (zie fig. 1 op blz. 8). Omdat de Halbach oplossing uitsluitend goed werkt als oplossing voor de afwikkende beweging maar tegenwerkt bij een opwikkende beweging moest hiervoor een oplossing worden gezocht.

Vanuit het bestuderen van het prototype ontwerp zal in de volgende paragrafen een aantal technische ontwerpproblemen ter sprake worden gebracht die omtrent de werking voor innovatief magnetisch werkingsmechanisme zullen gaan spelen.

● 7.1. Ontwerpproblemen

In de bijlage A zijn een aantal voorbeelden van producten te zien die ook gebruik maken van een spiraal veer. Deze veer zorgt ervoor dat het snoer kan worden afgewikkeld met een opbouwende weerstand en die vervolgens na het uittrekken van het snoer weer kan worden omgewikkeld.

Na het bestuderen van het werkingsmechanisme die bij het huidige prototype ontwerp van FINN bv. gebruikt wordt, zijn er twee verschillende gebruikssituaties (afwikkelen/opwikkelen van het snoer) te onderscheiden die worden verwezenlijkt door middel van een planetaire spiraal veer (zie fig. 16).

Binnen de twee verschillende gebruikssituaties wordt er onderscheid gemaakt tussen de volgende twee gedragingen van het snoer:

- (1) Afwikkelen/Extenderen van het snoer (met de klok mee);
richting van versnelling en snelheid **van de fitnessdisc af**
- (2) Omwikkelen/Retracteren van het snoer (tegen de klok in);
richting van versnelling en snelheid **naar de Fitnessdisc toe**

Situatie 1 moet:

*weerstand (trekkracht) leveren voor de sporter + **afwikkelen** van het snoer*

Situatie 2 moet:

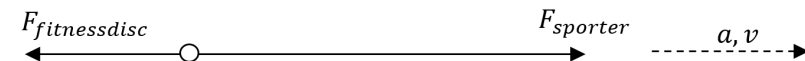
*weerstand (trekkracht) leveren voor de sporter + **opwikkelen** van het snoer*

Conclusie:

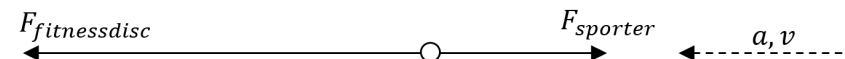
Bij situatie 1 levert de sporter meer (trek)kracht dan de spiraalveer “fitnessdisc” ($F_{\text{fitnessdisc}} < F_{\text{sporter}}$). En bij situatie 2 levert de fitnessdisc meer (trek)kracht dan de sporter ($F_{\text{fitnessdisc}} > F_{\text{sporter}}$). Terwijl in beide gevallen de (trek)kracht dat door de fitnessdisc geleverd wordt gelijk is (wenselijk).

Vrijlichaamsschema:

Situatie 1 (afwikkelen van het snoer):



Situatie 2 (opwikkelen van het snoer):



Op de volgende pagina zullen een drietal andere problemen worden behandeld die voor het nieuwe werkingsmechanisme zullen gelden ten gevolge van het niet-gebruik maken van een planetaire spiraalveer.

- (1) **Elektrische aansturing;** bij het prototype ontwerp van de Fitnessdisc wordt bij het afwikkelen (met de klok mee) van de haspel de veer opgewonden, hierdoor wordt de veerenergie tijdelijk “opgeslagen” totdat de sporter de kracht op het spoel niet meer vasthoudt. De veer wil vervolgens weer terug naar zijn uitgangspositie, dit zorgt ervoor dat de rotatie wordt omgedraaid (tegen de klok in) en de spoel/haspel weer kan worden omgewikkeld.
- (2) **Een constante overbrenging van de weerstand;** bij het prototype ontwerp van de Fitnessdisc bepaald de veer karakteristiek de krachtoverbrenging. Deze krachtoverbrenging is een niet lineaire. De veerkracht bouwt op naarmate de uitrekking toeneemt. In figuur 28 is de spanningsboog van de spiraalveer weergegeven die het krachtverloop uitzet tegen de mate van uitrekking.

- (3) **Het variabel instellen van de weerstand;** in het huidige prototype ontwerp van Fitnessdisc kan er wel een variabele weerstand worden ingesteld, dit is echter trapsgewijs (force-deflection). De platte spiraalveer wordt bij het voortijdig instellen van het weerstandsniveau “opgewonden” door middel van een kurk die de spiraalveer inklemt. Hierdoor kan een verschillend aangrijpingspunt in de spiraalveer wordt opgelegd. Er wordt dan een beginwaarde ingesteld (zie fig. 28) het pre-load principe zorgt er dan voor dat de kracht bij de start van de oefening is verhoogt en vervolgens kan toenemen vanaf de ingesteld beginwaarde tot zijn maximale uitrekking is behaald.

7.2. Ontwerpkader

Zoals in de ontwerpproblemen is geformuleerd dient het ontwerp te voorzien in een beweging van het snoer in twee richtingen: het opwikkelen en het afwikkelen van de haspel (zie 7.1.). Na het analyseren van deze bewegingen, blijkt het creëren van weerstand op basis van Halbach arrays ernstig te conflicteren met het realiseren van het initiële oplossingsprincipe.

Afwikkelen onder weerstand gegenereerd door het Halbach array is zeer goed mogelijk, maar diezelfde weerstand verhindert vervolgens het opwikkelen. Het opwikkelen zou moeten worden bekrachtigd en voor de sporter een vergelijkbare weerstand betekenen. Mechanisch ontkoppelen of reguleren van de Halbach weerstand is daarom een vereiste. Een grote uitdaging bij het ontwerpen van het mechanisme voor de FINNFIT is daarmee het opwikkelen van het snoer waarbij de sporter een constante trekkracht moet overwinnen.

Een veerconstructie zoals het is toegepast in de eerdere prototype en concurrerende oplossingen heeft een slecht weerstandsverloop en diskwalificeert zich hierdoor voor de FINNFIT.

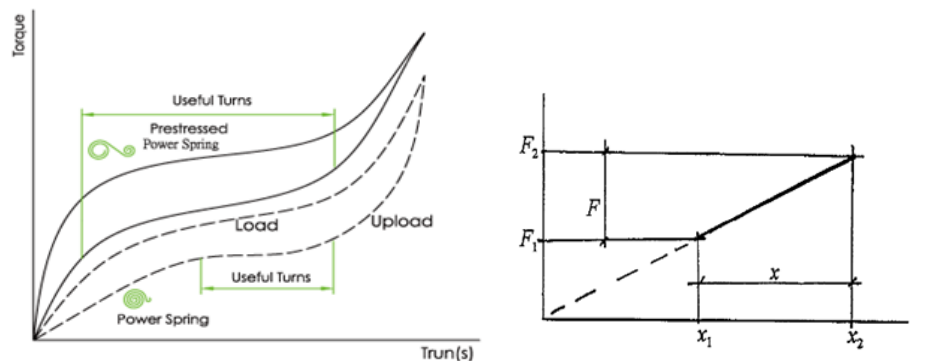


Fig. 28:

(links) Spanningsboog, (rechts) force-deflection met pre-load voor een platte spiraalveer

7.3. Productfuncties

De productfuncties worden gedragen door functies voor gebruik. Er is hierbij onderscheid gemaakt in externe en interne productfuncties. Omdat de externe productfuncties meer een directe relatie hebben met de wensen en doelen van de gebruikers. Terwijl de interne functies meer specifieke productfuncties zijn en voor het werkingsmechanisme gelden.

7.3.1. Interne productfuncties

1. *Draagbaarheid en compactheid*

De draagbaarheid van het product wordt bepaald door de ergonomische relaties die de gebruiker met het product heeft. Daarbij spelen onder andere de omvang, gewicht en vormgeving van de FINNFIT een rol. De gebruiker is gebaad bij het bevorderen van sportprestaties en is daarvoor bereid om enkele kilo's mee te dragen in zijn training. Maar is niet gebaad bij een "lomp" en "zwaar" fitnessapparaat dat in feite niet draagbaar is in de gebruiksomgeving.

2. *Magnetische werking*

De werking van de FINNFIT moeten gedreven zijn door een magnetisch werkingsprincipe die een resisterende werking kan overdragen op een snoer dat door de gebruiker wordt bekrachtigd. In een omzetting: van inspanning (gebruiker) → naar elektronisch (product) → naar mechanisch (product) → naar weerstand (product/gebruiker).

3. *Ergometer functies*

Met ergometer functie wordt bedoelt dat de FINNFIT inspanning relateerde data kan meten van de sporter door middel van sensor(en), zodat een fitnesshistorie kan worden bekeken. De gebruiker moet daarbij verschillende weerstandsniveaus kunnen instellen en/of een bepaald trainingsprogramma kunnen volgen.

4. *Autonomie*

De mate waarin het fitnessapparaat zelfvoorzienend/zelf voedend kan zijn om de elektrische componenten aan te sturen, en het systeem te voeden van elektrische energie hangt af van de energiebron.

De mogelijkheden om het product autonoom te laten zijn wordt daarom bepaald aan de hand van de verschillende van nature aanwezige energiebronnen, die in de productomgeving beschikbaar zijn om elektrische energie uit te winnen. In de omgeving waarin het product gebruikt zal worden zijn echter maar twee verschillende energiebronnen voorradig, namelijk: bewegingsenergie van de sporter (kinetische energie), en zonne-energie aangezien het product ook voor outdoor toepassingen geschikt zal zijn en daardoor gedurende de sportbeoefening kan worden gezien als potentiële energiebron voor het product. Voor het fitnessapparaat kunnen de volgende energieomzettingen worden gebruikt om de elektrische zelfvoorziening te verwezenlijken:

- Bewegingsenergie van de sporter (arbeid) omzetten naar elektrische energie (door middel van een generator)
- Bewegingsenergie van de sporter (arbeid) omzetten naar kinetische energie; "tijdelijk" opslaan kinetische energie (door middel van een vliegwiel)
- Zonne-energie omzetten naar elektrische energie (door middel van zonnecellen)

7.3.2. Externe gebruiksfuncties

5. *Vrije lichaamstraining*

De sporter moet kunnen trainen in een vrije lichaamstraining vorm. De bewegelijkheid (vrijheid in het uitvoeren van de beweging) van de sporter moet niet worden belemmerd door de FINNFIT, de sporter moet zonder gehinderd te worden vrije lichaamsbewegingen kunnen maken.

6. *Variëren in verschillende weerstandsniveaus*

Het is gedurende een training zeer wenselijk voor de sporter om in trainingsintensiteit te kunnen variëren. De sporter moet gemakkelijk en op elk moment de weerstand kunnen wijzigen of aanpassen, zodat de trainingsintensiteit kan worden verhoogd of verlaagd. Aangezien een sporter voornamelijk in een dynamische omgeving zit varieert de setting van inspanning voortdurend, een bepaalde vrijheid in trainingsintensiteit is daarom wel gewenst.

7. Eenvoudig verstellen en overstappen om rusttijd te minimaliseren

Het instellen van het weerstandniveau moet gemakkelijk te verstellen zijn om onderbreking in de training te vermijden

8. Interactief kunnen zijn met de beschikbare omgevingsattributen

De draagbaarheid van het fitnessapparaat biedt ook mogelijkheden voor de sporter om omgevingsattributen te gebruiken als obstakel of als bevestigingspunt om het aangrijpingspunt van de weerstand te verleggen. Hierdoor verandert het aangrijpingspunt van de weerstand ten opzichten van de positie waarin de sporter een beweging maakt. De sporter kan hierdoor zijn eigen creativiteit kwijt wat leid tot verschillende mogelijkheden om oefeningen uit te voeren.

7.4. Programma van Eisen en Wensen (PvE)

Op basis van deze ontwerpproblemen, het productidee, de bijbehorende opdrachtomschrijving, de verkregen data uit de analysefase en de productfuncties zijn eisen toegekend waaraan de FINNFIT wenst te voldoen.

7.4.1. Algemene eisen aan de FINNFIT

1. Doelstelling kostprijs

De gewenste maximale kostprijs van het product moet <300 euro liggen.

2. Draagbaarheid

De draagbaarheid van het product hangt af van:

2.1. Geometrie

De afmetingen van het product moet op de rug passen, de richtlijn gaat uit naar de anatomische maten voor Nederlandse sporters tussen de 20 en 60 jaar (DINED, 2014).

- Product breedte <300 mm (o.b.v. minimale heupbreedte $\approx$ 337 mm)
- Product hoogte <400 mm (o.b.v. minimale afstand tussen schouders en heup $\approx$ 423 mm)

2.2. Gewicht

Het gewicht wordt bepaald door: gewicht uiterlijk product plus werkingsmechanisme. Uitgaande van een lichte rugzak bedraagt het gewicht tussen 5 – 10 kg

2.3. Comfortabele pasvorm en vochtafvoer (materiaalkeuze)

2.4. Vochtafvoer

3. Omgeving

De omgeving waarin het product wordt gebruikt is op basis van de gekozen doelgroep, hierdoor zijn de volgende eisen gesteld aan de FINNFIT:

- 3.1 De sporter moet het product zowel buiten als binnen kunnen gebruiken IP-53 (stofbestendig en spatwaterdicht)
- 3.2 De sporter moet het product zowel bij dag of nacht kunnen gebruiken, het product moet daarom goed zichtbaar zijn.

4. Esthetisch

De vormgeving van de FINNFIT moet passen bij de gestelde doelgroep en de vernieuwingsgerichtheid van het toekomstige product. Het product moet hierdoor voldoen aan de volgende uitstralingseisen:

- 4.1 Sportief (dynamische lijnvoering)
- 4.2 Modern (vernieuwend)
- 4.3 Technologisch (futuristisch)

5. Vervaardigingsoverwegingen

Voor de vervaardiging van de benodigde onderdelen en componenten zijn de volgende eisen gesteld:

- 5.1 De componenten en onderdelen zijn afkomstig van huidige leveranciers van FINN b.v., zo veel mogelijk binnenshuis produceren (wenselijk)
- 5.2 De componenten en onderdelen worden zo veel mogelijk lokaal geproduceerd en/of ingekocht.

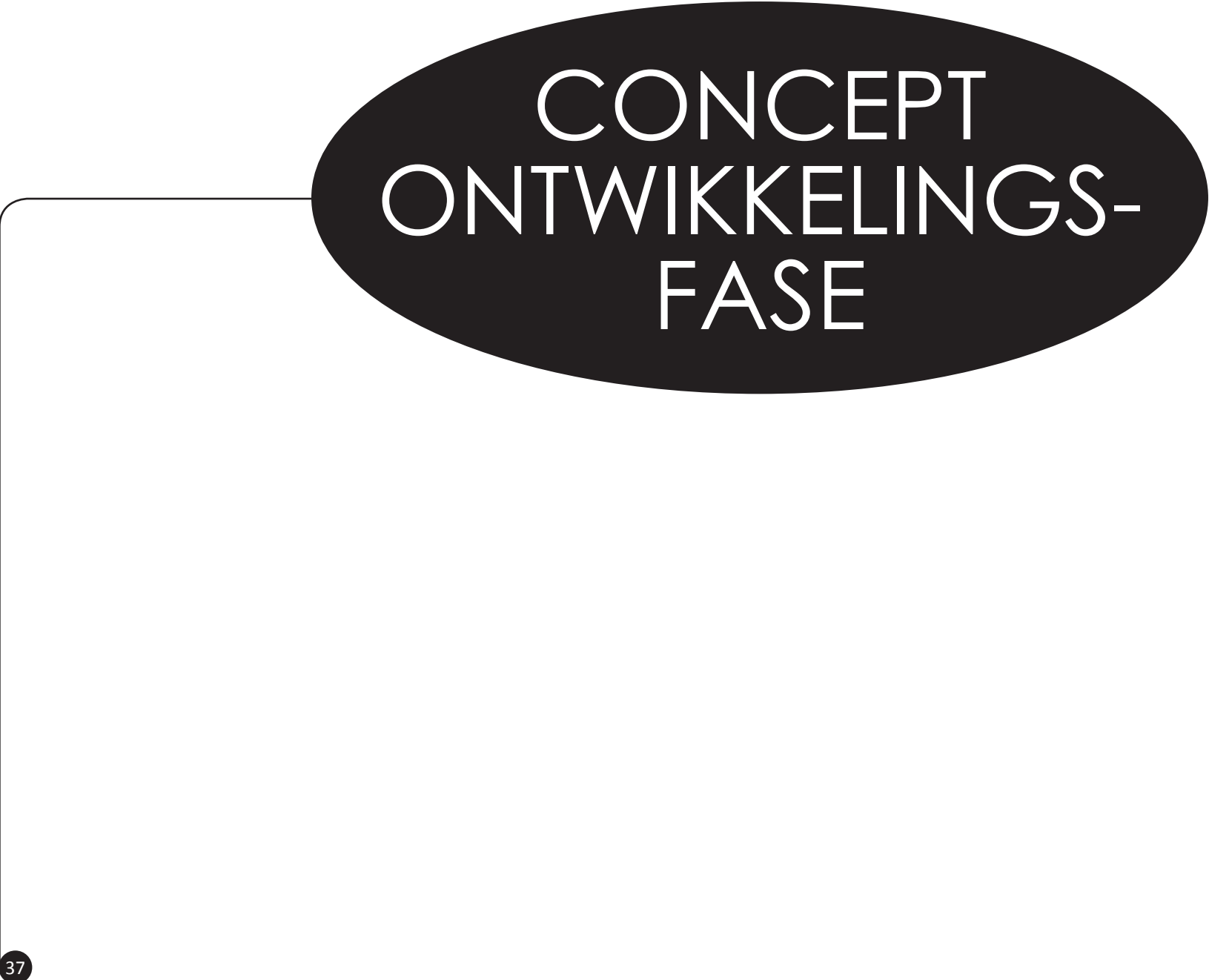
7.4.2. Eisen aan het uiterlijk product

6. Moet lichtgewicht zijn (t.b.v. eis 2.2).
7. De sporter moet het product naar wenselijke pasvorm kunnen aanpassen. (t.b.v. eis 2.3)
8. De gebruiker moet de trekkracht op het snoer in verschillende weerstandsniveaus kunnen instellen.
9. Het product moet een bedieningspaneel bevatten
 - 9.1. De gebruiker moet de trekkracht op het snoer handmatig op verschillende weerstandsniveaus kunnen instellen.
 - 9.2. Het weerstandsniveau moet zichtbaar zijn voor de gebruiker.
 - 9.3. De gebruiker moet de batterij status kunnen bekijken.
10. De sporter moet zijn fitnessgeschiedenis kunnen bekijken d.m.v. een smartphone en/of tablet.
11. De behuizing moet het werkingsmechanisme isoleren van de omgeving, zodat gebruikers niet in aanraking kunnen komen met de componenten in het werkingsmechanisme. (t.b.v. eis 2)

7.4.3. Eisen aan het werkingsmechanisme

12. Moet een zo licht mogelijke constructie zijn (t.b.v. eis 2).
13. De weerstand moet contact-loos worden verkregen door middel van magnetisme.
14. Weerstand bieden gedurende de gehele beweging (opwikkelen/afwikkelen).
15. Moet een minimale trekkracht van 5 kg (≈ 50 N) kunnen weerstaan.
16. De weerstand moet elektrisch kunnen worden geregeld. (eis 8)
17. Een constante overbrenging van de weerstand leveren (constante krachtverloop op het snoer).
18. De contact-loze weerstand moet variabel instelbaar zijn

19. De weerstand op het snoer is onafhankelijk van de snelheid waarmee de trekkracht wordt uitgevoerd.
20. De meegaandheid van het snoer moet natuurlijk mogelijk aanvoelen.
21. Het snoer moet gespannen blijven tijdens trainingsoefeningen.
22. Het snoer kan tot een lengte worden afgewikkeld, zodat vrije lichaamstraining kan worden gedaan.
23. Het snoer mag niet breken met gestelde trekkracht.
24. Het werkingsmechanisme moet inspanning gerelateerde data kunnen meten.
25. Functioneren gedurende een trainingsduur van minimaal een uur.
26. Werkingsmechanisme moet binnen de behuizing van het uiterlijk ontwerp passen (t.b.v. eis 11)
27. Genereren van elektrische energie uit geleverde inspanning van de sporter (kinetische energie omzetten in elektrische energie).
28. Geluidproductie moet zo laag mogelijk zijn.
29. Warmteontwikkeling moet zo laag mogelijk zijn.



CONCEPT ONTWIKKELINGS- FASE

● Inleiding

In de conceptontwikkelingsfase zijn een drietal conceptontwerpen uitgewerkt voor zowel het werkingsmechanisme als het uiterlijk product. In dit hoofdstuk worden de concepten voor het werkingsmechanisme uitvoerig behandeld. Er is voor elk concept een oplossing gevonden die het afwikkelen en het opwickelen van het snoer mogelijk maakt. In de omschrijving van de desbetreffende conceptontwerp wordt ingegaan op de werking bij drie verschillende rotatiebewegingen van de haspel; (1) afwikkelen, (2) omslagpunt, (3) opwickelen.

Na het presenteren van de verschillende conceptontwerpen zullen deze worden bekritiseerd op een aantal knelpunten (8.2). De concepten worden geëvalueerd (8.3) waar de voor en nadelen aan de verschillende concepten tegen elkaar worden opgewogen. Als laatste zullen de schetsontwerpen van het uiterlijk ontwerp worden getoond en zal de conceptkeuze voor het werkingsmechanisme en het uiterlijk ontwerp worden besproken.

● 8.1. Conceptontwerp 1

(Weerstandsprincipe: statisch permanente magneet)

Vooraf:

Voordat conceptontwerp 1 (zie fig. 29) kan worden omschreven zullen eerst een aantal componenten en interacties nader worden toegelicht: (a) de haspel is van een geleidend materiaal (conductor), waardoor eddy currents kunnen worden gevormd in een interactie met een permanente magneet. (b) De statisch permanente magneet constructie (SPMC) bevat een circulaire of lineaire halbach array. (c) De vrijlooplager zit ingeklemd in de schacht van de haspel en staat in verbinding met de as van de elektromotor.

Gebruikssituaties:

Situatie 1 (afwikkelen van het snoer):

$(F_{\text{magneet-rem}} < F_{\text{sporter}}) : (F_{\text{FINNFIT}} < F_{\text{sporter}})$: **rotatierichting** → (met de klok mee)

Situatie 2 (opwickelen van het snoer):

$(F_{\text{elektromotor}} > F_{\text{sporter}}) : (F_{\text{FINNFIT}} > F_{\text{sporter}})$: **rotatierichting** ← (tegen de klok in)

Omschrijving:

Afwikkelen: In conceptontwerp 1 van het werkingsmechanisme wordt een SPMC gebruikt voor het leveren van de weerstand op de haspel. De vrijlooplager loop dan “vrij”. Door de afstand tussen de haspel en de SPMC te regelen wordt de draaiing van de haspel geremd. De gebruiker ondervindt hierdoor een weerstand bij het afwikkelen van het snoer. Hoe kleiner de afstand tussen de SPMC en de haspel hoe meer weerstand de gebruiker waarneemt bij het afwikkelen van het snoer.

Omslagpunt: Tussen afwikkelen en opwickelen van het snoer vindt er een verandering in rotatierichting plaats. Op dit moment staat de haspel kortstondig stil. Bij conceptontwerp 1 treedt op dit moment de elektromotor in werking. Hierdoor wordt de vrijlooplager geëngageerd, waardoor de haspel in opwikkelrotatie gaat draaien. Ook moet de opgelegde weerstand van de haspel worden gehaald.

Opwickelen: Bij het opwickelen van het snoer moet de haspel geen magnetische remkracht (weerstand) ondervinden, zodat het terugtrekken van het snoer door de elektromotor kan worden verzocht. De afstand tussen de haspel en SPMC moet daarom dusdanig groot zijn dat de permanente magneten in de SPMC geen remkracht kunnen uitoefenen op de draaiing van de haspel.

1. Statief
2. Elektromotor
3. Lagers
4. Statisch permanente magneet constructie (SPMC)
5. Vrijlooplager
(geëngageerd in opwikkelrotatie)
6. Haspel
7. Snoer

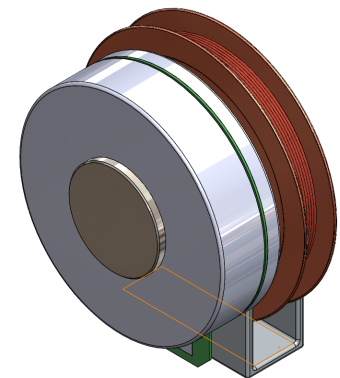
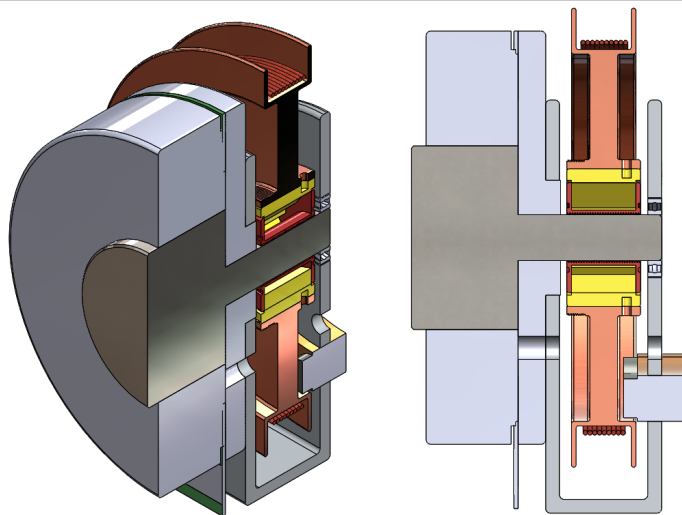
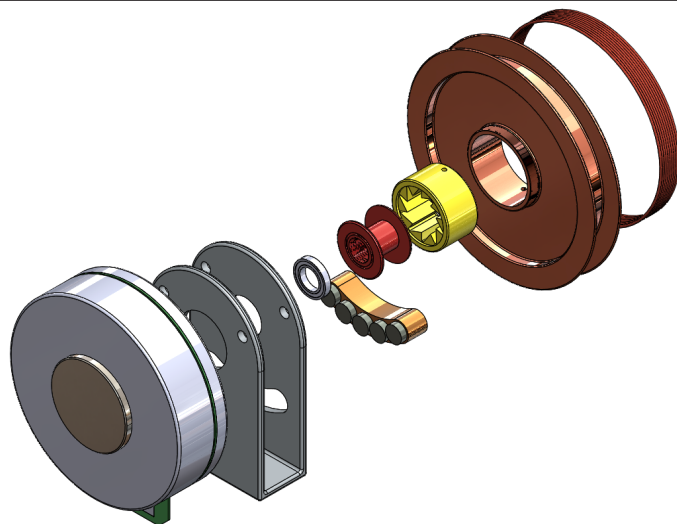


Fig. 29:

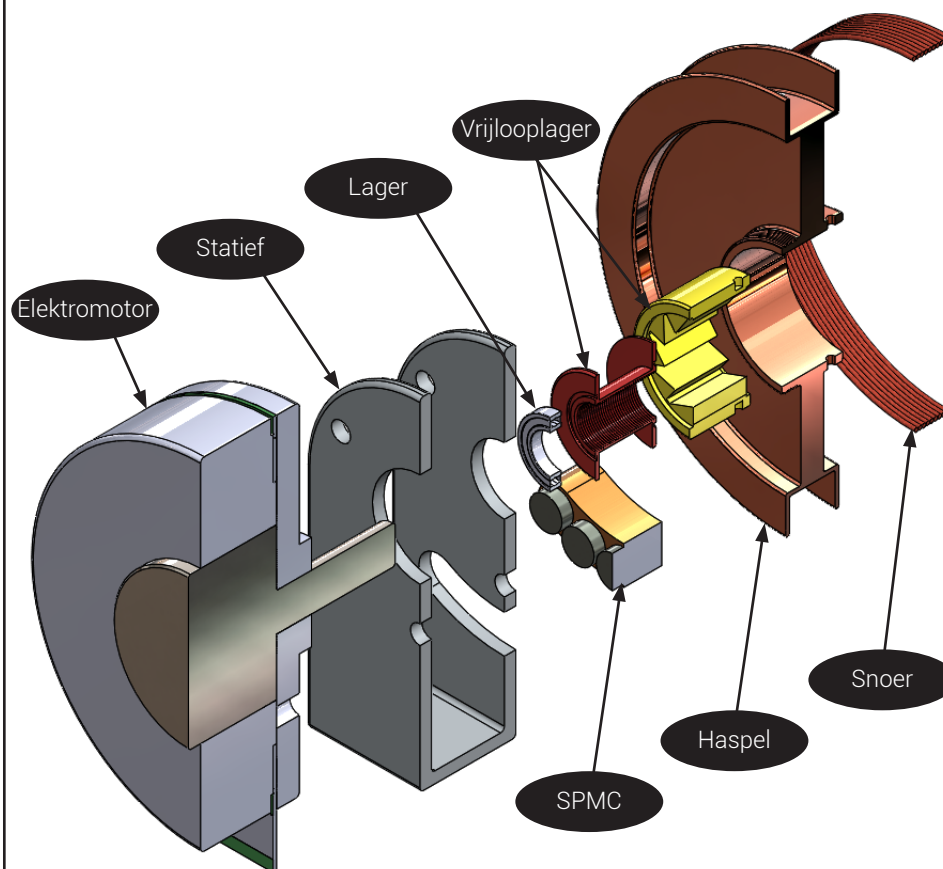
Componenten in Isometrische projectie van conceptontwerp 1



3D CAD model: dwarsdoorsnede



3D CAD model: exploded view



3D CAD model: exploded view (dwarsdoorsnede)

8.2. Conceptontwerp 2

(Weerstandprincipe: regeneratief/recuperatief remmen)

Vooraf:

Voordat conceptontwerp 2 (zie fig. 30) kan worden omschreven zullen eerst een aantal componenten en interacties nader worden toegelicht: (a) er worden twee elektromotoren gebruikt. (1) de generator. Voor het genereren (opwekken) van elektrische energie uit de rotatiebeweging die door de gebruiker wordt geleverd. (2) de elektromotor. Die de opgewekte energie uit de generator haalt om de haspel aan te drijven (b) er zitten twee vrijlooplagers in het werksmechanisme. (1) zit ingeklemd in de schacht van het vliegwiel en is zowel verbonden met de haspel als de generator. (2) zit ingeklemd in de schacht van de haspel en is zowel verbonden met de elektromotor als het vliegwiel.

Gebruikssituaties:

Situatie 1 (afwikkelen van het snoer):

$(F_{\text{regeneratief-remmen}} < F_{\text{sporter}}) : (F_{\text{FINNFIT}} < F_{\text{sporter}})$: **rotatierichting** → (met de klok mee)

Situatie 2 (opwikkelen van het snoer):

$(F_{\text{elektromotor}} > F_{\text{sporter}}) : (F_{\text{FINNFIT}} > F_{\text{sporter}})$: **rotatierichting** ← (tegen de klok in)

Omschrijving:

Afwikkelen: In conceptontwerp 2 wordt gebruik gemaakt van regeneratief/recuperatief remmen bij het afwikkelen van het snoer. Hiervoor wordt een vliegwiel (in vrijloop) aangedreven die in verbinding staat met een generator. Door de draaiing van de haspel bij het afwikkelen van het snoer wordt kinetische energie overgedragen aan het vliegwiel en omgezet naar elektrische energie in de generator. Doordat de generator energie onttrekt uit het systeem voor het opwekken van elektrische energie, ontstaat weerstand op de draaiing van de haspel.

Omslagpunt: Tussen afwikkelen en opwikkelen van het snoer vindt er een verandering in rotatierichting plaats. Op dit moment staat de haspel kortstondig stil. Terwijl het vliegwiel (in vrijloop) nog door, blijven draaien in een afwikkelrotatie doordat er nog kinetische energie in “opgeslagen” zal zitten. Hierdoor blijft de generator gevoed met kinetische energie.

Opwikkelen: Voor het opwikkelen van het snoer wordt vervolgens de elektrische energie uit de generator gebruikt om de elektromotor aan te drijven. Doordat de vrijlooplager (2) die verbonden is met de elektromotor geëngageerd is. Kan door middel van de elektromotor het snoer weer worden omgewikkeld als deze geactiveerd wordt door het regelsysteem.

1. Statief
2. Generator
3. Elektromotor
4. Vrijlooplager 1:
(geëngageerd in opwikkelrotatie)
5. Vrijlooplager 2:
(geëngageerd in afwikkelrotatie)
6. Vliegwiel
7. Haspel
8. Snoer

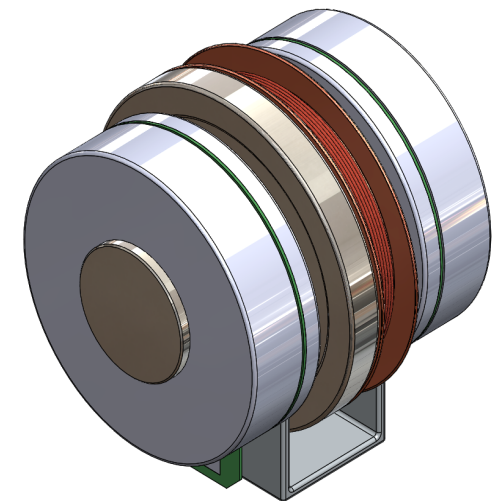
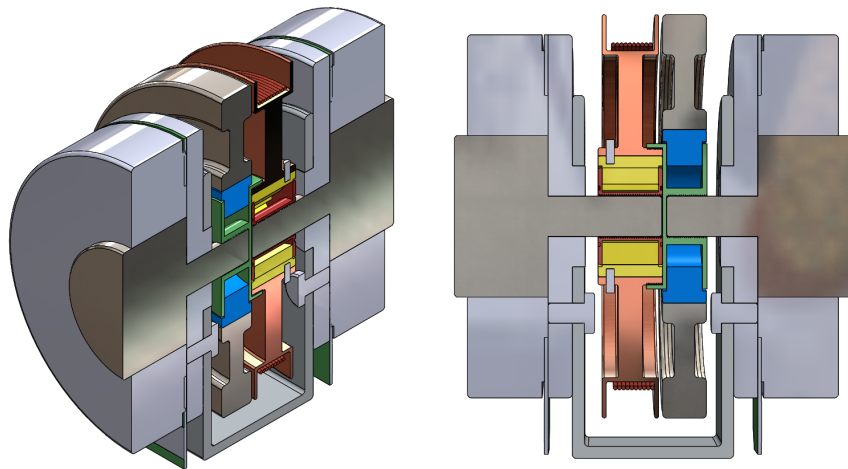
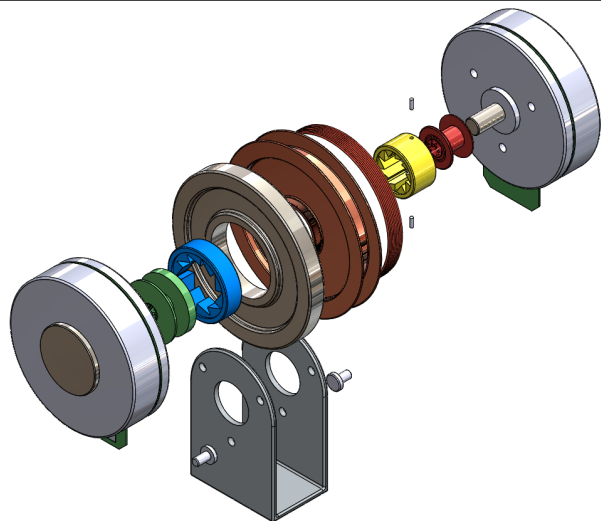


Fig. 30:

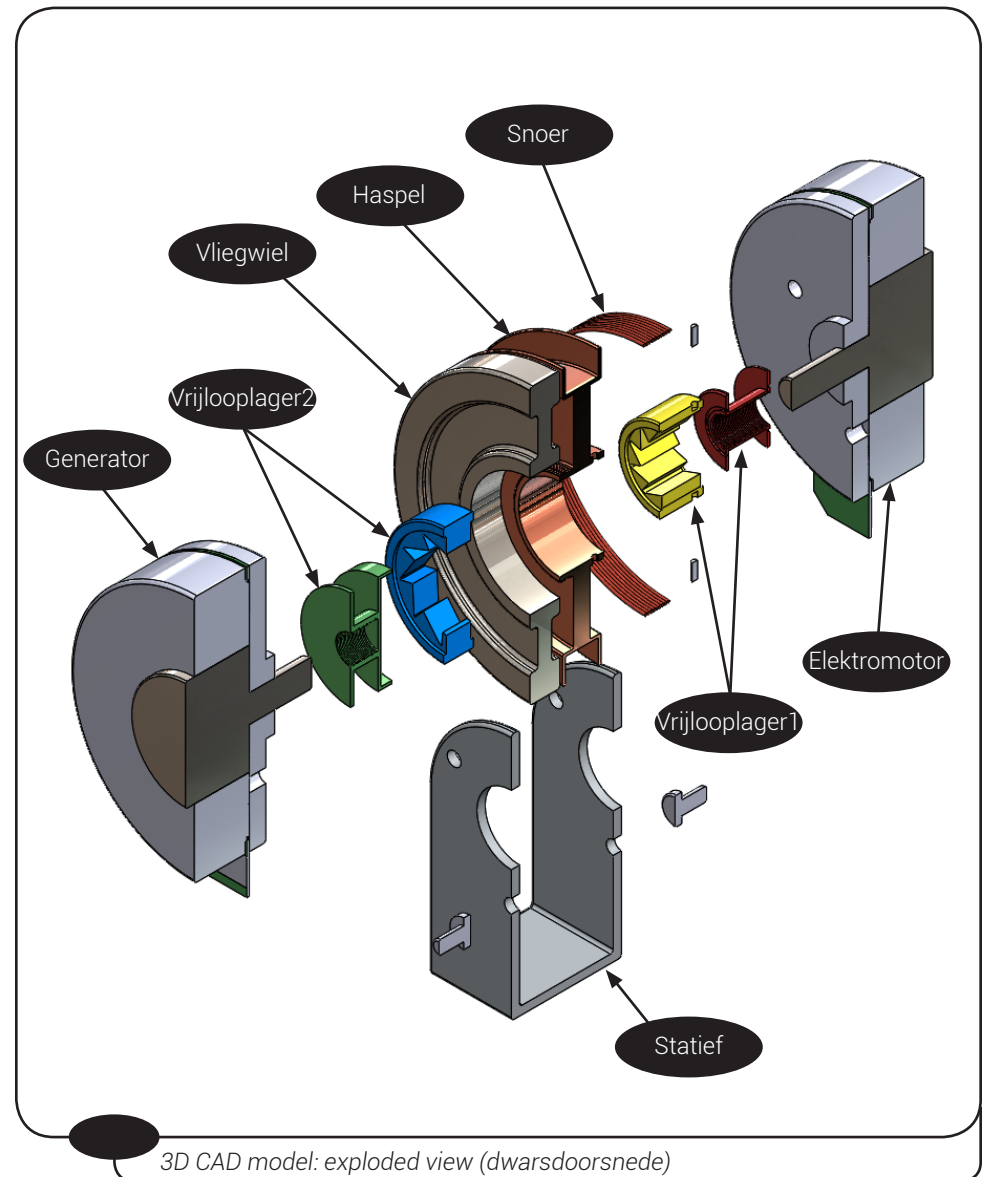
Componenten in Isometrische projectie van conceptontwerp 2



3D CAD model: dwarsdoorsnede



3D CAD model: exploded view



3D CAD model: exploded view (dwarsdoorsnede)

8.3. Conceptontwerp 3

(Weerstandprincipe: Elektromagnetische slipkoppeling)

Vooraf:

Voordat conceptontwerp 3 (zie fig.31) kan worden omschreven zullen eerst een aantal componenten en interacties nader worden toegelicht: (a) De elektromagnetische slipkoppeling (EMSK) bestaat uit een (1) elektromagneet (spoel) en een geleidende (2) cilindervormige cup (conductor). Deze twee componenten kunnen d.m.v. een elektrische stroom contact-loze met elkaar worden verbonden (zie gele archering in fig. 31). (b) De haspel en de elektromotor kunnen onafhankelijk van elkaar draaien.

Gebruikssituaties:

Situatie 1 (afwikkelen van het snoer):

$(F_{EM\ slipkoppeling} < F_{sporter}) : (F_{FINNFIT} < F_{sporter})$: **rotatierichting** → (met de klok mee)

Situatie 2 (opwikkelen van het snoer):

$(F_{elektromotor} > F_{sporter}) : (F_{FINNFIT} > F_{sporter})$: **rotatierichting** ← (tegen de klok in)

Omschrijving:

Afwikkelen: In dit conceptontwerp 3 zal het remmend vermogen van de haspel worden verzorgd door een contact-loze EMSK. In de constructie wordt een elektromotor aangedreven op zijn maximale constante koppel met een geregeld toerental en die in de opwikkel richting draait. De EMSK gaat een "slippende" binding aan (zie fig.) met de rotatie van de elektromotor en de rotatie van de haspel. De haspel en de elektromotor draaien op dit moment in tegengestelde richtingen van elkaar. Door in slipkoppel te variëren door middel van elektrische stroom kan de weerstand op de haspel worden verhoogd of verlaagd. In feite bepaald/stuurt de EMSK de binding tussen de haspel en de elektromotor. Waardoor de gebruiker meer of minder trekkracht moet leveren om de aanwezige koppel in het werkingsmechanisme te weerstaan.

Omslagpunt: Tussen afwikkelen en opwikkelen van het snoer vindt er een verandering van de rotatierichting plaats. Op dit moment staat de haspel kortstondig stil. Terwijl de elektromotor blijft draaien in een opwikkelrotatierichting. Doordat de sporter spanning houdt op het snoer blijft de EMSK "slippen" totdat de sporter bepaald het snoer weer op te wikkelen. Dan neemt de elektromotor de overhand.

Opwikkelen: Voor het opwikkelen van het snoer blijft de "slippende" werking van de EMSK stand houden. Sterker nog, door de eddy currents in de EMSK wordt de as van de elektromotor magnetisch verbonden met de as van de haspel (100% lockup). Doordat de gebruiker minder kracht leverd wordt heeft de elektromotor de overhand waardoor het snoer kan worden teruggetrokken.

1. Statief
2. Haspel
3. Elektromotor
4. Lager 1:
(Verbinding tussen
haspel en statief)
5. Lager 2:
(Verbinding tussen
haspel en conductor)
6. Spoel
(koperen windingen)
7. Permanente
Magneet (PM)
8. Conductor
(cilinder cup)
9. Snoer

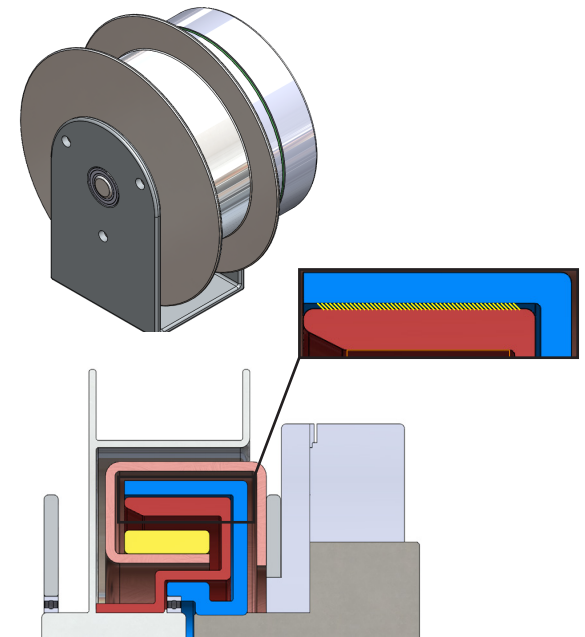
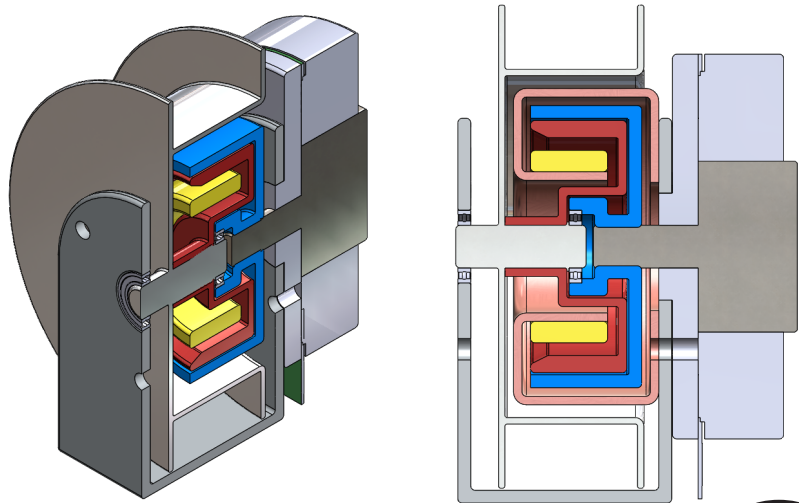
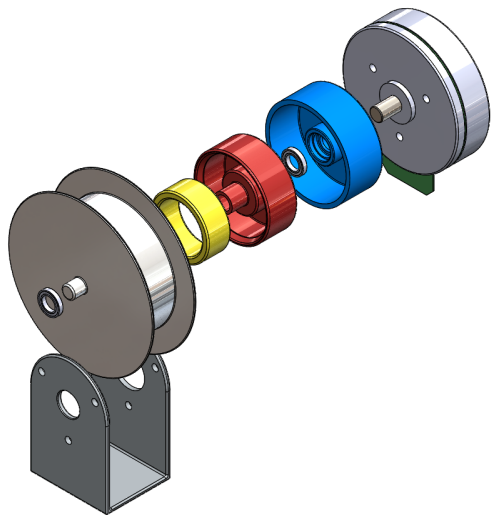


Fig. 31:

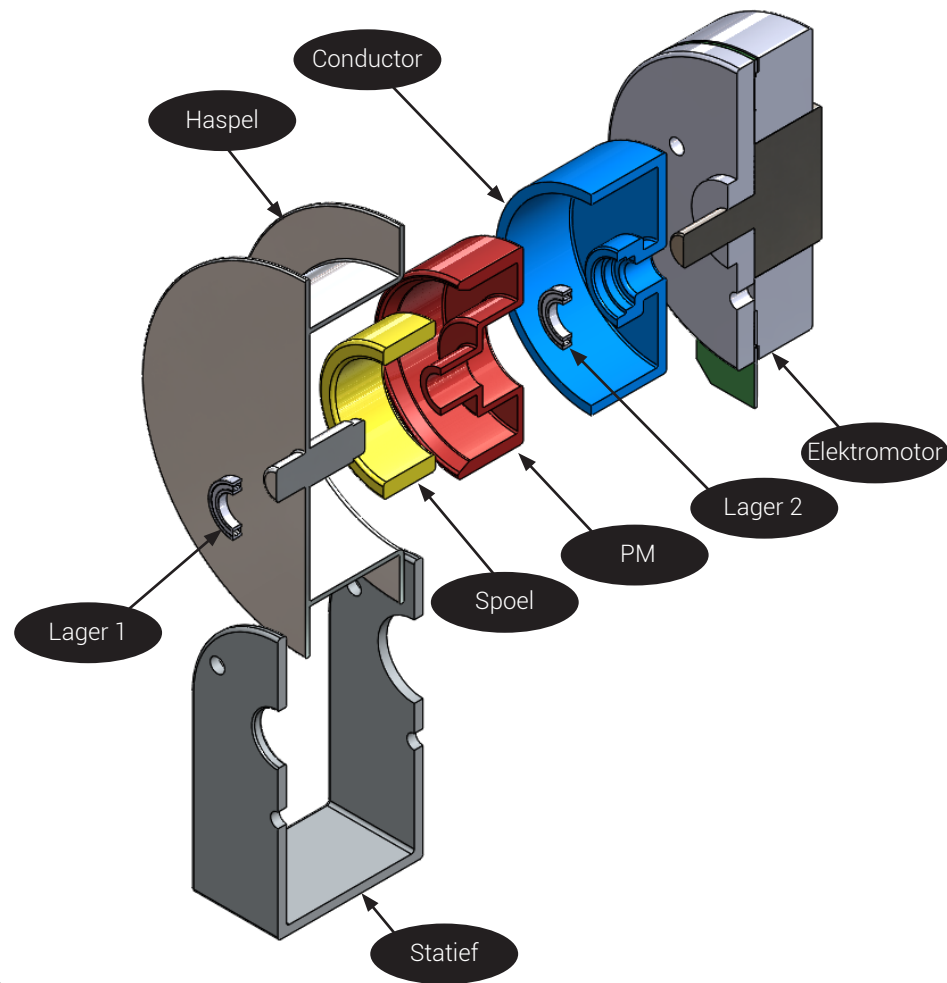
Componenten in Isometrische projectie van conceptontwerp 3



3D CAD model: dwarsdoorsnede



3D CAD model: exploded view



3D CAD model: exploded view (dwarsdoorsnede)

8.4. Evaluatie & Conceptkeuze

De conceptontwerpen zullen in deze paragraaf worden geëvalueerd aan de hand van gevonden (hoofd)knelpunten in het ontwerp. Mate van geschiktheid tussen de verschillende concepten zal worden behandeld voor de conceptkeuze.

8.4.1. Knelpunten in de conceptontwerpen

Knelpunten conceptontwerp 1:

Bij conceptontwerp 1 moet de magneetwerking er alleen voor zorgen dat de sporter weerstand ondervindt bij het afwikkelen van het snoer (magneet remt de beweging). Bij het opwikkelen van het snoer om de haspel moet er geen (of zo min mogelijk) weerstand op de rotatie van de haspel worden gezet (magneet remt de beweging niet). Idealiter wordt dezelfde hoeveelheid (trek) kracht voor zowel het afwikkelen als het opwikkelen door de sporter geleverd. Dit betekent dat er een overbrenging moet worden gerealiseerd die in balans is met de optredende kracht bij het opwikkelen en afwikkelen, terwijl de beweging verschilt.

- *Mechanisch regelen van de remkracht:* om de remkracht te regelen moet een mechanische overbrenging worden gerealiseerd die in positie ten opzichte van de haspel verstelbaar is (variëren in flux air-gap), zodat er telkens tussen de gebruikssituaties gewisseld kan worden. De afstelling en nauwkeurigheid zal problemen veroorzaken. Daarbij zal het concept erg veel componenten bevatten, waardoor niet alleen knelpunten ontstaan i.v.m. de werking. Maar ook het gewicht en de omvang van het werkingsmechanisme zal conflicteren met de draagbaarheid van het product.
- *Elektronisch wisselen tussen gebruikssituaties:* het elektronische wissel tussen de verschillende gebruikssituaties levert knelpunten op met betrekking tot de meegaandheid van het snoer. De sporter zal op elk willekeurig moment in staat moeten zijn om het snoer af dan wel op te wikkelen. Het systeem moet daarom anticiperen op verschillende bewegingsuitslagen van de sporter die niet altijd even voorspelbaar zullen zijn.

In de praktijk zullen er met dit werkingsmechanisme situaties voordoen waarbij er nog weerstand op het snoer wordt opgelegd (afwikkelsituatie) terwijl het in werkelijkheid moet opwikkelen.

Knelpunten conceptontwerp 2:

In conceptontwerp 2 is er nadrukkelijk aandacht besteed om het merkbaar wisselen tussen de twee gebruikssituaties te voorkomen. Hierdoor wordt er gebruik gemaakt van vrijlooppkoppelingen en 2 elektromotoren; elektromotor (1) voor van de generatieve werking, elektromotor (2) voor van de motorische werking. Met één elektromotor voor het genereren en motoriseren van het systeem ontstaat er een geforceerd omslagpunt bij het schakelen tussen de verschillende elektrische circuits (bij het wisselen tussen afwikkelen en opwikkelen). Dit maakt het gebruik van 2 elektromotoren noodzakelijk.

- *Regelbare weerstand:* het regeneratief/recuperatief remmen zorgt voor weerstand die wellicht niet regelbaar is.
- *Vrijlopen van het vliegwiel:* het vliegwiel moet bij het afwikkelen “verbonden” (geëngageerd) zijn met de haspel en de generator. Een knelpunt kan zijn dat er niet genoeg kinetische energie in het vliegwiel “opgeslagen” zal zitten om te kunnen blijven draaien als de haspel van rotatierichting verandert (opwikkelrotatie). Waardoor het vliegwiel stil komt te hangen en geen toegevoegde waarde heeft in het werkingsmechanisme.
- *Opslaan elektrische energie:* de gegenereerde elektrische energie door de generator moet voldoende zijn om de elektromotor te voeden van elektrische energie. Als dit niet het geval is dan moet er een batterij aan het systeem toegevoegd worden.
- *Gewicht vliegwiel:* hoe meer massa er in de traagheid van het vliegwiel gestopt kan worden hoe meer energie er daadwerkelijk uitgehaald kan worden. Echter is het te betwijfelen of een vliegwiel geschikt is gezien het gewicht en de bijhorende eis betreft de draagbaarheid.

Knelpunten conceptontwerp 3:

In conceptontwerp 3 zal de te leveren kracht voor de sporter worden bepaald door de kracht van de elektromotor en de cohesie in de eddy current koppeling. In de constructie moet er dus voor gezorgd worden dat de air-gap zo klein als mogelijk is, en dat een zo sterk als mogelijke elektromotor wordt gebruikt.

- *Gewicht:* er zal voldoende elektrische stroom aanwezig moeten zijn voor het bekrachtigen van de elektromagnetische slipkoppeling. Hiervoor zal een batterij gekozen moeten worden die relatief zwaar zou kunnen zijn.
- *Stabiliteit:* de lager tussen de haspel en de conductor vormt de verbinding tussen de assen. Doordat er aan het snoer getrokken wordt zullen er krachten op de assen worden gelegd dit zou kunnen conflicteren met de stabiliteit van het systeem.
- *Elektrische stroom over de spoel:* de spoel wordt voorzien van elektrische stroom (d.m.v. elektrische kabels), aangezien de spoel verbonden is met de permanente magneet zal deze meedraaien met de draaiing van de haspel. Er moet dus een bepaalde manier van commutatie plaatsvinden, die er voor zorgt dat de spoel wel kan worden voorzien van voldoende elektrische stroom. Zonder dat de kabels mee gaan draaien (en daardoor ook worden opgewikkeld).

8.4.2. Conceptkeuze werkingsmechanisme

Er zal na schatting bij elk concept van het werkingsmechanisme concessies moeten worden gedaan betreft het gewicht en de compactheid van de constructie. De gegeneerde concepten zijn daarom op een aantal basis eisen uit het programma van eisen beoordeeld in mate van geschiktheid voor de toepassing. Uit figuur 32 is duidelijk op te maken dat concept 3 aan de meeste eisen zal voldoen. In overeenstemming met de opdrachtgever is daarom voor conceptontwerp 3 gekozen.

<i>Eisen:</i>		<i>Conceptontwerp 1</i>	<i>Conceptontwerp 2</i>	<i>Conceptontwerp 3</i>
1	Moet een zo licht mogelijke constructie zijn (t.b.v. eis 2) ¹	--	-	+
2	De weerstand moet contact-loos worden verkregen door middel van magnetisme	+	++	++
3	De contact-loze weerstand moet variabel instelbaar zijn (instellen van verschillende weerstandsniveaus)	-	+	++
4	Weerstand bieden gedurende de gehele beweging (opwikkelen/afwikkelen)	+	++	++
5	Een constante overbrenging van de weerstand leveren (constant krachtverloop)	++	++	++
6	De weerstand moet elektrisch kunnen worden geregeld.	--	+	++
7	De weerstand bij opwikkelen en afwikkelen van het snoer moeten even groot zijn	--	++	++
8	De meegaandheid van het snoer moet natuurlijk mogelijk aanvoelen. (merkbaarheid van het omslagpunt tussen opwikkelen/afwikkelen)	-	+	++
9	Ergometer functies (meten van inspanning gerelateerde data)	+	--	++
10	Genereren van elektrische energie uit geleverde inspanning van de gebruiker.	-	++	-
Zeer geschikt ++, geschikt +, minder geschikt -, niet geschikt - ¹⁾ wordt beoordeeld op basis van de complexiteit van de constructie				

Geschiktheid van de conceptontwerpen t.b.v. eisen

Fig. 32:

8.4.3. Conceptkeuze uiterlijk product

Synchroon aan het ontwerpen van het werkingsmechanisme is er nagedacht over het uiterlijk ontwerp voor de FINNFIT. Uit de ontwerpcriteria (H7) volgde namelijk al snel dat de compactheid van het werkingsmechanisme een complicerende factor was. Er zijn een drietal schetsontwerpen gemaakt voor het uiterlijk product; “FINNFIT light”, “FINNFIT duo” en de “FINNFIT full” (zie bijlage G). Gezien de pasvorm en het feit dat de ruimte voor de plaatsing van het werkingsmechanisme een belangrijke rol speelde in de conceptkeuze voor het uiterlijk ontwerp, heeft de opdrachtgever gekozen voor de “FINNFIT full” (zie fig. 33). Dit ontwerp is vormgegeven in de vorm van een draagbare rugzak die in de concept uitwerkingsfase wordt meegenomen bij de uitwerking van het eindontwerp voor de FINNFIT.

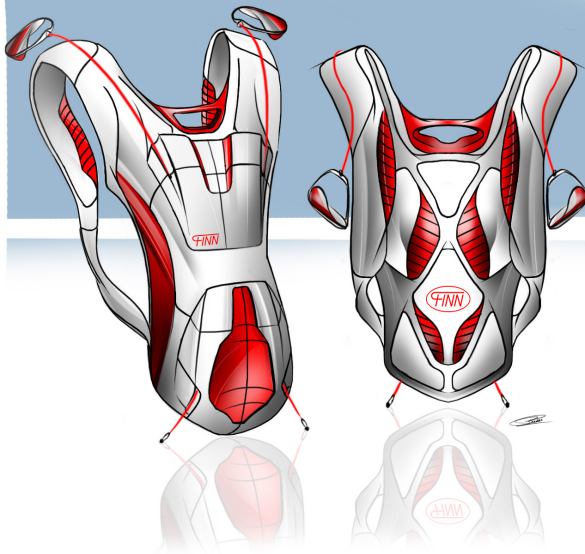


Fig. 33:

Schetsontwerp FINNFIT full



CONCEPT UITWERKINGSFASE

● Inleiding

Het eindontwerp van het werkingsmechanisme wordt in dit hoofdstuk gepresenteerd en is afgeleid uit het gekozen conceptontwerp 3 (zie 8.3). Het werkingsmechanisme is opgebouwd uit bestaande werkingsprincipes die hedendaags worden gebruikt in de industriële automatisering en robotica.

Het werkingsmechanisme is uitgewerkt in een 3D CAD model die een proof-of-principle vormt voor het beoordelen van de haalbaarheid en maakbaarheid. Gezien het feit dat op basis van het prototype voorstel (9.2) het bouwen van een fysiek prototype gedurende deze bachelor eindopdracht niet werd geaccordeerd door de opdrachtgever. Is er in de concept uitwerkingsfase een theoretische benadering van de componenten en hun werking bestudeert. Gedraging zijn waargenomen en de relaties tussen de componenten staan beschreven. Daarbij zijn berekeningen uitgevoerd voor het selecteren van een aantal hoofdcomponenten die de werking mogelijk maakt binnen het mechanische-, elektrische- en software domein. Het software domein zal niet worden behandeld, aangezien de uitwerking van het werkingsmechanisme (nog) niet tot dit stadium uitgewerkt is en de kennis van een specialist op dit vakgebied niet beschikbaar was bij FINN b.v..

Opbouw conceptuitwerking:

- 9.1. Hoofdcomponenten van het werkingsmechanisme
- 9.2. Prototype voorstel
- 9.3. Relatieanalyse binnen het elektrische/mechanische domein
- 9.4. Bepalen van de componenten binnen het elektrische/mechanische domein

● 9.1. Hoofdcomponenten van het werkingsmechanisme

De technische innovatie in het werkingsmechanisme wordt voornamelijk gekenmerkt door de werking van een EM Hysteresis slipkoppeling optimaal te benutten. Dit component vormt een magnetische binding tussen de BLDC motor (met overbrenging) en de haspel. Door middel van de EM hysteresis kan een contact-loze variabele weerstand worden overgebracht op een snoer. De weerstand kan elektrisch worden geregeld door in elektrische stroomsterkte te variëren.

Het eindontwerp van het werkingsmechanisme staat weergegeven in figuur 34 samen met een exploded view van het ontwerp (zie bijlage H), worden de hoofdcomponenten van het werkingsmechanisme weergegeven. In de volgende paragrafen wordt een gedetailleerde omschrijving van de componenten voor de aandrijving en de elektromagnetische weerstand nader toegelicht.

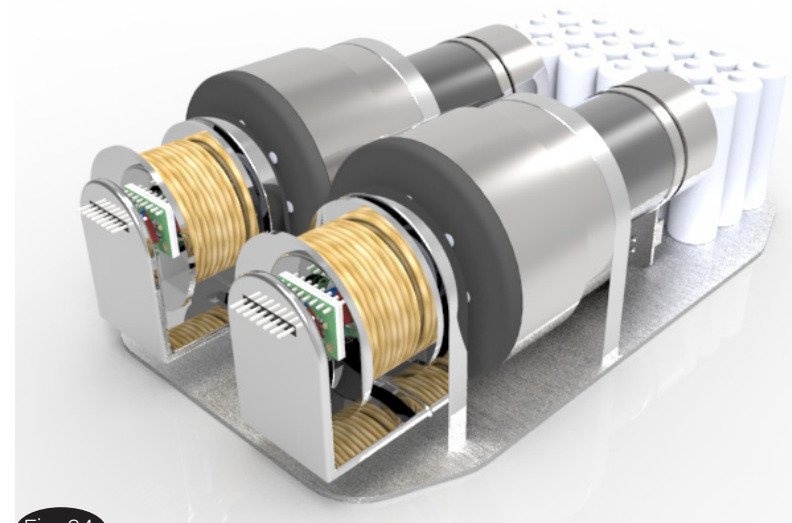


Fig. 34:
Eindontwerp werkingsmechanisme

9.1.1. Aandrijving;

BLDC motor met planetaire overbrenging

De selectie van de aandrijving zijn gebaseerd op aanwezige koppel, vermogen en toerental. Een vergelijking van mogelijke elektromotoren is weergegeven in bijlage I. Binnen de categorie van elektromotoren, bieden de DC borstelloze elektromotoren (BLDC motoren) de meeste voordelen, waaronder hoge efficiency, meer koppel, verhoogde betrouwbaarheid, produceert minder geluid, en heeft een lange levensduur. Bovendien, heeft de geselecteerde BLDC motor een 'pannenkoekvormig' archetype, wat ten goede komt aan de compactheid van het model. Er is geselecteerd op de juiste verhouding in aandrijvingskracht en de robuustheid van de motor om op meest optimale wijze de beweging van de fitness-sporter weerstand te bieden, maar ook genoeg snelheid heeft om het touw terug te trekken zodat het touw niet zal gaan hangen (9.3.1.a.). De 70 W Maxon EC 45 flat Ø45 mm met geïntegreerde hall sensoren (zie figuur 35) van Maxon motors b.v. voldoen qua technische specificaties het best aan de doelstelling ten aanzien van de benodigde koppel, toerental en een compacte draagbare oplossing voor het werkingsmechanisme van de FINNFIT (zie bijlage J). Omdat er in de toepassing ook bij lage snelheden zo veel mogelijk koppel nodig is, wordt er gebruik gemaakt van een planetaire overbrenging die de uitgaande koppel van de BLDC motor met een verhouding van 3.5:1 verhoogd en het toerental reduceert. De eveneens compacte planetaire overbrenging wordt direct op de as van de BLDC motor bevestigd zoals getoond in figuur 34 van het model.



Fig. 35:

(links) 70 W Maxon EC 45 flat, (midden) Planetaire overbrenging, (rechts) Ogura model 5.0 - Elektromagnetische hysteresis slipkoppeling

9.1.2. Elektromagnetische weerstand;

EM hysteresis slipkoppeling

Er zijn verschillende elektromagnetische (EM) koppelingen bestudeert om te achterhalen of deze ook daadwerkelijk naar behoren functioneren voor de initiële conceptring. In bijlage K zijn verschillende EM koppelingen en remmen vergeleken. Waarvan twee type EM koppelingen geschikt kunnen zijn voor de toepassing; Eddy Current koppelingen en Hysteresis koppelingen. Deze zijn aan de hand van technische specificaties en eigenschappen vergeleken (zie bijlage L). Hieruit blijkt een EM Hysteresis slipkoppeling meer geschikt voor de toepassing. In deze paragraaf zullen de kenmerken, basisstructuur, werking en prestaties van de EM Hysteresis slipkoppeling nader worden toegelicht.

Kenmerken:

1. **Lange levensduur** – 'wrijving loze werking' hierdoor zijn er geen onderdelen die onderhevig zijn aan fysieke wrijving, waardoor de onderdelen zeer duurzaam zijn.
2. **Ideale koppel eigenschappen** – Veranderingen in koppel is proportioneel met de opgelegde stroomsterkte en is onafhankelijk van slip rotatiesnelheid.
3. **Stabiele werking met hoge nauwkeurigheid** – nauwkeurig en herhaalbare uitvoer met verschillende omstandigheden.
4. **Toestaan van hoge rotatiesnelheden** – Hoge snelheid toepassingen hebben geen invloed op de werking.
5. **Bruikbaar onder continue slipcondities** – EM hysteresis slipkoppelingen kunnen gebruikt worden met continue slipcondities, zolang de warmteoverdracht niet overschreden wordt.
6. **Bedienbaar van de koppel mogelijk bij vaste verbinding** – De overbrenging van de koppel is mogelijk zonder slip, waardoor vaste verbinding mogelijk is (100% lock-up)
7. **Geen geluidproductie** – De bewegende onderdelen maken geen fysiek contact met elkaar, waardoor de slipkoppeling geluidloos werkt.

Basisstructuur en werking:

Zoals weergegeven in figuur 36, bestaat de EM hysteresis slipkoppeling uit drie hoofdcomponenten; de stator, primaire rotor en een secundaire rotor. De stator heeft een ingebouwde spoel en de primaire rotor heeft twee magnetische polen, waarvan één aan de binnenkant en één aan de buitenkant is geplaatst. Tussen deze twee magnetische polen zit een cilindervormige permanente magneet en vormt de secundaire rotor. Als de primaire rotor draait en de spoel is bekrachtigd wordt er een magnetisch veld gecreëerd in de luchtruimte tussen de twee magnetische polen (aan de binnen- en buitenkant van de primaire rotor). Hierdoor wordt de permanente magneet in de secundaire rotor gemagnetiseerd. De hysteresis karakteristieken van de permanente magneet zorgen er dan voor dat er een verandering in polariteit plaats vindt. Waardoor de primaire en secundaire rotoren magnetisch worden verbonden met elkaar.

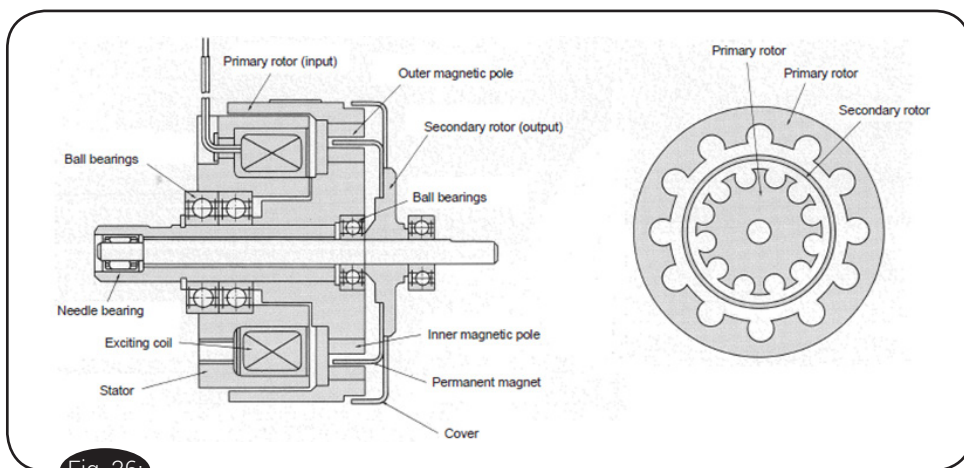


Fig. 36:

Interne structuur elektromagnetische hysteresis slipkoppeling

Prestaties:

1. **Relatie tussen koppel en stroomsterkte** – Zoals weergegeven in figuur 37, is de koppel nagenoeg lineaire met de stroomsterkte bij een waarde tussen de 5 – 100%. Deze eigenschap maakt het een ideale toepassing voor het draagbare fitnessapparaat. Doordat de koppel magnetisch wordt overgebracht zonder wrijving. Kan de koppel proportioneel gevarieerd worden met een bepaalde stroomsterkte. De werking ervan blijft nauwkeurig in de gehele levensduur van het fitnessapparaat.
2. **Relatie tussen koppel en slip rotatie** – zoals weergegeven in figuur 37, is de koppel constant op vrijwel elk toerental. Dit maakt de EM hysteresis slipkoppeling ideaal voor de toepassing aangezien snelheidsveranderingen geen invloed hebben op koppel c.q. trekkracht voor de sporter.
3. **Relatie tussen rotatiesnelheid en warmteoverdracht** – EM hysteresis slipkoppelingen kunnen worden gebruikt met een continue slip rotatiesnelheid. Maar de rotatiesnelheid heeft wel invloed op de warmteontwikkeling in de hysteresis slipkoppeling. Hierdoor is voor elk model een maximaal toelaatbaar warmteoverdracht bepaald bij een continue rotatiesnelheid. Voor de toepassing is daarom in bijlage N de warmteoverdracht berekend.

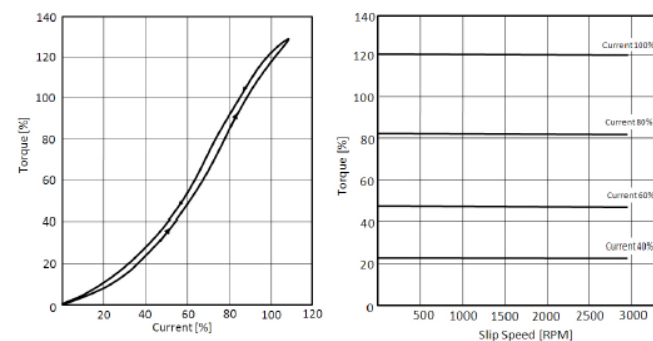


Fig. 37:

Elektromagnetische hysteresis slipkoppel-karakteristieken

9.1.3. Meten van inspanning gerelateerde data; Sensoren

De FINNFIT zal worden voorzien van 3 verschillende sensoren (zie fig. 38);

- (a) **Accelerometer (2x)** - op de rotatierichting van de haspel
- (b) **Hall sensor (2x)** - geïntegreerd commutatie van de BLDC motor
- (c) **Absolute oriëntatie sensoren (3x)** - in de handgreep (2x) (aan het uiteinde van het snoer) en (1x) in de "rugzak" van de FINNFIT

Een sporter zal gedurende een training verschillende oefeningen uitvoeren waarbij de bewegingsuitslag en de intensiteit van de training voortdurend verandert. Om de geleverde inspanning te meten wordt gebruik gemaakt van een (a) "accelerometer". Een accelerometer is een elektromechanisch apparaat voor het meten van de verandering van de lineaire beweging (= dynamische versnelling). Bij het afwikkelen en het opwikkelen kan de snelheid en positie van het snoer worden vertaald van een translerende beweging naar een roterende beweging van de haspel. De haspel zal daarbij onregelmatige roteren om zijn as. Positionering van de accelerometer op de rotatierichting van de haspel is daarom een geschikte keuze. Deze accelerometer moet de positie, versnelling en rotatierichting waarnemen van de haspel. Dergelijke accelerometers zijn klein en licht. De parameters die uit het versnellingssignaal kunnen worden afgeleid zijn: bewegingsintensiteit, bewegingsduur en energiegebruik. In bijlage O, is een overzicht te zien van de verschillende ergometer functies die bij fitnessapparaten worden gebruikt.

De accelerometer geeft een directe vertaling van de bewegingen in de vorm van meetsignalen. Deze meetsignalen worden door de digitale regelaar gelezen en vertaalt naar stuursignalen voor de BLDC motor en de elektromagnetische hysteresis slipkoppeling. Zodat veranderingen in weerstandsniveaus en rotatiesnelheden kunnen worden doorgevoerd. De rotatiesnelheden worden in de BLDC motor waargenomen door middel van een geïntegreerd (b) "hall sensoren" die commutatie van de magneetpolen in de BLDC motor waarneemt om de positie, rotatiesnelheid en rotatierichting van de BLDC motor aan te passen naar de gewenste snelheden voor de haspel.

Bij het doen van vrije lichaamstraining zal de oriëntatie van de handgreep in een drie-dimensionale ruimte voortdurend veranderen. De positieverandering van de handgreep kan nauwkeurig worden gecontroleerd door middel van "absolute oriëntatie sensor". Absolute oriëntatie sensoren bevat een combinatie van 3 verschillende componenten namelijk; (1) Acceleratie sensor (BMA), (2) Gyroscopie (BMG) en (3) Geomagnetische sensor (BMM). Hiermee kunnen dynamische veranderingen in richting van de handgreep binnen één, twee of drie orthogonale assen worden berekend ten opzichte van de rugzak "FINNFIT" (oriëntatie van de handgreep in de ruimte waarnemen). Voor de draagbare toepassing is het noodzakelijk om de oriëntatie van de handgreep in drie assen te meten. Met de meetsignalen kunnen drie-dimensionale visualisaties worden gemaakt van de sporter en kunnen prestaties inzichtelijk worden gemaakt voor een superieure training.

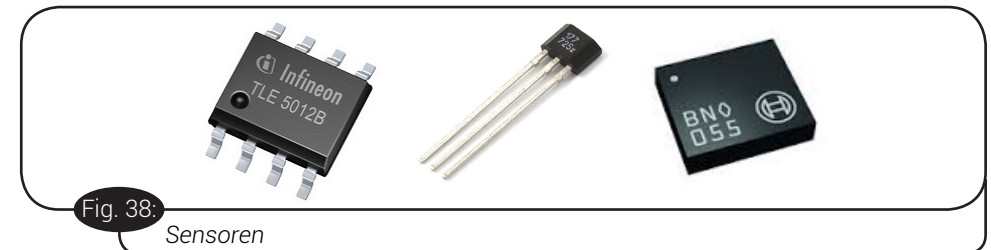


Fig. 38:

Sensoren

9.1.4. Elektrische voeding van de componenten; Batterij

De elektrische componenten in het werkingsmechanisme zullen moeten worden gevoed van elektrische energie. Deze elektrische energie wordt opgeslagen in een batterij en kan na elke training worden opgeladen door de gebruiker. Aan de hand van eis 15 (7.4.3.) is op basis van de technische specificaties van de geselecteerde componenten een batterij gekozen voor de toepassing. Het totaal vermogen van het werkingsmechanisme is 174 Watt. Daarmee moet de batterij een capaciteit van 7,25 Ah, 24 V hebben. Een dergelijke batterij zal naar schatting 2 kg zijn.

9.1.5. Samenhang van de componenten in het werkingsmechanisme

In het interactiediagram (zie fig. 37) worden de functionele eenheden waaruit het werkingsmechanisme is samengesteld met onderlinge interacties weergegeven. De componenten werken binnen drie verschillende domeinen; mechanisch, elektrisch en software (zie fig. 38). De haspel, snoer en de handgreep zijn de functionele eenheden die een directe interactie hebben met de sporter onder invloed van de trekkracht op het snoer worden de componenten in het mechanische domein belast (mechanisch proces). De elektromotor (BLDC motor) met overbrenging en de EM Hysteresis slipkoppeling zijn de actuatoren die deze mechanische processen gaan vervullen en bevinden zich in het elektrische/mechanische domein, sensoren vormen de overgang van het elektrische/mechanische domein naar het software domein. Binnen het software domein worden meetsignalen afkomstig vanuit sensoren die de mechanische processen op het systeem waarneemt verwerkt in een digitale regelaar "processor". De processor in het software domein zet concrete stuursignalen om voor voeding en versterking naar de actuatoren. In bijlage M, is een toepassingsdiagram weergegeven waarin de handelingen van de gebruiker en de acties en gedragingen van de componenten binnen de verschillen domeinen chronologisch staan weergegeven.

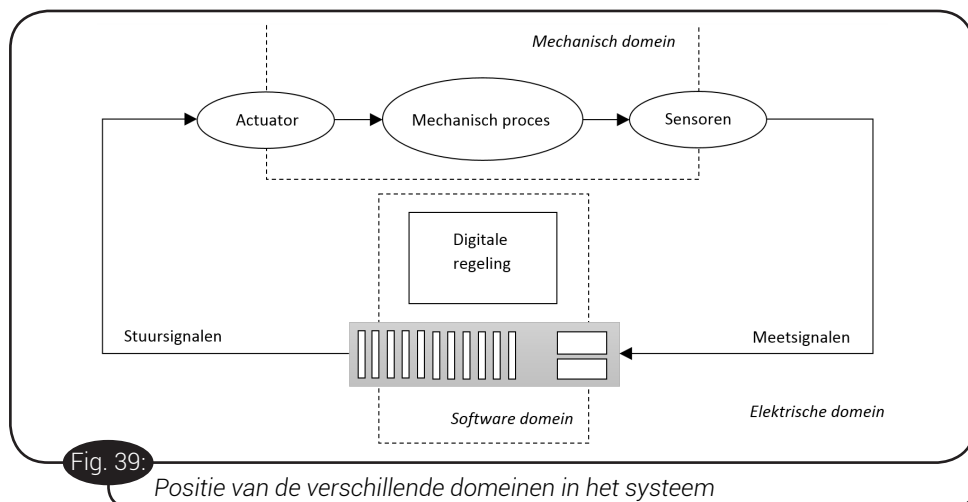


Fig. 39:

Positie van de verschillende domeinen in het systeem

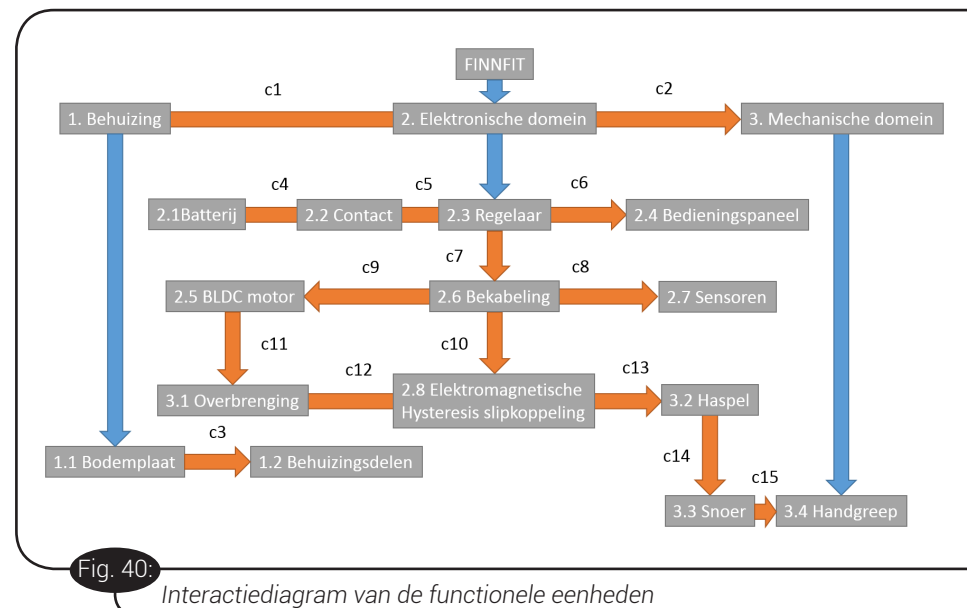


Fig. 40:

Interactiediagram van de functionele eenheden

9.2. Prototypevoorstel

Met de bestaande componenten is een samengesteld prototype ontwikkeld die bestaat uit de geselecteerde bestaande componenten. Verschillende type Hysteresis slipkoppelingen zijn daarom vergeleken bij twee grote leveranciers van elektromagnetische koppelingen (Magtron, Ogura, 2015). In bijlage P is te zien dat er verschil zit in het fysiek gewicht en aanwezige koppel. Twee verschillende opties voor het prototype zijn gecreëerd, waarbij het gewicht en de aanwezige koppel in de EM slipkoppeling verschilt. Er is in overleg met de opdrachtgever gekozen voor optie 2 met model 5.0 van Ogura (zie fig. 41). Dit model heeft in vergelijking met de model 2.5 een dubbel zo grote koppel, waardoor ook dubbel zo veel trekkracht (25 N) voor de sporter mee gecreëerd kan worden. De keuze voor dit model leidt er echter wel toe dat er genoeg moet worden genomen met het verschil in gewicht (verschil 0,7 kg). Waardoor de sporter in een samengesteld productontwerp van de FINNFIT, uiteindelijk minimaal 1,4 kg meer mee zal moeten dragen tijdens de training.

Optie 1 – i.c.m. 0,25 Nm EM Hysteresis slippkoppeling

- 70 W Maxon EC 45 flat Ø45 mm met hall sensoren (0,14 kg)
- Planetaire overbrenging GP 42 C Ø42 mm, 3 -15 Nm (0,26 kg)
- Ogura model 2.5 (1,0 kg)
- Haspel ($\approx 0,025$ kg)

Totaal gewicht: 1,425 kg (excl. overige componenten)

Optie 2 – i.c.m. 0,5 Nm EM hysteresis slippkoppeling

- 90 W Maxon EC 90 flat Ø90 mm met hall sensoren (0,6 kg)
- Planetaire overbrenging GP 52 C Ø52 mm, 4 – 30 Nm (0,46 kg)
- Ogura model 5.0 (1,7 kg)
- Haspel ($\approx 0,025$ kg)

Totaal gewicht: 2,785 kg (excl. overige componenten)

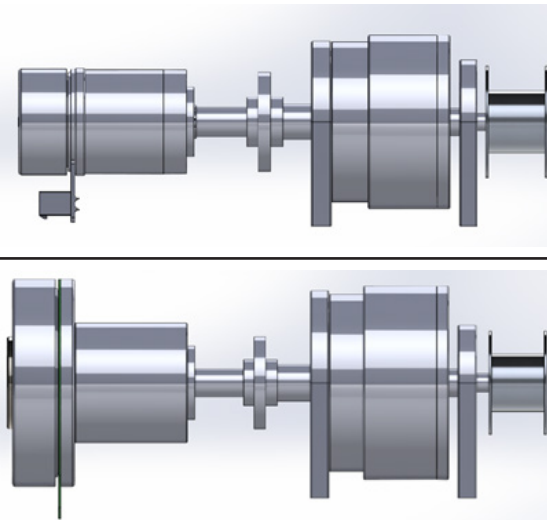


Fig. 41:

(boven) optie 1, (onder) optie 2

9.2.1 Optimalisatie van het prototypevoorstel

De gekozen EM hysteresis slippkoppeling kan in overleg met de leverancier op maat worden gemaakt. Waardoor een optimalisatieslag kan worden doorgevoerd om het werkingsmechanisme zo compact als mogelijk te maken. Het ontwerp is daarom geoptimaliseerd door de as van de overbrenging direct te integreren in de schacht van de EM Hysteresis slippkoppeling zoals weergegeven in figuur 42. Hierdoor wordt het werkingsmechanisme 51 mm korter en wordt het adapterstuk omzeild. Dit geoptimaliseerde ontwerp van het prototype definieert het eindontwerp van het werkingsmechanisme.

De volgende stap zou het bouwen van het prototype zijn. Helaas bleek de prijs van de Hysteresis slippkoppeling niet in overeenstemming te zijn met de wensen van de opdrachtgever. Na een offerteaanvraag voor de Ogura blijkt dat dit component £737,73 zou gaan kosten met een levertijd van 6 weken. Wat voor Peter van de Klok de doorslag gaf om geen prototype te bouwen. Ondanks deze teleurstelling is daarom in de voortzetting van de bachelor eindopdracht op een theoretische benadering van het werkingsmechanisme over gegaan.

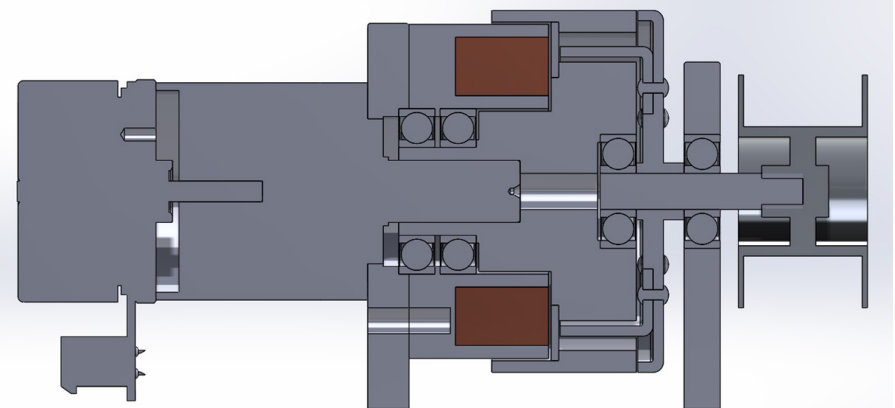


Fig. 42:

Geoptimaliseerd ontwerp

● 9.3. Relatieanalyse binnen het mechanische domein

Binnen het mechanische domein van het werkingsmechanisme vallen eveneens de interacties met de sporter, voorts de elektrisch aangedreven actuatoren, de rem- (slip)werking en fysieke belastingen die door de sporter worden overgebracht.

Om aan de eisen (7.4.3.) voor het werkingsmechanisme te voldoen moet daarom worden bepaald of de fysieke belastingen die, door de sporter worden overgedragen, kunnen worden weerstaan. Om dit te onderzoeken is er een analyse uitgevoerd van een gesimuleerde vrije lichaamstraining, waarbij de sporter met een bepaalde bewegingsuitslag en met een trekkracht van 50 Newton aan het snoer trekt (7.4.3.; eis 15).

Voordat verder wordt ingegaan op de berekening van de verschillende belastingen in het mechanische domein van het werkingsmechanisme, worden eerst de relaties tussen de verschillende componenten beschreven om een duidelijke beeldvorming te krijgen van de interacties tussen de verschillende componenten, mechanisch gezien.

● 9.3.1. Relaties tussen de componenten t.g.v. eisen aan het werkingsmechanisme

De volgende punten zullen in deze paragraaf worden uiteengezet:

- (a) Relatie tussen toerental van de BLDC motor en de opwikkelingsnelheid van het snoer c.q. toerental van de haspel
- (b) Relaties tussen het toerental van de BLDC motor en de koppel van de EM slipkoppeling.
- (c) Relatie tussen koppel van de EM slipkoppeling en de koppel van de BLDC motor.

a. Relatie tussen toerental van de BLDC motor en de opwikkelingsnelheid van het snoer c.q. toerental van de haspel

Eis 15 (7.4.3.) stelt “het snoer moet op spanning blijven gedurende de training”, voor het werkingsmechanisme betekend dit dat de weerstand bij afwikkelen, maar ook de snelheid van het opwickelen te allen tijde groot genoeg is, en zo constant mogelijk blijft om het snoer op spanning te houden. Als het snoer gaat hangen tijdens een training kan dit nadelige gevolgen hebben voor zowel het systeem als de sporter zelf. Problemen die kunnen ontstaan door een hangend snoer kunnen zijn: struikelen over het snoer, dat het snoer ergens achter blijft hangen, maar ook het onregelmatig opwickelen van het snoer om de haspel kan tot problemen leiden. Zoals het ontstaan van knopen in het snoer, verstrengeling en blokkering van de mechanische bewegingen in het systeem. De hoofdverantwoordelijke voor de opwikkelingsnelheid is de aangedreven BLDC motor met planetaire overbrenging. Maar de uiteindelijke opwikkelingsnelheid wordt niet alleen bepaald door de rotatiesnelheid van de BLDC motor maar wordt eveneens bepaald door de planetaire overbrenging, de aanwezige “slip” (door EM Hysteresis slipkoppeling) en de relatieve diameter van de haspel.

b. Relaties tussen het toerental van de BLDC motor en de koppel van de EM slipkoppeling.

Zoals in de vorige relatie al is beschreven is het toerental van de BLDC motor met planetaire overbrenging de bepalende factor voor de snelheid, waarmee het snoer kan worden gewikkeld om de haspel. Het toerental van de BLDC moet hoog genoeg zijn om het snoer te allen tijde op spanning te houden. Het toerental van de BLDC motor met planetaire overbrenging heeft tevens een relatie met de EM slipkoppeling. Eis 19 (7.4.3.) stelt dat: “de weerstand op het snoer onafhankelijk is van de snelheid waarmee de trekkracht wordt uitgevoerd”. Hiermee is een duidelijke relatie gevormd tussen de koppel van de EM slipkoppeling en het toerental van de BLDC motor.

In figuur 37 op blz 50 is te zien hoe het toerental van de EM slipkoppeling is gerelateerd aan de koppel en laat zien dat de te leveren koppel onafhankelijk is van de slip snelheid. Op basis van de kenmerk en prestaties (9.1.2.) van de EM hysteresis slipkoppeling kan aangenomen worden dat deze relatie wordt vervuld, zolang de elektrische stroom constant blijft.

c. Relatie tussen koppel van de EM slipkoppeling en de koppel van de BLDC motor.

Eis 20 (7.4.3.) “De meegaandheid van het snoer moet natuurlijk mogelijk aanvoelen”. Hierdoor is het van belang dat het systeem zich zo constant mogelijk gedraagt. Hiervoor moet het toerental van de BLDC motor en de hieraan gerelateerde koppel in balans zijn met de aanwezige koppel in de EM hysteresis slipkoppeling voor afwikkeling. Met andere woorden, de (slip)koppel die door de EM slipkoppeling kan worden geleverd is in overeenstemming met het weerstandsniveau dat ingesteld is door de sporter. Hieruit volgt de volgende relatie: De aanwezige koppel in de BLDC motor moet groter zijn dan die van de EM slipkoppeling om verschillende weerstandsniveaus te kunnen halen. Zodat kan worden voorkomen dat de BLDC motor mee gaat draaien in de afwikkelrichting. ($T_{BLDC\ motor} > T_{EM\ slipkoppeling}$).

Gedrag:

1. De BLDC motor draait altijd in een opwikkelrotatie → om het snoer terug te trekken
2. De EM hysteresis slipkoppeling met daaraan vast de snoerhaspel kan zowel in een opwikkelrotatie (a) draaien als een afwikkelrotatie (b) → (a) om het snoer terug te trekken en (b) weerstand te bieden bij het afwikkelen

Conclusie:

- De maximaal te leveren trekkracht door de sporter wordt bepaalt door relatieve haspel diameter en de maximale koppel van de EM slipkoppeling.
- De maximale koppel van de BLDC motor moet groter of gelijk zijn aan die van de EM slipkoppeling, dus $T_{BLDC\ motor} \geq T_{EM\ slipkoppeling}$ om opwikkelrotatie te kunnen garanderen (terugtrekken van het snoer).
- Als de maximale koppel van de BLDC motor kleiner is dan die van de EM slipkoppeling ($T_{BLDC\ motor} < T_{EM\ slipkoppeling}$) zal de BLDC motor mee gaan draaien (in de afwikkelrotatie) bij een maximaal ingesteld weerstandsniveau in de EM slipkoppel
- De maximale koppel van de EM slipkoppeling is het resulterende koppel voor het systeem (indien $T_{BLDC\ motor} \geq T_{EM\ slipkoppeling}$)
- Dimensioneren van de koppel EM slipkoppeling door elektrische stroom.
- Capaciteit van de batterij voldoende constant.

9.4. Bepalen van de componenten in het elektrische/mechanische domein

Zoals eerder vermeld, wordt middels een “gesimuleerde” vrije lichaamstraining de elektronische/mechanische componenten op basis van de maximale trekkracht voor de sporter bepaald. Hiervoor wordt een stappenplan gevolgd die in een relatiematrix staat gevisualiseerd (zie fig. 43). Hiervoor moeten de volgende onderwerpen worden behandeld om hier een uitspraak over te kunnen doen:

- Bepalen van de bewegingsuitslag.
- Bepalen van de lengte van het snoer.
- Materiaalkeuze en dikte van het snoer.
- Dimensioneren van de haspel.
- Toerental van de haspel bij het terugtrekken van het snoer.
- Maximale trekkracht voor de sporter bepalen.

Doelstelling:

De doelstelling is om te achterhalen of de componenten voldoende weerstand kunnen bieden aan een trekkracht van 5 kg (mechanisch proces).

Uit de relatiematrix blijkt dat de berekening van de diameter van de haspel en de rotatiesnelheid van de BLDC motor centraal staat in dit vraagstuk. De uitkomsten geven invulling aan de maximale trekkracht die door de sporter geleverd kan worden.

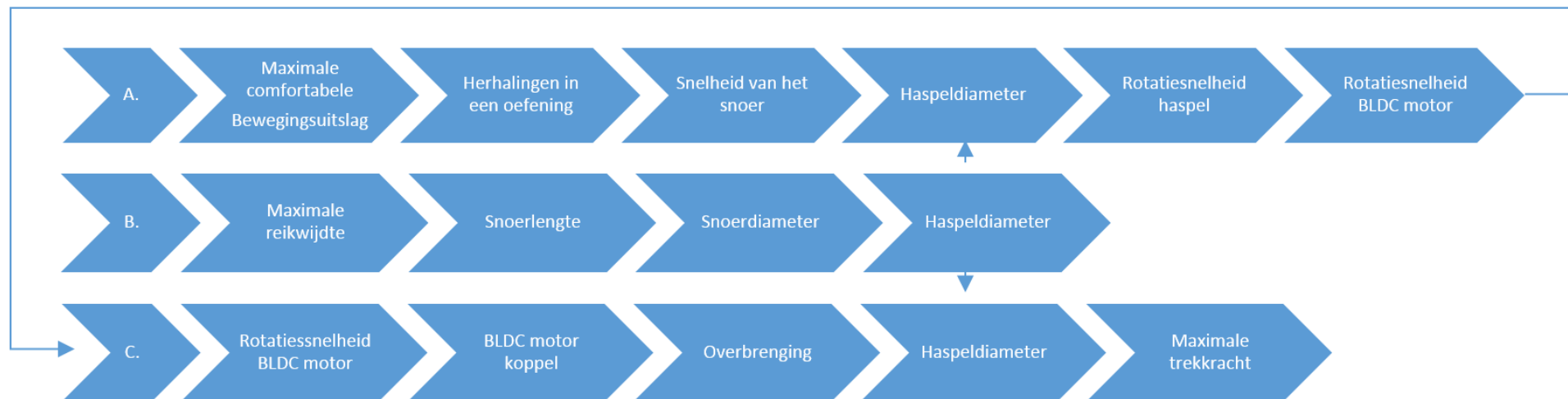


Fig. 43:

Relatiematrix voor het berekenen van de benodigde randvoorwaarden aan het werkingsmechanisme

9.4.1. Bepalen van de bewegingsuitslag

Voor het bepalen van de bewegingsuitslag is de antropometrische database DINED van de TU delft gebruikt. De doelgroep van het draagbare fitnessapparaat bestaat uit recreatieve sporters en atleten binnen een leeftijdscategorie tussen de 20 en de 60 jaar.

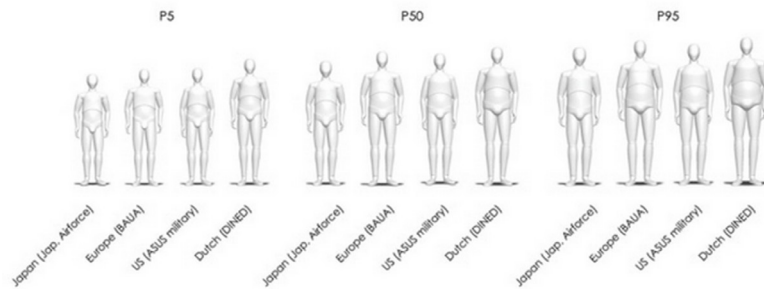


Fig. 44:

Mensmodellen van internationale bevolkingsgroepen voor P5, P50 en P95

Er is gekozen om de lengtematen van een Nederlandse bevolkingsgroep bij een leeftijd van 20 t/m 30 jaar met een lichaamslengte van 1750 mm of groter te nemen. Deze keuze komt voort uit het feit dat binnen deze bevolkingsgroep de bewegingsuitslag het grootste is (zie fig. 44). Aangezien een sporter in een comfortabele bewegingsuitslag meer herhalingen zal maken en de haspel vaker zal moeten draaien om een langer snoer te doen afwikkelen/opwikkelen, zal deze keuze voldoen aan het minimaal benodigd toerental van haspel om het snoer op spanning te houden. Het afwikkelen van het snoer c.q. het toerental wordt daarom bepaald vanuit een maximale comfortabele bewegingsuitslag. Deze bewegingsuitslag wordt vanuit een rechtopstaande positie bekeken en wordt binnen het comfortabele reikwijdte bereik uitgevoerd. En kan worden uitgedrukt in een hoek die vanuit de enkel naar boven wordt gemaakt (zie fig. 45). Bij deze comfortabele bewegingsuitslag zal de hoek tussen de 60° en de 75° liggen. Er wordt aangenomen dat de beweging wordt uitgevoerd onder een hoek van 75° vanaf de enkel naar boven, omdat de lengte van het snoer bij deze reikwijdte het langste is. Hieruit volgt een comfortabele bewegingsuitslag van maximaal 2260 mm voor een P95 (95% van de populatie).

9.4.2. Bepalen van de lengte van het snoer

Aangezien het werkingsmechanisme op de rug wordt gedragen, wordt de afstand vanaf de schouder naar de enkel (1600mm) bij de maximale reikwijdte (2400mm) opgeteld om de lengte van het snoer te bepalen (zie fig. 45). De benodigde lengte van het snoer bedraagt dan $1600 + 2400 = 4000\text{mm} = 4\text{ m}$. Deze lengte van het snoer wordt vervolgens gebruikt om de diameter van de haspel te bepalen. De relatieve haspeldiameter verschilt door opwikkeling en afwikkeling van het snoer. Dit heeft invloed op de te leveren koppel voor de aandrijving en verklaart waarom de snoerlengte zo kort als mogelijk genomen dient te worden. Hier wordt in paragraaf (9.4.4.) verder op in gegaan.

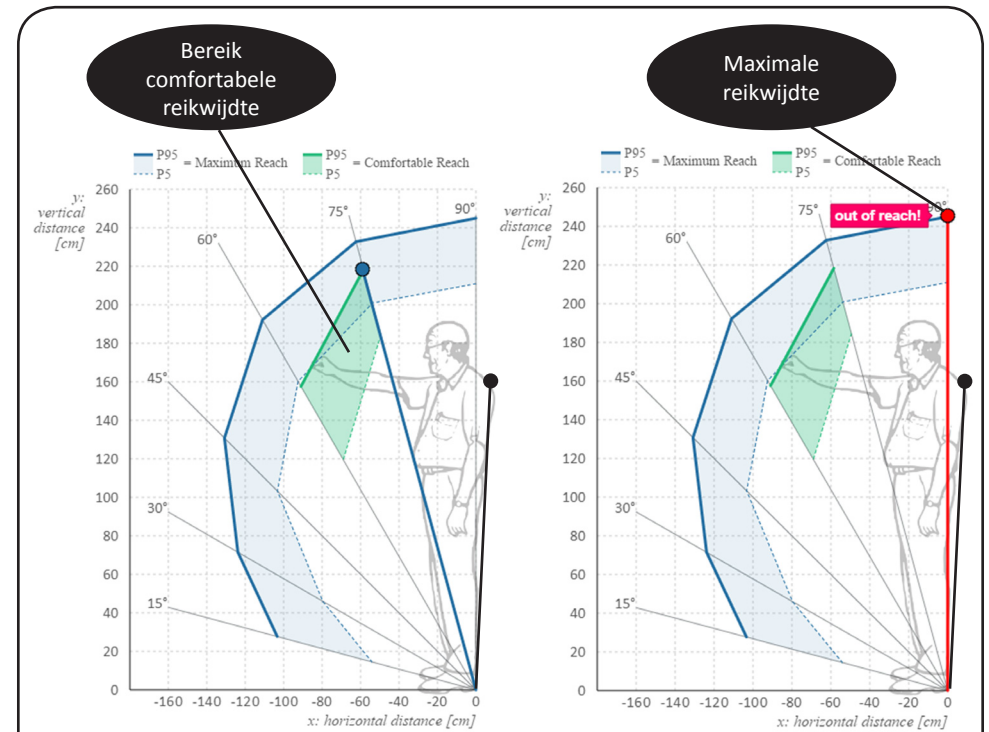


Fig. 45:

(links) Bereik comfortabele reikwijdte, (rechts) maximale reikwijdte

9.4.3. Materiaalkeuze en dikte van het snoer

Het materiaal van het snoer is gekozen aan de hand van de onderstaande eisen. Een aramide c.q. kevlar snoer met een diameter van 2 mm lijkt voor de toepassing zeer geschikt (Technora, Dyneema, 2015). Aramide wordt in verschillende gebieden van de industrie gebruikt, waaronder de sportartikel-industrie zoals paragliden en bergbeklimmen (zie fig. 46), alsook voor ballistische bescherming (Rebel Space b.v., 2015). Bij de keuze van het snoer zijn de volgende hoofd eisen gesteld:

- Het snoer moet een kleine diameter hebben
- Het snoer moet een trekkracht van 5 kg kunnen weerstaan.
- Laag gewicht en hoge elasticiteitsmodulus (weinig rek)
- Het snoer mag niet snijden in de huid van de sporter.
- Het snoer moet waterbestendig zijn.



Fig. 46:

Paraglider met
aramide snoer

9.4.4. Dimensioneren van de haspel

Voor het definiëren van de geometrie van de haspel zijn verschillende ontwerpvoorstellen gemaakt. Hierin is gevarieerd in de maat voor de binnendiameter en de haspelbreedte. Allereerst is een minimale binnendiameter waarover het snoer gewikkeld kan worden onderzocht, zodat de kracht voor de sporter zo groot als mogelijk wordt. Deze is vastgesteld op een minimum van $r_{\min} = 12,5 \text{ mm}$ (zie bijlage Q) met behulp van de formule ($M = F \cdot r$). Vervolgens wordt op basis van het snoerdiameter (2 mm) en de lengte van het snoer (4000 mm) bepaald wat de gewenste breedte-maat is voor de haspel. De volgende twee ontwerpcriteria zijn hierbij in ogenschouw genomen: (1) het snoer moet zonder geleider kunnen worden op- en afgewikkeld (de haspel mag niet te breed zijn), (2) De relatieve diameter van de haspel moet zo klein als mogelijk blijven om de weerstand voor de sporter optimaal te houden.

De haspel in figuur 47 heeft een optimale verhouding tussen haspelbreedte en relatieve haspel diameter. De haspel diameter varieert tussen 13,5 mm en 19,5 mm. Het snoer maakt 10 revoluties per baan, in totaal kan 4,15 m snoer omgewikkeld worden binnen deze marges. Het snoer heeft hierdoor ruimte om te zetten, zodat het snoer zelfstandig over de haspel wordt verdeelt bij het opwikkelen. De diameter zal in volledig omgewikkelde toestand toenemen tot een diameter van 40 mm. Hierdoor zal het aangrijpingspunt van het snoer verschillen. Voor de berekeningen wordt daarom een maximaal aangrijpingspunt genomen bij een diameter van $r_{\max} = 20 \text{ mm}$. In figuur 47 is een rotatie patroon te zien met variërende haspeldiameters ($r_{\min} = 12,5 \text{ mm}$ t/m $r_{\max} = 20 \text{ mm}$).

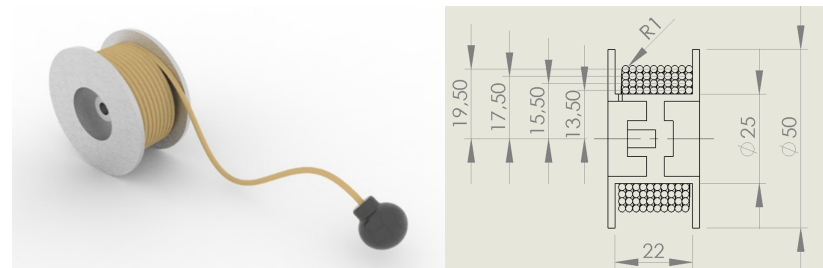
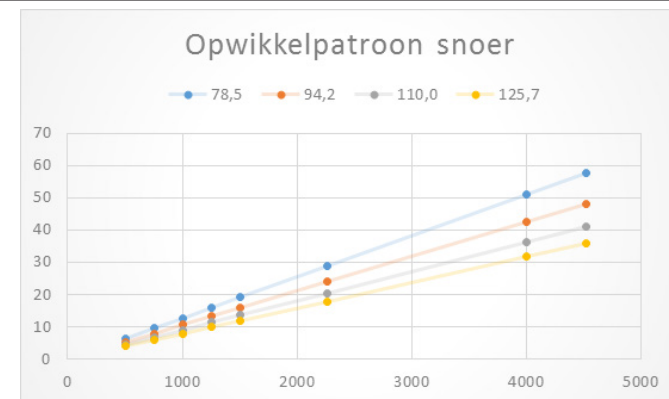


Fig. 47:

(boven) Opwikkelpatroon snoer, (Onder) haspel dimensionering

9.4.5. Berekenen van het benodigde toerental en koppel voor het werkingsmechanisme

Om het toerental van de haspel en de treksnelheid van het snoer te kunnen bepalen is een kleine steekproef uitgevoerd. In de steekproef werden er bij maximale inspanning 40 herhalingen gemaakt in één minuut bij de maximale comfortabele bewegingsuitslag van 2260 mm. Dit kan worden gezien als een cyclisch bi-directioneel proces met in elke cyclus een afgelegde weg van twee maal de maximale bewegingsuitslag (4520 mm). Het snoer heeft dus in één minuut $40 \times 4520 = 180.800$ mm afgelegd ($s \approx 181$ m). De minimale translatiesnelheid die het snoer moet hebben om op spanning te blijven gedurende een bepaalde oefening is dus $181/60 = 3,02$ m/s. Deze uitwerking geeft daarmee de minimale snelheid van het snoer aan: $v_{\min} > 3,02$ m/s. Gezien het maximale aangrijpingspunt van de haspel varieert (9.4.4.) kan het minimale en het maximale toerental van de haspel voor opwickelen worden bepaald met de omtrek van de haspel:

$$O_{\min} = 2\pi r = 2\pi * 13,5 \approx 85 \text{ mm}$$

$$O_{\max} = 2\pi r = 2\pi * 20 \approx 126 \text{ mm}$$

$$n_{\max,H} = \frac{s}{O} = \frac{180.800}{85} \approx 2127 \text{ rpm}$$

$$n_{\min,H} = \frac{s}{O} = \frac{180.800}{126} \approx 1435 \text{ rpm}$$

$$n_{\text{gem},H} = \frac{n_{\min} + n_{\max}}{2} \approx 1781 \text{ rpm}$$

Nu de benodigde toerentallen in het mechanische domein bekend zijn kan verder worden gegaan met de benodigde koppel die de haspel ondergaat ten gevolge van de belasting die door de sporter wordt uitgeoefend. Volgens 7.4.3.; eis 15 bedraagt de minimale trekkracht op het snoer 5 kg ($F_{\text{snoer}} \approx 50$ N). Door middel van de volgende formule kan de koppel op de haspel worden bepaald:

$$M_{\max,H} = F_{\text{snoer}} * r_{\max} = 50 * 20 = 1000 \text{ Nmm} = 1 \text{ Nm}$$

$$M_{\min,H} = F_{\text{snoer}} * r_{\min} = 50 * 13,5 = 675 \text{ Nmm} = 0,675 \text{ Nm}$$

9.4.6. Dimensioneren van de haspel

Aan de hand van de verkregen data in voorgaande paragrafen kan worden bepaald of de BLDC motor in staat is om het snoer op spanning te houden tijdens een training en daarbij voldoende koppel kan creëren om de sporter voldoende weerstand te bieden. Hiervoor is een geschikte overbrenging gekozen om het toerental van de haspel af te stemmen op het toerental van de BLDC motor, zodat het snoer op spanning blijft gedurende de gehele beweging. Doordat het toerental continue varieert tussen 1435 - 2127 rpm is het gemiddelde ervan genomen ($n_{\text{gem},H} = 1781$ rpm).

De geselecteerde BLDC motor heeft volgens de technische specificaties in bijlage J een maximaal toerental van $n_{\max,M} = 6110$ rpm. Op basis van het gemiddelde toerental (1781 rpm) kan een gewenste overbrenging worden berekend met:

$$i = \frac{n_{\max,M}}{n_{\text{gem},H}} = \frac{6110}{1781} = 3,43$$

Er is daarom een overbrenging geselecteerd met een minimale reductie van 3,5:1. met een maximaal rendement van 90%. Verder heeft het toerental van de BLDC motor een relatie met de koppel die door de BLDC motor geleverd kan worden. Er kan op basis van de technische specificaties van de geselecteerde BLDC motor een voorspelling worden gedaan over de koppel die bij het specifieke toerental hoort.

Uit de technische specificaties worden de toerental-koppelconstante (4,26 rpm/mNm) gebruikt voor het bepalen van de aanwezige koppel bij een gesteld maximaal toerental van 2127 rpm en gemiddeld toerental van 1781 rpm:

$$T_{\min,M} = \frac{n_{\min,H}}{4,26} = \frac{1435}{4,26} = 336,85 \text{ mNm} \approx 0,337 \text{ Nm}$$

$$T_{\text{gem},M} = \frac{n_{\text{gem}}}{4,26} = \frac{1781}{4,26} = 418,075 \text{ mNm} \approx 0,418 \text{ Nm}$$

$$T_{\max,M} = \frac{n_{\max}}{4,26} = \frac{2127}{4,26} = 499,3 \text{ mNm} \approx 0,5 \text{ Nm}$$

Op basis van deze uitkomst kan gesteld worden dat de koppel van de BLDC motor nog niet groot genoeg is om 50 Newton trekkracht op het snoer te weerstaan, maar met planetaire overbrenging 3,15:1 (incl. 90% rendement) kan de koppel worden verhoogt tot:

$$T_{aandrijving} = T_{BLDC\ motor} * 3,15 = 0,5 * 3,15 = 1,575\ Nm$$

Deze overbrenging zorgt er dan voor dat de BLDC motor met een maximaal toerental een koppel van 1575 mNm (1,58 Nm) kan leveren. Het rendement van de BLDC motor bedraagt maximaal 85%, zodat een koppel van maximaal 1338,75 mNm (1,34 Nm) behaald kan worden. Wat overeenkomt met een trekkracht van:

$$T_{max,M} = F_{snoer} * r_{max} \rightarrow F_{snoer} = \frac{1338,75}{20} = 66,9375 \approx 67\ N$$

Vervolgens wordt het vermogen bepaald onder invloed van de variabele rotatiesnelheden van de haspel met een gerelateerde koppel volgens de volgende formule:

$$P = T\omega \rightarrow \text{met } \omega = 2\pi f, \text{ en } f = \frac{n}{60} \text{ geeft:}$$

$$P = T * 2\pi * \frac{n}{60} \text{ invullen geeft:}$$

$$P_{el,min} = T_{min,M} * 2\pi * \frac{n_{min,H}}{60} = 0,337 * 2\pi * \frac{1435}{60} = 25,32\ W \approx 25\ W$$

$$P_{el,gem} = T_{gem,M} * 2\pi * \frac{n_{gem,H}}{60} = 0,418 * 2\pi * \frac{1781}{60} = 38,97 \approx 39\ W$$

$$P_{el,max} = T_{max,M} * 2\pi * \frac{n_{max,H}}{60} = 0,5 * 2\pi * \frac{2127}{60} = 55,68 \approx 55,7\ W$$

Conclusie

Uit deze analyse kan worden aangenomen dat de geselecteerde BLDC motor (70 W Maxon EC 45 flat Ø45 mm) en de planetaire overbrenging (GP 42 C Ø42 mm) met de ontworpen haspel geschikt zullen zijn voor de toepassing. De BLDC motor zal over het algemeen worden aangedreven met een vermogen van 39 Watt om het snoer op spanning te houden gedurende training.

Bij maximale inspanning van de sporter kan de opgelegde trekkracht van 50 Newton worden weerstaan. De BLDC motor zal dan kortstondig met een vermogen van 55,7 Watt moeten worden aangedreven. Met een maximale koppel van 1,34 Nm kan de sporter zo'n 6,7 kg trekkracht uitoefenen op de aandrijving. Dit is hoger als de gestelde eis (7.4.3.; eis 15). Daarbij wordt ook voldaan aan de relatie 9.3.1.c. aangezien de maximale koppel van de elektromagnetische hysteresis slipkoppeling op 0,5 Nm ligt en deze dus lager is dan die van de BLDC motor. In het werkingsmechanisme zal dus in weerstandniveaus kunnen worden gevarieerd van 0 - 0,5 Nm, wat overeenkomt met een maximale trekkracht op het snoer van 2,5 kg. Hiermee wordt niet aan de gestelde eis (7.4.3.; eis 15) voldaan.

In onderstaande raming zijn de hoofdcomponenten in opgenomen en geeft een indicatie van de schatting duurste zijn en/of zwaarste componenten binnen het werkingsmechanisme. Aan de hand van deze kosten en gewicht kan de haalbaarheid worden beoordeelt.

Ramingen

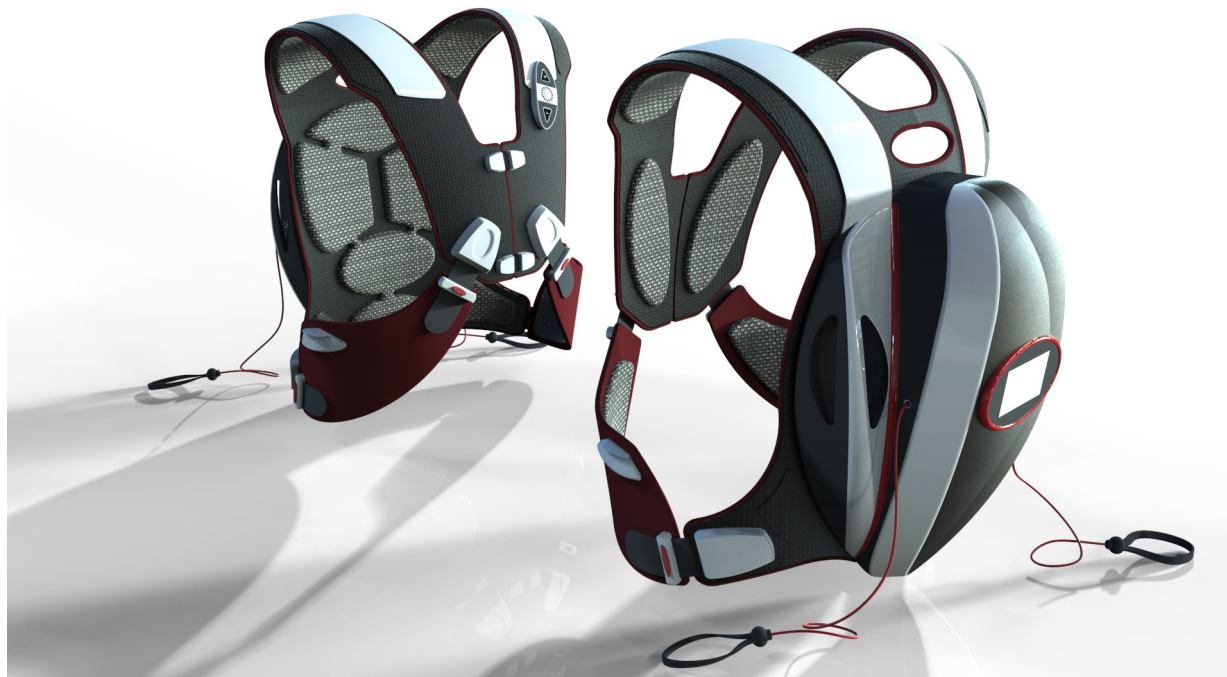
Component	Prijs	Gewicht
70 W Maxon EC 45 flat Ø45 mm (2x)	€ 233,46	0,28 kg
GP 42 C Ø42 mm (2x)	€ 438,00	0,52 kg
Ogura model 5.0 (2x)	€ 2028,40	3,4 kg
Batterij (1x)	≈ € 200	≈ 2 kg
Overige componenten (hardware)	≈ € 100	≈ 0,3 kg
Totaal	≈ € 3000	≈ 6,5 kg

10.1. Omschrijving

Binnen de concept uitwerkingsfase is er een eindontwerp tot stand gekomen. In dit hoofdstuk wordt het eindontwerp gepresenteerd en worden een aantal functionele gebruikstoepassingen behandeld.

De FINNFIT is vormgegeven in een compacte “rugzak” en is hoofdzakelijk samengesteld uit een vest met een kunststof behuizing. Het vest is ontworpen vanuit een one size fits all principe. Door meerdere gespen kan iedere gebruiker het vest afstemmen op het lichaam, zodat een gewenste pasvorm worden verkregen voor de training.

In de behuizing van de FINNFIT wordt het magnetisch werkingsmechanisme geïntegreerd en wordt op de rug gedragen. Een gebalanseerde verdeling van het gewicht met efficiënt gebruik van de beschikbare ruimte. De behuizing bestaat uit twee separate behuizingsdelen, hierdoor kan o.a. (de-)montage en onderhoud van het werkingsmechanisme worden gedaan. De behuizing heeft een modern/futuristisch vormgeven en is rekening gehouden met aërodynamica, zodat bij outdoor sporten zoals bijvoorbeeld schaatsen minder luchtweerstand wordt ondervonden.



Eindontwerp

Fig. 48:

10.2. Kleurstellingen

Verschiedende kleurstellingen zijn gemaakt voor een bijpassende uitstraling voor de doelgroep. Tevens om een indruk te krijgen voor materiaalkeuzes, productie en assemblage mogelijkheden. De voorkeur gaat uit naar het model linksboven (zie fig. 49)

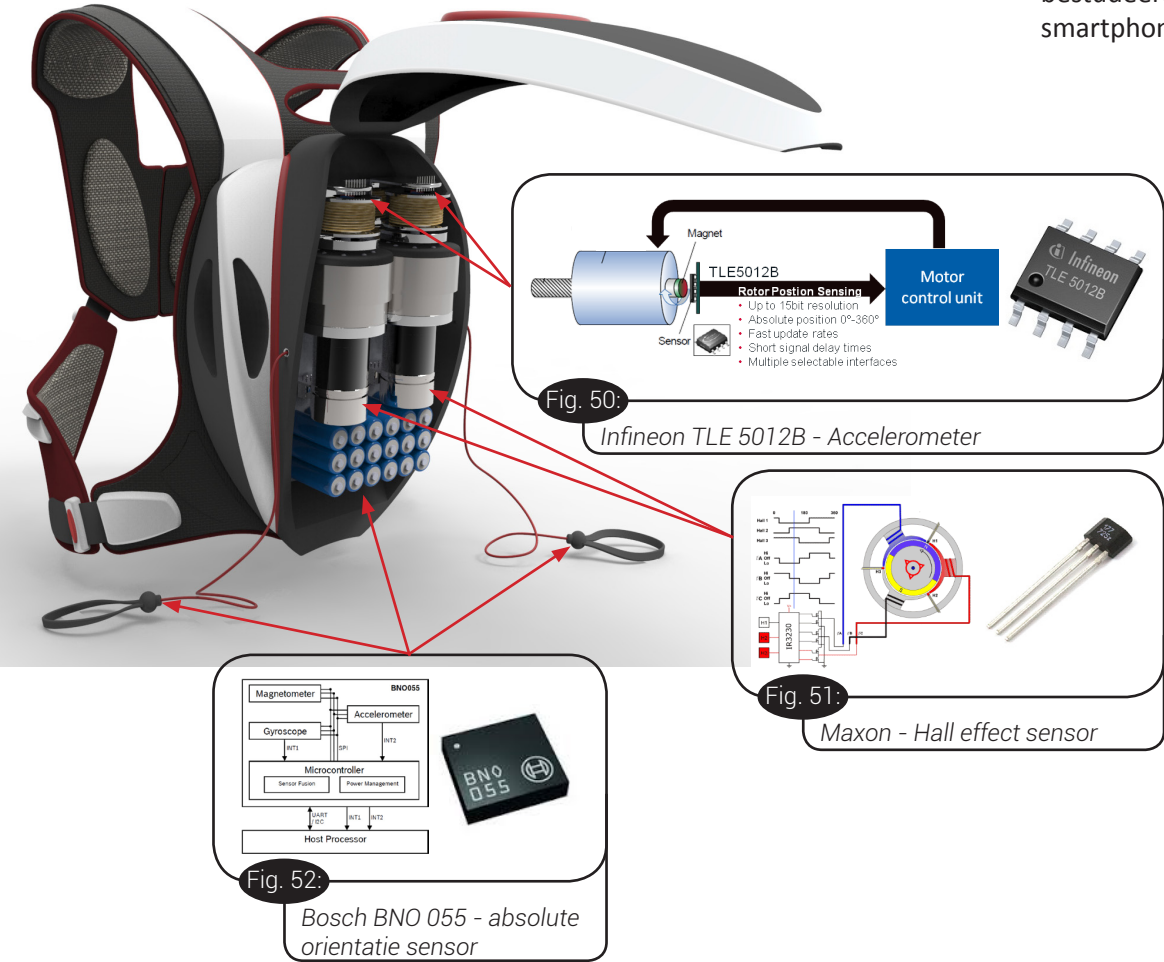


Fig. 49:

Relatiematrix voor het berekenen van de benodigde randvoorwaarden aan het werkingsmechanisme

10.3. Sensoren en plaatsing

In het onderstaande figuur van het eindontwerp is de plaatsing van het werkingsmechanisme in de behuizing weergegeven, hierin zijn de geselecteerde sensoren (9.1.3.) in opgenomen.



10.4. Display en bediening

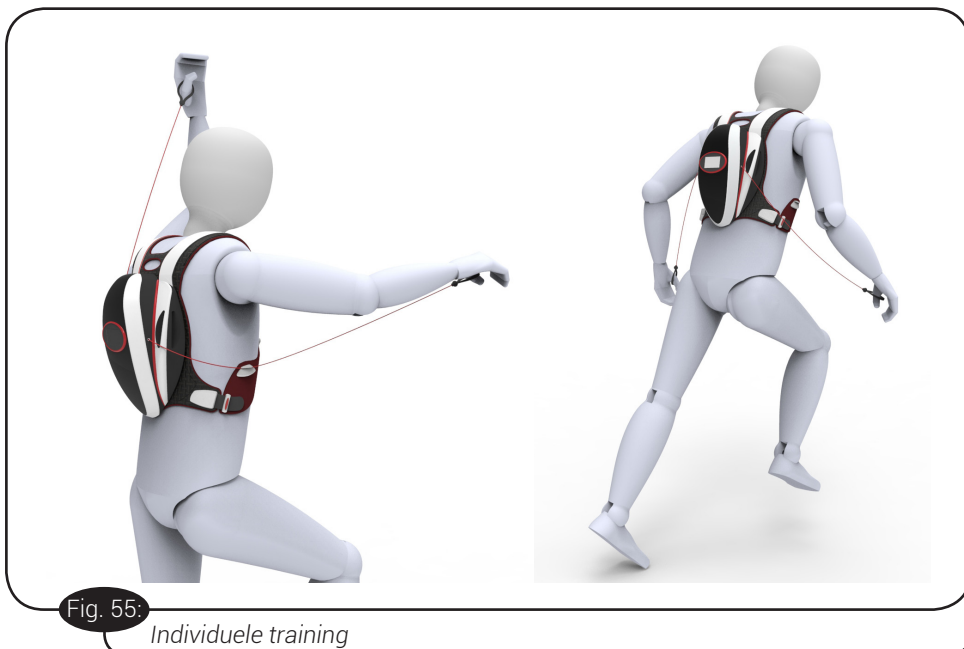
Met het touchscreen/bedieningspaneel kan het weerstandsniveau in kleine stappen naar boven of beneden worden aangepast, kan het toestel worden aan- of uitgeschakeld en een kleine LED indicator geeft aan wat de batterijreserve is. Op het touchscreen worden configuratie en kalibratiegegevens ingesteld. Het trainingsprogramma worden geladen en na afloop de prestatie worden bestudeerd. Deze data kunnen via een applicatie ook simultaan op een smartphone worden uitgelezen.



10.5. Mogelijkheden voor gebruik

De FINNFIT is geschikt voor verschillende trainingsdoeleinden voor een in- en outdoor omgeving. In deze paragraaf worden een aantal suggestieve mogelijkheden weergegeven.

10.5.1. Functional training & Outdoor sports (individueel)



Geschikt voor o.a.:

- indoor activiteiten:
fitness
- outdoor activiteiten:
hardlopen, joggen, trailrunning, schaatsen e.d.
balsporten: tennis, honkbal, basketbal, golfen, hockey
atletiek: speerwerpen, kogelstoten, discuswerpen

10.5.2. Bodyweight & HIIT training (individueel)

De FINNFIT is afneembaar van het vest. Hierdoor wordt het toepassingsbereik en de functionaliteit van de FINNFIT sterk vergroot. Denk daarbij aan oefeningen die kunnen worden gedaan met medicijnballen en kettlebells (zie bijlage R).



10.5.3. Personal training & Fysiotherapie (Samen)



Personal training & Fysiotherapie

Fig. 57:

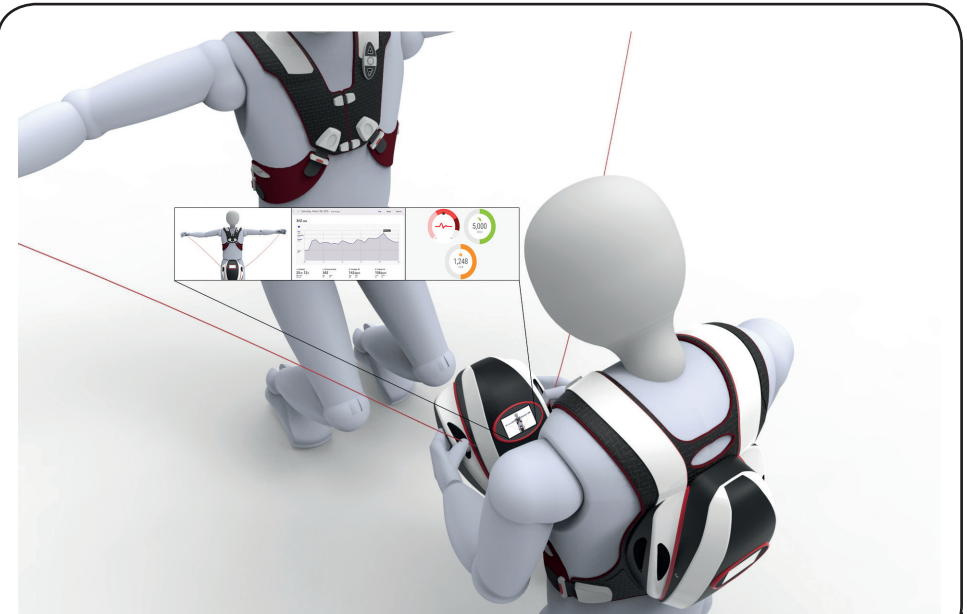


Fig. 58:

Trainer/partner begeleid de sporter

Trainer krijgt direct inzicht in sport prestaties:

- Trainer kan de sporter direct feedback geven over de training
- Trainingsgeschiedenis opbouwen
- Geschiedenis reflecteren op huidige training
- Trainer heeft de handen aan het stuur.
- Trainer kan variëren in weerstandsniveaus.
- Volgen van een trainingsprogramma

10.6. Geleiding van het snoer en bescherming

Op het vest van de FINNFIT zit aan weerszijde een functionele uitbreiding voor de training in de vorm van een geleider (zie vergrootte afbeelding in figuur 59). Deze geleider is zodanig vorm gegeven dat het snoer wordt onderschept bij elevatie (voor bescherming van oksel) en dat er verschillende spiergroepen selectief worden getraind.

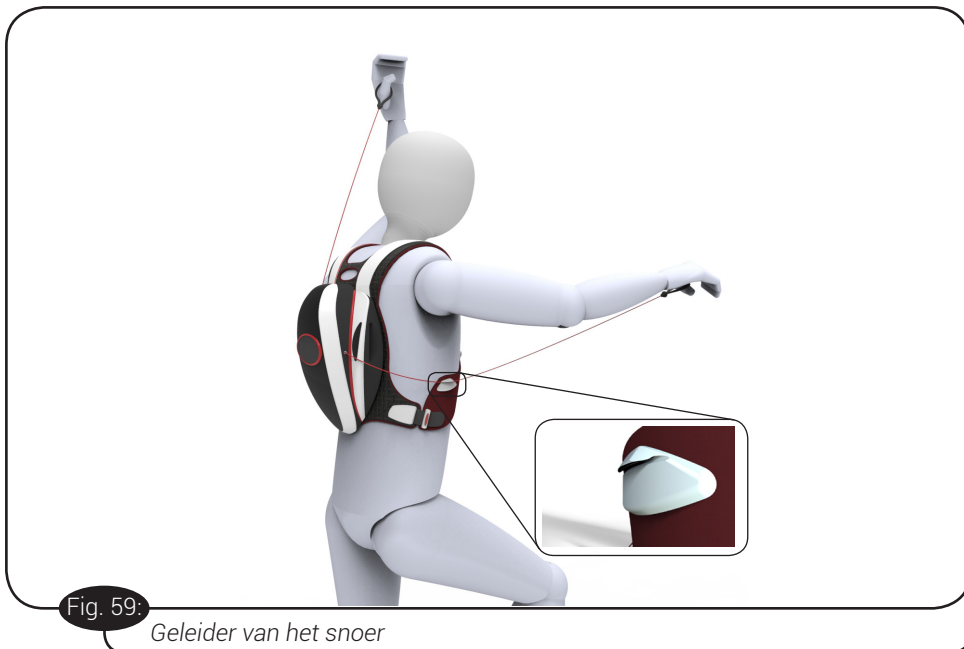


Fig. 59:

Geleider van het snoer

CONCLUSIES & AANBEVELINGEN

Voor een goede beschrijving is de conclusie gesegmenteerd in logische onderdelen. Dit bevordert de leesbaarheid en het begrip. Natuurlijk staan functie, uiterlijk design en controle niet los van elkaar.

Analyse: De commerciële fitnessmarkt blijkt geconsolideerd (volwassen markt). De thuisgebruikers markt blijkt vele malen groter. De opdrachtgever heeft daarom deze bachelor eindopdracht, het ontwerpen van de FINNFIT, te richten op de thuisgebruikers markt. Fitnessbeoefenaars willen een vrije keuze om te sporten waar en wanneer deze dit wil. De trends op het gebied van “Bodyweight training” en “High Intensity Interval Training” blijken zeer interessant voor de FINNFIT. Vanwege het mobiele karakter van de FINNFIT lijkt een combinatie met populaire outdoor sportactiviteiten zoals hardlopen, joggen, trailrunning etc. erg geschikt. Met de FINNFIT kan ook een koppeling worden gemaakt met moderne lifestyle en fitness trackers die sterk in ontwikkeling zijn. Op basis van deze behoeften- en motivatie-analyse van de fitness- en outdoor sporters doelgroep past de FINNFIT in deze ontwikkeling. De kracht van de FINNFIT is de nieuwe dimensie die wordt geboden in deze combinatie van tracking, vrijheid en flexibiliteit waarbij de sporter creatief kunnen omgaan met de training, individueel, met partner of in groepen. Deze combinatie bezitten stationaire fitnessapparaten met High-End ergometer functies zoals roeitrainers niet. De unieke combinatie met ergometer functies plaatst de FINNFIT in een ander segment ten opzichte van de Low-End concurrenten “DISQ” en “MASS SUIT”.

Mechanisch werkingsprincipe: De keuze voor een op constante snelheid draaiende opwikkende elektromotor met een elektromagnetische slipkoppeling, die zorgt voor de juiste weerstand, maakt een zeer accurate regeling van de lineaire belasting in beide richtingen van beweging mogelijk. Tijdens het afwikkelen zorgt de tegengesteld draaiende opwikkende motor voor de nodige weerstand, die wordt gereguleerd door meer-of minder slip van de koppeling. Voor een juiste belasting tijdens het opwikkelen is de rotatiesnelheid van de motor groter dan nodig voor het opwikkelen en samen met de slip van de koppeling wordt ook tijdens het opwikkelen een nauwkeurige belasting voor de sporter gegenereerd. Doelstelling is dat beide krachten instelbaar vergelijkbaar zijn.

Uiterlijk design: Door de keuze voor een deels “harde behuizing” rugzak kan de relatief grote aandrijving goed worden verwerkt. Het zwaartepunt van de rugzak ligt zo dicht mogelijk bij de rug waardoor het extra gewicht minder belastend is voor de sporter. Door het begeleiden van de snoeren over of onder de schouder kunnen verschillende spiergroepen selectief worden getraind. De rugzak is zo ontworpen dat een goede warmteafgifte van de rug mogelijk is en indien nodig zullen extra (actieve) ventilatievoorzieningen worden toegepast.

Door de mogelijkheid de rugzak ook los te hanteren wordt de functionaliteit sterk vergroot, verschillende medicijnbal en/of kettlebell trainingen kunnen worden gedaan. Maar ook een 1-op-1 begeleidde training is hierdoor mogelijk voor personal training en sportfysiotherapie.

Training: De lineariteit van de belasting is een van de belangrijkste en functioneel onderscheidende eigenschappen van de FINNFIT en plaatst de FINNFIT spierfysiologisch gezien tussen de professionele stationaire apparaten. Tijdens elke beweging worden de spieren met een constante weerstand getraind.

Computerregeling en programmatuur: De elektromotor zal worden ingesteld op een toerental voor een maximaal koppel. De weerstandsregeling zal worden ondersteund middels sensoren, waaronder een accelerometer op de haspel voor de snelheid en richting. Er dient een prototype gemaakt te worden om de werking te verklaren. Aan de hand van een prototype kan gekeken worden of het systeem onder een continue slip-conditie moet werken. In dit geval zal een vertraging van de beweging aan het eind van de slag moeten worden gezien en het computerprogramma zal reageren met een verlaging van slip, bij het begin van de slag is dit natuurlijk andersom. Voordat een werkend systeem zal kunnen worden gepresenteerd zal nog tijd gestoken moeten worden in deze sturing, de regelvoorzieningen, sensor-details en de HMI voor het fitnessprogramma. In deze bachelor eindopdracht is de aanzet hiertoe gegeven maar verdere uitwerking zal nog noodzakelijk zijn.

Aanbeveling is om een prototype van de FINNFIT te bouwen waarin onderstaande aanvullingen kunnen worden verwerkt. Hiermee zou kunnen worden aangetoond dat de FINNFIT haalbaar is.

De veelzijdige training die met de FINNFIT mogelijk zal zijn, zal nog enkele snoer-katrolpunten op knieën, enkels en andere buigpunten vereisen. Aan het ontwerp van deze extensies ben ik nog niet toe gekomen, net zoals een ophangstelsel voor het afneembaar maken van de behuizing, ergonomisch gevormde handgrepen en handgreep docking-punten en het snoerontwerp, in combinatie met de katrollen en geleiders zal aandacht nodig zijn om te voorkomen dat er statische ladingen worden opgewekt.

De FINNFIT is in potentie een “maatje” voor de sporter en de programmatuur zal zeer belangrijk worden om de sporter te blijven uitdagen om daarmee een duurzame fitness te realiseren.

Belangrijke aandachtspunten voor de ontwikkeling van de FINNFIT zijn de warmtedissipatie van de sporter en daarmee samenhangend het comfort en de vorm van het rugdeel. Ook de warmteontwikkeling van de elektromagneet en -motor en de dissipatie van deze, moeten nog goed worden onderzocht. Een vergroting van de krachtrange door toepassing van een nieuwe elektromagnetische slipkoppeling is aan te bevelen.

Aanvullend marktonderzoek is noodzakelijk om te beoordelen of een economisch model kan worden opgesteld waarbij marktintroductie kan worden gedaan eerst via sportscholen, personal training, fysiotherapie en ruimtevaart waarna de FINNFIT beschikbaar komt voor de consumentenmarkt.

BRONNENLIJST

Levitt, T. (1965). Exploit the product life cycle. *Harvard Business Review*, volume 43, november-december 1965, 81-94

IHRSA (2012). *The IHRSA Global Report 2012*. Boston: IHRSA.

Physical Activity Council "PAC" (2014). The Physical Activity Council's annual study tracking sports, fitness and recreation participation in the USA. *2014 Participation Report*.

Sports & Fitness Industry Association (SFIA) (2012). The annual review of fitness participation in america. *Tracking the Fitness Movement Report*.

Verschoor, G. (2013). Het Fitnesscentrum in beeld. Van Spronsen & Partners horeca-advies, Geraadpleegd van www.spronsen.com/nl/brancheinformatie.

Eurobarometer (2010). *Survey on Sport and Physical Activity* (Special Eurobarometer 334/wave 72.3). Brussel: Europese Commissie.

Hover, P., Hakkers, S., & Elling-Machartzki, A. (2012). Fitness in cijfers. Arko Sports Media, 31-53.

Breedveld, K. (2006). Verschillen in sportdeelname. In: K. Breedveld & A. Tiessen-Raaphorst (red.), *Rapportage Sport 2006* (pp. 299-321). Den Haag: Sociaal en Cultureel Planbureau.

Andreasson, J., & Johansson, T. (2014, April). The Fitness Revolution. Historical Transformations in the Global Gym and Fitness Culture. *Sport Science Review*, vol. XXIII, 92-112.

Patton, R. W., McGuire, A., Greenleaf, C., & Jackson, A. (2011, May). Sex differences in fitness equipment use. *ACSM'S Health & Fitness Journal*, 15(3), 15 - 18.

SFIA (2012, May 23). *SGMA's Wholesale Study Reports \$77+ Billion In Sales*. Geraadpleegd van [https://www.sfia.org/press/464_SGMA%27s-Wholesale-Study-Reports-\\$77%2B-Billion-In-Sales](https://www.sfia.org/press/464_SGMA%27s-Wholesale-Study-Reports-$77%2B-Billion-In-Sales)

Hover, P., Hakkers, S., & Breedveld, K. (2012). Trendrapport fitnessbranch 2012. *Mulier instituut, Arko Sports Media*.

Rabobank (2014). Rabobank Cijfers & Trends. *Branche-informatie Fitnesscentra 2014*. Utrecht: Rabobank.

Rabobank (2015). Rabobank Cijfers & Trends. *Branche-informatie Fitnesscentra 2015*. Utrecht: Rabobank.

Louwen, F., & Hoogwerf, I. (2014). Ontwikkelingen sportdeelname 2012 - 2014. NOC*NSF Sportdeelname index Achmea sport index t/m 18. Geraadpleegd van www.nocnsf.nl/stream/ontwikkelingen-sportdeelname-2012-2014.

Marketing Media (2005). Exercise Equipment. *IndustryIQ*, Geraadpleegd van www.IndustryIQ.biz.

Zanten, K. v., Montijn, F., Boer, M. d., Gerrita van der Veen, & Lokerman, J. W. (2010). *Fitness in Beweging*. Utrecht, NL: Syntens, Fit!vak en Hogeschool Utrecht.

Klika, B., & Jordan, C. (2013). High-Intensity Interval Training using body weight: Maximum Results With Minimal Investment. *ACSM's HEALTH & FITNESS JOURNAL*, 17(3), 8-13. Geraadpleegd van www.acsm-healthfitness.org.

Outdoor Foundation (2013). Outdoor participation report 2013. *Outdoor Industry Association*, Geraadpleegd van <https://www.outdoorindustry.org>.

Wiggers, H. (2011). Een toekomst voor outdoor fitness in Nederland. *Onderzoek naar de meerwaarde en de succesbepalende condities van outdoor fitness in Nederland*. Groningen: Sport Management Institute.

Wang, J., Li, Y., & Yan, L. (2010). Study on applying the linear Halbach array to eddy current brake system. *International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics*.

Baharom, M.Z., Nuawi, M.Z., Haris, S.M., Priyandoko, G. *Braking Torque Analysis On Electromagnetic Braking Study Using Eddy Current For Brake Disc Of Al6061 And Al7075*. Universiti Kebangsaan Malaysia: Faculty of Mechanical Engineering.

Park, M., Choi, J., Shin, H., & Jang, S. (2014). Torque analysis and measurements of a permanent magnet type Eddy current brake with a Halbach magnet array based on analytical magnetic field calculations. *Journal of Applied Physics*.

Z. Q. Zhu, Z. P. Xia, Y. F. Shi, D. Howe (2003). Performance of Halbach Magnetized Brushless AC Motors. *IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS*, 39(5), 2992-2994.

Livadaru, L., Simion, A., Malanciuc, A., Lazar, F., Munteanu, A., & Vlasceanu, S. (2011). Permanent Magnet synchronous machines with halbach array configurations. *Buletinul AGIR*, 4, 17-22.

Gonzalez, M. I. (2004). Experiments with eddy currents: the eddy current brake. *EUROPEAN JOURNAL OF PHYSICS*, 463-468.

Patterson, D. J., Colton, J. L., Mularcik, B., Kennedy, B. J., Camilleri, S., & Rohoza, R. (n.d.). A Comparison of Radial and Axial Flux Structures in Electrical Machines. *Electrical Engineering Department University of Nebraska*.

Aydin, M., S. Huang, T.A. Lipo (2004). *Axial Flux Permanent Magnet Disc Machines: A Review*.

Zaher, R. A. (2010). Axial Flux Permanent Magnet Motor Csiro. *New frame design, analysis, steady state model and comparison to radial flux permanent magnet motor Biel*.

Mallinson, J.C. (1973). One-Sided Fluxes – A Magnetic Curiosity?. *IEEE Transactions On Magnetics*.

<http://www.statista.com/statistics/236127/us-fitness-equipment-sales-for-home-use/>

<http://www.statista.com/statistics/236125/us-fitness-center-equipment-sales/>

<http://www.statista.com/statistics/413265/health-and-fitness-tracker-worldwide-unit-sales-region/>

<http://www.launchpnt.com/portfolio/transportation/electric-vehicle-propulsion/>

http://www.academia.edu/6532742/Report_FINAL_Halbach_Array

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu>

http://www.compumotor.com/catalog_eng_ref.html

<http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetization>

http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_field

http://en.wikipedia.org/wiki/Halbach_array

BIJLAGE A

● Lifestyle en fitness trackers

Een aantal bedrijven die 'lifestyle/fitness tracking' in combinatie met fitnessapparatuur gebruiken zijn:

- Technogym® + (mywellness® cloud)
- Life Fitness® + (Paofit®)
- Pro-Form®, Nordictrack®, Freemotion® etc. + (Ifit®)

Bedrijven die gebruik maken van 'Lifestyle/fitness tracking' software applicaties vanaf smartphone zonder connectie met fitnessapparatuur (maar wel: smartwatches, kleding en/of virtuele fitness):

Voor consumenten:

- Athos® (i.s.m. smartwatch)
- Samsung® S health (i.s.m. smartwatch)
- Azumio™ Argus
- Apple® health
- Adidas® miCoach

Voor Fitnesscentra:

- Virtuagym™ professional

● Verschillende producten die gebruik maken van een planetaire spiraal veer



(1) Stofzuigers, (2) (luchtslang-)haspels, (3) hondenlijn

Overzicht van concurrerende fitnessapparaten

Cardio training			
"Stationaire" fitnessapparatuur	"Mobiele (draagbare)" fitnessapparatuur		
Loopbanden/ Treadmills		Fitness fietsen (treadmill/stepper bikes)	
Fietsergometer / Armtrainer/ Spinners		Bike-trainers	
Steppers/ Climbmills		Steppers	
Roeitrainers		Duo-trainers	
Crosstrainers/ Ellipticals			
Kracht training			
"Stationaire" fitnessapparatuur	"Mobiele (draagbare)" fitnessapparatuur		
Boven-/onder benen		Boven-/onder rug	
Billen/heupen		Shoulders/deltoiden	
Buik/torso		Armen/biceps/triceps	
Borst		Gewicht assistentie apparaten	

"Mobiele" fitnessapparatuur			
TRX		Halters/Dumbbells	
		Stangen/Barbells	
Rivvl One Rope		Ab sliders	
Functionele training			
"Stationaire" fitnessapparatuur			
Concept2 SkiErg		Ground based functional/plyometric trainers	
			
Functional Fitness Cages/Stations/Rigs		Balance trainers	
Multi-functional Trainers		Mini trampolines	
			
"Mobiele" fitnessapparatuur			
Domyos Gain Trainer		CoreBody Reformer	

Xbase Fitness disc		Weight-vesten	
Gymstick		Powerbag/Fitnessbag/Aguabag	
		Bulgarian bag	
		Kettlebell	
"Draagbare" Fitnessapparaten			
The Disq		Mass Suit	
Power/Speed/Agility/Resistance trainers		Speed-worx Punch-belts	

BIJLAGE C

● Weringsprincipes voor het leveren van weerstand

In fitnessapparaten worden verschillende technieken gebruikt die moeten zorgen voor de weerstand voor de fitnessbeoefenaars. De weringsprincipes die hiervoor gebruikt worden zijn:

- Weerstand d.m.v. vrije gewichten
- Weerstandsbanden
- Weerstandselastieken
- Weerstandsveren
- Luchtweerstand
- Vloeistofweerstand
- Magnetische weerstand

Gezien het feit dat vanuit de opdrachtomschrijving wordt bedoeld op een magnetisch weringsprincipe wordt er verder in de opdracht geen aandacht besteed aan de overige technieken voor het verkrijgen van weerstand voor de fitnessbeoefenaars. Overigens worden de weringsprincipes die bij de directe concurrente producten worden gebruikt wel onder de loep genomen. Zodat de het weringsprincipe van de FINNFIT vergeleken kan worden met de concurrente producten. Tevens worden de ergometer functies met betrekking tot het verkrijgen van inspanning gerelateerde data bekeken.

● Discussie concurrentie:

technische haalbaarheid in relatie tot prijs

Uit de eigenschappen van de concept ontwerpen van het weringsmechanisme en de technische specificaties van de Low-End producten op de markt kan de technische haalbaarheid van de FINNFIT in relatie tot prijs op abstract niveau worden bepaald en aan de hand van de volgende 3 opties worden bekritiseerd:

Optie 1:

FINNFIT (High-End product) is duurder dan de directe concurrent (Low-End product; "THE DISQ" en "MASS SUIT") en voldoet aan alle functionele eisen, zoals vermeld in het programma van eisen (m.b.t. elektrische aansturing, analytisch vermogen etc.)

Optie 2:

FINNFIT (High-End product) is goedkoper dan de indirecte concurrent; stationaire fitness ergometers zoals gebruikt in sportscholen (High-End product; Fitness Ergometers) en voldoet aan alle functionele eisen, zoals vermeld in het programma van eisen m.b.t. elektrische aansturing, analytisch vermogen etc.

Optie 3:

FINNFIT (Low-End product) valt binnen de prijsklasse van de directe concurrent, maar moet hierdoor inleveren op de potentiële functionaliteit van de FINNFIT (High-End apparaat). Deze optie bepaald in wijze de haalbaarheid voor FINN om verder te gaan met de ontwikkeling van de FINNFIT.

Als er op een gegeven moment een keuze moet worden gemaakt voor een bepaalde optie die niet helemaal in lijn ligt met de wensen van de opdrachtgever, doordat de prijs niet helemaal voldoet aan de verwachting. Kan er gekeken worden hoe deze optie misschien marketing technisch toch aantrekkelijk kan worden doordat het product binnen de fitness ergometers kan vallen, waarbij de prijzen van de producten aanzienlijk hoger liggen ten opzichten van de directe concurrenten (Low-End producten). Dit kan wellicht door de klant niet een keuze te geven voor een low-end model, en het high-end model als een nieuwe innovatie betitelen, waardoor hij de concurrentie voorbij loopt qua functionaliteit.

● Marktleiders met hun bijbehorende merken in de fitnessindustrie

ICON	Johnson	Nautilus
 ➤ ICON Health & Fitness, Co. ▪ Freemotion ▪ Gold's Gym ▪ Weider ▪ Reebok Fitness ▪ Weslo ▪ Pro-Form	 ➤ Johnson Health Tech. Co. ▪ Matrix ▪ Vision Fitness ▪ Horizon Fitness ▪ Merit Fitness ▪ AFG Fitness ▪ Tempo Fitness	 ➤ Nautilus, inc. ▪ Bowflex ▪ Schwinn ▪ Universal
Amer sports	Brunswick	Accell Group
 ➤ Amer Sports, Co. ▪ Precor	 ➤ Brunswick, Co. ▪ Life Fitness ▪ Hammer Strength	 ➤ Accell Group, N.V. ▪ Tunturi ▪ Bremshey
Cybex	Technogym	Atlantis
 ➤ Cybex, Co.	 ➤ Technogym, Co.	 ➤ Atlantis
Star Trac	MedX	Powertec
 ➤ Star Trac ▪ Innovex Fitness	 ➤ MedX, Inc.	 ➤ Powertec
Decathlon	Adidas Group	
 ➤ Decathlon ▪ Domyos	 ➤ Adidas Group ▪ Reebok Fitness	 ➤ Body-Solid, inc.

Overzicht fitness industrie marktleiders (met bijbehorende link)	
➤ Johnson Health Tech. Co. (http://www.johnsonfitness.com) ▪ Matrix (http://nl.matrixfitness.com) ▪ Vision Fitness (http://www.visionfitness.com) ▪ Horizon Fitness (http://world.horizonfitness.com) ▪ Merit Fitness (http://www.meritfitness.com) ▪ AFG Fitness (http://www.afgfitness.com) ▪ Tempo Fitness (http://www.tempofitness.com/) ➤ Nautilus, inc. (http://www.nautilus.com) ▪ Bowflex (http://www.bowflex.com) ▪ Schwinn (http://www.schwinnfitness.com) ▪ Universal (http://www.universalhomefitness.com) ➤ Accell group, N.V. (http://www.accel-group.com) ▪ Bremshey (http://bremshey.com) ▪ Tunturi (http://www.tunturi.com) ➤ Brunswick, Co. (http://www.brunswick.com) ▪ Life Fitness (http://www.lifefitness.nl) ▪ Hammer Strength (http://www.lifefitness.nl) ➤ Decathlon (http://www.decathlon.com) ▪ Domyos (http://www.domyos.com)	➤ ICON health & fitness, Co (https://www.iconfitness.com) ▪ Freemotion (http://freemotionfitness.com) ▪ Gold's Gym (http://www.getgoldsgym.com) ▪ Weider (http://www.weiderfitness.com) ▪ Reebok Fitness (http://www.reebokfitness.com) ▪ Weslo (http://www.weslo.com) ▪ Pro-Form (http://www.proform.com) ➤ Technogym (http://www.technogym.com) ➤ Powertec (http://www.powertecfitness.com) ➤ MedX (http://www.medonline.com) ➤ Cybex, inc. (http://www.cybexintl.com) ➤ Atlantis, inc. (http://www.atlantisstrength.com) ➤ Amer Sports, Co. (http://www.amersports.com) ▪ Precor (http://www.precor.com) ➤ Adidas group (http://www.adidas-group.com) ▪ Reebok Fitness (http://www.reebokfitness.com) ▪ Star Trac (http://www.startrac.com) ▪ Innovex fitness (http://www.innovexfitness.nl) ➤ Body-Solid, inc. (http://www.bodysolid.com)

BIJLAGE E

	Omschrijving	Publicatienr.	Publicatiedatum	Uitvinders	Patenteigenaar	Opmerking	Status van betaling	Link
Draagbare fitnessapparaten (met spring/elastic pulley)	Wearable exercise equipment	US20120202658 A1	9-aug-12	Langston G. Menefee, Sr.	Menefee Sr Langston G			http://www.google.com/patents/US20120202658
	Athletic training device	US20130303344 A1	14-nov-13	Kyle Patrick Rasnake	Kyle Patrick Rasnake			http://www.google.com/patents/US20130303344
	Resistive exercise device	US6659921 B2	9-dec-03	Douglas K. Vernon	Douglas K. Vernon	Inspiratie	Verloren	https://www.google.com/patents/US6659921
	Multipurpose modular exercise and fitness apparatus	US8684894 B2	1-apr-14	Thomas S. Flynn	Thomas S. Flynn			http://www.google.com/patents/US8684894
Draagbare fitnessapparaten (met haspel pulley)	Portable handheld exercise apparatus which can be attached to a multiplicity of body parts	US7087001 B1	8-aug-06	Stephen P. Ihli	Stephen P. Ihli	Inspiratie	Betaald	http://www.google.com/patents/US7087001
	Portable exercise apparatus and methods	US8465401 B1	18-jun-13	Stephen P. Ihli, Mark A. Krull	Stephen P. Ihli, Mark A. Krull			http://www.google.com/patents/US8465401
	Exercise resistance methods and apparatus	US8556783 B1	15-okt-13	Stephen P. Ihli, Mark A. Krull	Stephen P. Ihli, Mark A. Krull			http://www.google.com/patents/US8556783
	Portable exercise apparatus	US7955239 B2	7-jun-11	Jeremy J. Wojtkiw, Charles S. Lau	Wholesome Trading Limited			http://www.google.com/patents/US7955239
	Tension line exercise apparatus and method of exercising using a tension line exercise	US7850583 B2	14-dec-10	Aaron L. Smith	Aaron L. Smith	Inspiratie		http://www.google.com/patents/US7850583
	Resistance type exercise device	US6770014 B2	3-aug-04	Robert W. Amore	Robert W. Amore	Inspiratie	Verloren	http://www.google.com/patents/US6770014
	Exercise device with variable resistance	US5733231 A	31-mrt-98	Joshua A. Corn, Scott V. Wells, Steve J. Zwonitzer	Joshua A. Corn	Inspiratie	Betaald	http://www.google.com/patents/US5733231
	Exercise device used for training of e.g. gymnastic exercises	DE102013006000 B3	6-mrt-14	Stefan Bernhard Reichenbach, Tobias René Thieme	Carl Stahl Kromer GmbH			https://www.google.com/patents/DE102013006000B3
	Exercise machine	US20120065034 A1	15-mrt-12	Andrew Robert Loach	Andrew Robert Loach			http://www.google.com/patents/US20120065034
	Compact and light exercise machine providing variable resistance and variable range of motion	US8105214 B2	31-jan-12	Henner Jahns	Henner Jahns	Inspiratie		https://www.google.com/patents/US8105214
Draagbaar fitnessapparaat (met magnetisch variabele weerstand)	Magnetic pulley resistance exerciser	WO 2013111086 A1	8-jan-15	Asaf MANOR, Eldan KER	Kinvestix Ltd.			http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=E
Magnetisch variabele weerstand (met haspel pulley)	Portable training device, in particular for arm exercises	US20130123080	16-mei-13	Michael Failer, Diana FAILER	Michael Failer			https://www.google.nl/patents/US20130123080
	Magnetic tension control weight training machine	US6857993 B2	22-feb-05	Yong-Song Yeh	Yong-Song Yeh	Inspiratie	Betaald	http://www.google.com/patents/US6857993
Magnetisch variabele weerstand (met haspel pulley)	Rope Pulling Exercise Apparatus with Variable Resistance	US20140221179 A1	7-aug-14	Yi-Tzu Chen	Yi-Tzu Chen	Inspiratie		http://www.google.com/patents/US20140221179
	Exercise resistance device with magnets	US6551220 B1	22-apr-03	Duane G. Schroeder	Kurt Manufacturing Company, Inc.	Inspiratie	Betaald	http://www.google.com/patents/US6551220
Magnetisch weerstand + generator	Flywheel assembly for exercise devices	US8701843 B2	22-apr-14	Kuang-Shung Kao	Michael Lin			https://www.google.com/patents/US8701843
	Electrical generator	US8324772 B2	4-dec-12	Dominic Munib Barbar	Dominic Munib Barbar			http://www.google.com/patents/US8324772
	Apparatus, system, and method for generating power for exercise equipment	US20120238406 A1	20-sep-12	David Beard, Si-hyung Lee, Kevin Corbals, Victor Cornejo, Deo Magakat, Shatish Mistry	David Beard, Si-hyung Lee, Kevin Corbals, Victor Cornejo, Deo Magakat	Inspiratie		http://www.google.com/patents/US20120238406
	Abdominal exercise equipment	US8708874 B2	29-apr-14	Jui-Yao CHEN	Tristar Products Inc.	Inspiratie		http://www.google.com/patents/US8708874
	Brake device with built-in power generation mechanism and permanent magnetism eddy current	US20140035414 A1	6-feb-14	Li-Min Hsieh	Chi Hua Fitness Co., Ltd.	Inspiratie		https://www.google.com/patents/US20140035414
	Permanent magnet eddy current brake with integrated power generating function	DE202012007256 U1	20-aug-12	Chi Hua Fitness Co., Ltd		Inspiratie		http://www.google.com/patents/DE202012007256U1?cl=en
	Braking assembly with manageable self-generating power energy	US6952063 B1	4-okt-05	Yu-Yu Chen	Yu-Yu Chen	Inspiratie	Verloren	https://www.google.nl/patents/US6952063
	Brake device with a combination of power-generating and eddy-current magnetic resistance	US6084325 A	4-jul-00	Cheng-Chien Hsu			Betaald	http://www.google.com/patents/US6084325
	Combined generator with built-in eddy-current magnetic resistance	US7732961 B2	8-jun-10	Lily Lin	Lily Lin	Inspiratie	Verloren	http://www.google.com/patents/US7732961
	Load applying device for exercisers	US6273845 B1	14-aug-01	Giann Bang Liou	Giann Bang Liou		Betaald	http://www.google.com/patents/US6273845
Overige	Magnetic spring and actuators with multiple equilibrium positions	US7265470 B1	4-sep-07	Bradley Evan Paden, Chen Chen, Orlo James Fiske	Launchpoint Technologies, Inc.		Betaald	http://www.google.com/patents/US7265470
	Variable magnetic resistance unit for an exercise device	US7011607 B2	14-mrt-06	Clint D. Kolda, Chang Shin Pin, Zhu Zhao Hua	Saris Cycling Group, Inc.			http://www.google.com/patents/US7011607
	Magnetically variable air resistance wheel for exercise devices	US5051638 A	24-sep-91	Nathan Pyles	Nathan Pyles	Inspiratie	Verloren	http://www.google.com/patents/US5051638
	Braking device for indoor exercise bicycles	US5236069 A	17-aug-93	Yee-Hong Peng	Peng, Huan-Yau	Inspiratie	Betaald	http://www.google.com/patents/US5236069
	Exercise device with an adjustable magnetic resistance arrangement	US6964633 B2	15-nov-05	Clint D. Kolda, Chang Shin Pin	Saris Cycling Group, Inc.		Betaald	http://www.google.com/patents/US6964633
	Magnetic controlled loading device in combination of a power generating set and an adjusting drive mechanism	US7018324 B1	28-mrt-06	Lily Lin	Lily Lin	Inspiratie	Verloren	https://www.google.com/patents/US7018324
	Permanent-magnet generator	US7531931 B2	12-mei-09	Mitsuharu Hashiba, Nobuhiro Kihara	Mitsuharu Hashiba, Nobuhiro Kihara		Betaald	https://www.google.com/patents/US7531931
	Speed control system	US20110313607 A1	22-dec-11	Stanley J. Checketts, Val Simmons	Checketts Stanley J, Val Simmons	Inspiratie		https://www.google.nl/patents/US20110313607
	Bicycle Trainer with Variable Magnetic Resistance to Pedaling	US20130079199 A1	28-mrt-13	Brian H. Hamilton	Brian H. Hamilton			http://www.google.com/patents/US20130079199
	Portable fitness apparatus	WO2012165945 A1	6-dec-12	Robbert Jacobus Johannes BOEKEMA	R.J.J. Boekema Holding & Management B.V.			http://www.google.com/patents/WO2012165945A1?cl=en
DISQ	Wearable device for guiding a line of a fitness apparatus	WO2014137210 A2	12-sep-14	Robbert Jacobus Johannes BOEKEMA	Intellect B.V.			https://www.google.com/patents/WO2014137210A2
	Magnetic pulley resistance exerciser	WO2013111086 A1	1-aug-13	Asaf MANOR, Eldan KER	Kinvestix Ltd.			https://www.google.com/patents/WO2013111086A1?cl=en
Remsysteem	Fitness article	USD688755 S1	27-aug-13	Erik Oriesen	Intellect B.V.			https://www.google.com/patents/USD688755
	Eddy current brake	US6659237 B1	9-dec-03	Edward M. Pribonic	Magnetar Technologies, Ltd		Betaald	http://www.google.com/patents/US6659237
	Permanent magnet brake mechanism	US6293375 B1	25-sep-01	Chun-Feng Chen	Chun-Feng Chen		Verloren	https://www.google.nl/patents/US6293375
	Magnetic adjustable loading wheel for an exercise apparatus	US6345703 B1	12-feb-02	Juei-Tang Peng	Juei-Tang Peng		Verloren	https://www.google.nl/patents/US6345703
	Eddy current braking system	US5031900 A	16-jul-91	John C. Leask	Engineering Dynamics Corporation		Verloren	https://www.google.nl/patents/US5031900
	Rowing exerciser with magnetic resistance	US5916069 A	29-jun-99	Leao Wang, Peter Wu	Leao Wang, Peter Wu		Verloren	https://www.google.nl/patents/US5916069
	Control mechanism for use in magnetically operated wheels	US6585087 B2	1-jul-03	Wan-Tzu Lin	Yuan Ho Chuen Co., Ltd.		Betaald	https://www.google.nl/patents/US6585087
	Inclining treadmill with magnetic braking system	US7862483 B2	4-jan-11	Rick W. Hendrickson, Greg W. Law, Rodney L. Christopher James ALLINGTON, Andrew Karl Diehl, Bruce John Robertson	Icon Ip, Inc.		Betaald	https://www.google.nl/patents/US7862483
	Line dispensing device with eddy current braking for use with climbing and evacuation	US8490751 B2	23-jul-13	Bruce John Robertson	Holmes Solutions Limited	Inspiratie		https://www.google.nl/patents/US8490751
	Braking mechanisms	US20120055740 A1	8-mrt-12	Bruce John Robertson	Holmes Solutions Limited			https://www.google.com/patents/US20120055740
Motoren	Adjustable magnetic brake	US5096024 A	17-mrt-92	Hung-Chi Wu	Wu Hung Chi		Verloren	https://www.google.com/patents/US5096024
	Lightweight and efficient electrical machine and method of manufacture	US20130002066 A1	3-jan-13	Geoffrey A. Long	Launchpoint Technologies, Inc.			https://www.google.com/patents/US20130002066
Magneet veer	Electric machine	US5705902 A	6-jan-98	Bernard T. Merritt, Gary R. Dreifuerst, Richard F.	The Regents Of The University Of California		Betaald	http://www.google.com/patents/US5705902
	Halbach array generator/motor having mechanically regulated output voltage and mechanical power output	WO2003021752 A1	13-mrt-03	Richard F Post	Univ California			http://www.google.com/patents/WO2003021752A1?cl=en
Magneet veer	High energy density magnetic springs using spatially modulated magnetic fields technology	US20130341137 A1	26-dec-13	Nilesh D. Mankame, Paul E. Krajewski, Roy J. Mathieu, Albert H. Butlin, JR., Paul W. Alexander	GM Global Technology Operations LLC			https://www.google.com/patents/US20130341137

● Analyse van de trainingsbehoeften

In de afgelopen 50 tot 75 jaar heeft onderzoek naar weerstandstraining en de toepassing ervan op de gezondheid en sport geleid tot een substantiële basis kennis op het gebied van gezondheid en sport. In dit analyse naar de trainingsbehoeften wordt voornamelijk de nadruk gelegd op het gebruik van weerstandstraining in de sport. Het gezondheidsaspect (sportfysiologie) van weerstandstraining wordt niet behandeld. Fleck and Kreamer nemen de volgende punten in acht voor het ontwerpen en voorschrijven van een weerstandstraining voor atleten;

- Trainingsvoorschriften
- Soort training
- Frequentie deelname
- Trainingsduur
- Intensiteit van de training

Er wordt gekeken naar de trainingsbehoeften van de atleet via een volgende analyse:

Welke (grootste) spiergroep moet worden getraind?

Bij het 'fysiek dragen' van de FINNFIT zal het zich primair richten op alle spieren in de bovenste en onderste extremiteiten (ledenmaten), plus de borst, schouders en buik. Het trainen van de rug zal minder aandacht krijgen doordat deze beperkt wordt ten gevolgen van de draagbaarheid en deze ter hoogte van de rug zal moeten worden gedragen. Echter kan de FINNFIT ook zo worden ontworpen dat het in contact kan worden gebracht met een oppervlak (monteren op iets anders) zodat het product niet fysiek gedragen hoeft te worden en een veelvoud aan andere oefeningen kunnen worden verkregen.

Welke soort weerstandstraining moet worden gevolgd om het gewenste resultaat te behalen (verbeteren van kracht, power etc.)?

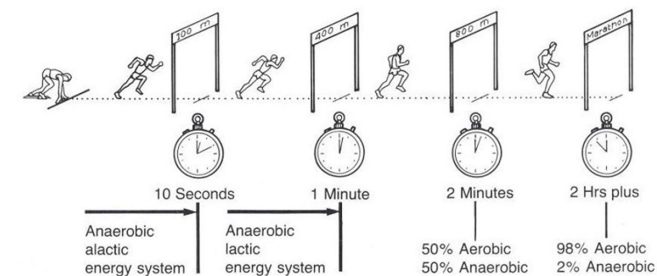
De FINNFIT richt zich op de vrijelichaam weerstandstraining vorm binnen de functionele training apparaten, in deze vorm van weerstandstraining wordt de nadruk gelegd op snelheid, kracht en duur training. De mate waarin de sporter weerstand in zijn of haar training oplegt is geheel vrijblijvend en is afhankelijk van het gewenste resultaat.

Op welk energie systeem moet de nadruk worden gelegd?

Met de FINNFIT zal de nadruk het meest gelegd worden op de aerobe en het anaerobe energie systemen. Onderstaande figuur geeft een illustratie van op welk moment een energie systeem wordt aangepakt.

Hoe kan de kans op blessures worden voorkomen?

Trainen met de FINNFIT zal geheel vrijblijvend zijn, de mate waarin blessures voorkomen kunnen worden heeft alles te maken met de weerstand waarmee de atleet zal trainen. Over het algemeen zullen blessures minder snel optreden als er met minder weerstand wordt getraind. Gezien het feit dat de FINNFIT bestemd is voor vrije lichaamstraining doeleinden kan er worden aangenomen dat de kans op blessures minder aanwezig is al bij trainingen waarbij een vergrootte kracht is vereist.



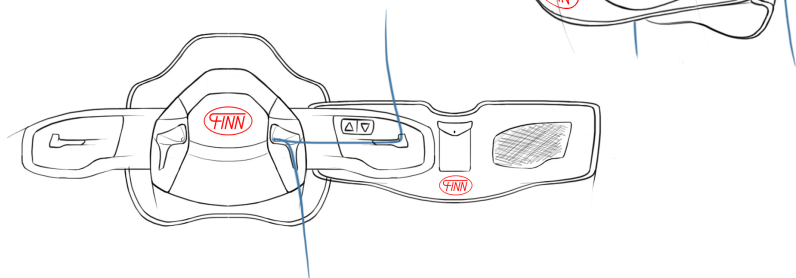
BIJLAGE G

● Schetsontwerpen van uiterlijk product

FINNFIT_{lite}

Light Weight Functional Trainer:

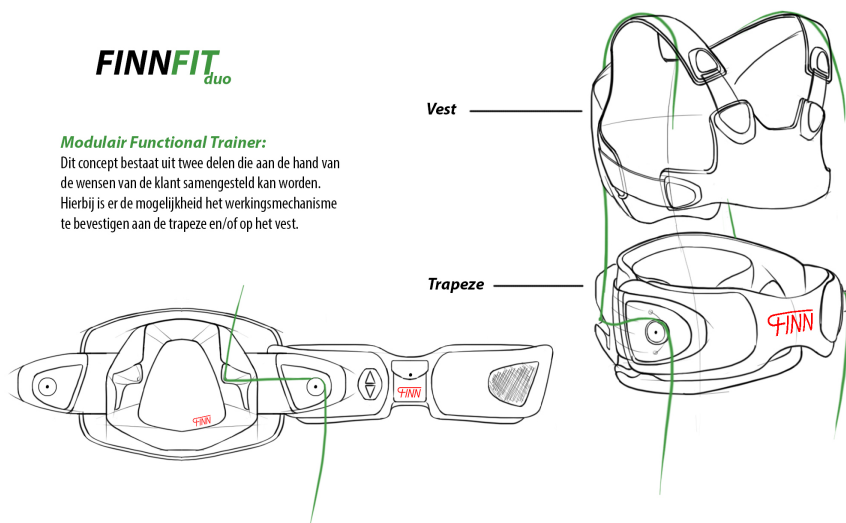
Dit concept is geïnspireerd op een watersport trapeze, en bezit een optimale ondersteuning van de onderrug. De trapeze zorgt ervoor dat het gewicht wordt verdeeld over het lumbale deel van de rug, waardoor het product een prettige pasvorm bezit.



FINNFIT_{duo}

Modulair Functional Trainer:

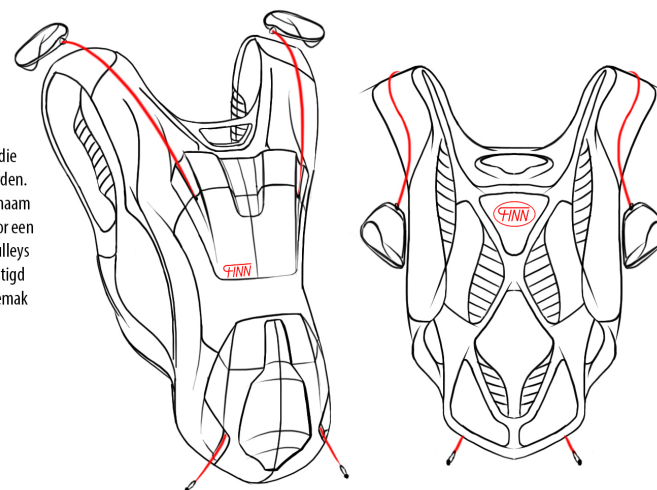
Dit concept bestaat uit twee delen die aan de hand van de wensen van de klant samengesteld kan worden. Hierbij is er de mogelijkheid het werkingsmechanisme te bevestigen aan de trapeze en/of op het vest.



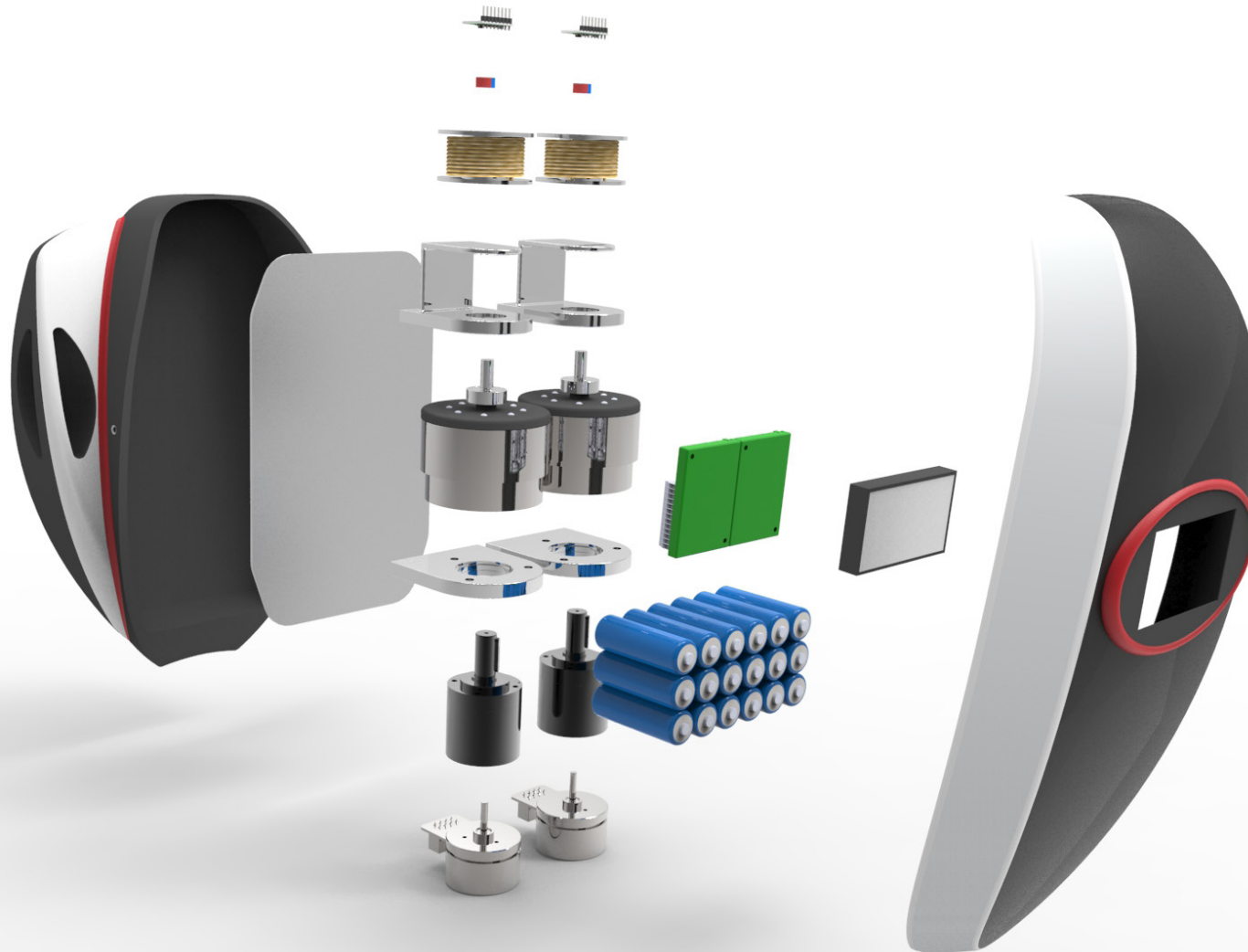
FINNFIT_{full}

Functional Training Backpack:

Dit concept bezit de volledige functionaliteit die van een functional trainer verwacht mag worden. Dit concept beschikt zowel over een bovenlichaam trainer als een onderlichaam trainer, waardoor een volledige workout kan worden gedaan. De pulleys voor het onderlichaam kunnen worden bevestigd aan de enkelbanden, zodat de sporter met gemak de gewenste oefeningen kan uitvoeren.



● Exploded view van het Eindontwerp



BIJLAGE I

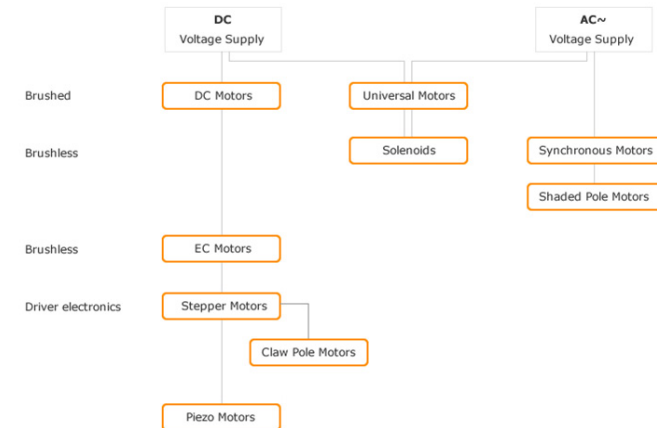
● Vergelijken van elektromotor

De keuze voor de aandrijftechniek gaat uit naar een bepaalde elektromotor. Elektromotoren zijn zeer geschikt als aandrijftechniek voor het systeem, omdat een elektromotoren elektrisch aangestuurd kunnen worden hebben deze voordelen met betrekking tot het controleren van de snelheid, torque en positie van de rotor (e.q. spoel/haspel). De werking van een elektromotor is relatief eenvoudig. De elektromotor zet elektriciteit om in mechanische energie en kan tevens fungeren als een generator door mechanische krachten om te zetten in elektriciteit (zoals bij o.a bij tesla motoren gebeurt in regenerative braking). Tevens hebben elektromotoren het voordeel dat zij een constant-koppel kunnen verkrijgen bij elk gewenst toerental.

De elektromotor die gebruikt moet gaan worden in het systeem, moet nauwkeurig geselecteerd worden uit een groot aantal mogelijke elektromotoren, er zijn daarin een aantal elektromotoren te onderscheiden, waarbij elektromagneten of permanente magneten op drie verschillende manieren worden gebruikt als rotor en als stator (tabel). De rotor is het roterende deel van een elektromotor en de stator het statische deel. Door een interactie tussen de rotor en de stator ondervindt de rotor een roterend beweging die overgebracht wordt op de spoel/haspel.

Er zijn in elektromotoren drie elementen te onderscheiden die beweging van een elektromotor mogelijk maken.

Rotor	Stator	Applicatie
Elektromagneten	Elektromagneten	AC motor, Universal motor
Elektromagneten	Permanente magneten	Brushed DC motor
Permanente magneten	Elektromagneten	Brushless DC motor (BLDC motor), Stepper motor, AFPM-/RFPM BLDC motor



Werking van de AC (of inductie/shaded pole) motoren

Onder AC motoren vallen de motoren die gevoed worden door een Alternating Current (AC). Zoals eerder vermeld hebben elektromotoren twee hoofdcomponenten: een rotor en een stator. Bij een inductiemotor is de rotor een staalschacht doorlopen met koperen staven. Deze roteert en zodoende draait de schacht. De stationaire stator omringt de rotor, maar raakt de rotor niet aan. De stator heeft twee functies: hij creëert een roterend magnetisch veld en induceert een stroom in de rotor. De stroom creëert een tweede magnetisch veld in de rotor die het roterende stator-veld volgt. Het eindresultaat is koppel. De stator is samengesteld door verwikkelde koperdraadspoelen door middel van een stapel dunne stalen platen die lamellen worden genoemd. Het koperdraad geleidt de elektriciteit die in de motor van de Power Electronics Module wordt gevoerd. Er zijn drie soorten bedrading - elke draad voert een van de drie fasen van elektriciteit aan. Stel je een fase voor alsof het een golf met pieken en dalen is (sinus). De golf "beweegt" tussen pieken en dalen. De drie fasen zijn verschoven ten opzichte van elkaar op een wijze dat het combineren van de stijgingen en daling van elke fase een vlotte stroomtoevoer creëert en daardoor energie. De wisselstroom naar de koperen wikkelingen veroorzaakt een magnetisch veld. Dit is elektromagnetisme. En net als de stroom in elke fase continu stijgt en daalt, varieert het magnetische veld ook tussen "Noord" en "Zuid".

Werking van brushed- en brushless DC motoren (BDC en BLDC)

De werking van een brushed- en brushless DC motor is gebaseerd op elektromagnetisme. De motor bestaat uit een stator en een rotor, die in de stator kan draaien. Van deze twee is er in elk geval één uitgevoerd als elektromagneet. Afhankelijk van het type motor kan de ander uitgevoerd zijn als permanente magneet, elektromagneet of slechts van magnetisch materiaal gemaakt zijn. Door de krachtwerking van magnetische polen op elkaar, of door inductiewerking, gaat de rotor draaien. Bij brushed DC motoren wordt de draaiing mogelijk gemaakt met een gelijkstroommotor met borstels waarbij de polen van de rotor omgekeerd worden bij elke halve omwenteling (of vaker als de rotor en/of stator uit meer dan twee delen, de collectoren, bestaan). Deze verandering van polariteit gebeurt door de commutator en koolborstels. De motor zal verder doordraaien als de richting van de stroom die er doorheen vloeit wordt omgekeerd.

Brushless DC motors worden over het algemeen elektronisch gecommuteerd door middel van drie fase windingen. Een manier om deze motoren aan te drijven is door twee fase tergelijk te voorzien van stroom. Door gebruik te maken van Hall sensoren in de motor kan de positie van de rotor worden bepaald. Deze Hall sensoren geven daarmee de positie van de rotor vrij, zodat er kan worden bepaald welke fase windingen er van spanning moeten worden voorzien om de rotor te laten draaien.

Werking van een stepper motor

Er kan voor het systeem ook gekozen worden voor een stappen motor (stepper motor). Een stappenmotor is een borstelloze, synchrone elektromotor, waarvan de hoekverdraaiing nauwkeurig te beheersen is, bijvoorbeeld in stappen van 1,8 graden. De rotor bevat permanente magneten; de stator is opgebouwd uit elektromagnetten.

De hoge resolutie wordt bereikt door zowel de stator als de rotor van een hoog aantal polen te voorzien, zodanig dat zij geen gemeenschappelijke factor bezitten.

Telkens als een wikkeling bekrachtigd wordt, komt een pool in de rotor recht tegenover een pool in de stator te staan, waardoor de rotor een klein stukje draait. Door naast elkaar gelegen wikkelingen gelijktijdig en verschillend te bekrachtigen (meestal door middel van pulsbreedtemodulatie) kan een nog hogere resolutie worden bereikt.

De belangrijkste karakteristieke eigenschap van een stappenmotor is het koppel dat hij kan leveren. De motor kan ook koppel leveren als hij stilstaat en kan daarom als standrem fungeren.

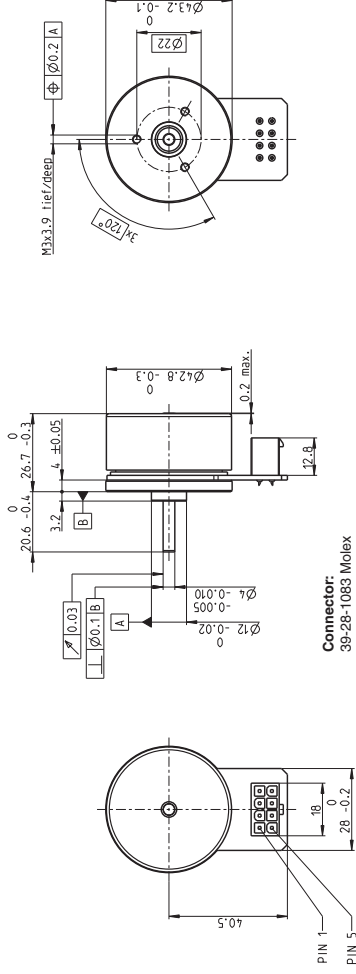
Eigenschappen:	DC motoren (BDC):	EC motoren (BLDC):	Stappen motoren:	Universele motoren:	Synchronous motoren:	Shaded Pole motoren:
Stroomvoorziening	DC	DC	AC of DC	AC of DC	AC	AC
Elektronisch stuurprogramma nodig	Nee	Ja	ja	Nee	Nee	Nee
Snelheids-nauwkeurigheid	Laag	Laag	hoog	Laag	Hoog	Laag
Controleren van de snelheid	Voltage	Voltage	Voltage	Voltage	Nee	Nee
Positiecontrole	Veel moeite	Veel moeite	Gemakkelijk	Veel moeite	Nee	Nee
Overbelastbaarheid/belastingsinertie	Hoog	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Laag
Levensduur	Laag	Hoog	Hoog	Laag	Hoog	Hoog
Snelheidsbereik/toerentalbereik [rpm]	1000 – 25000	1000 – 25000	4000	1000 – 50000	250 – 3600	3445
Efficiëntie	60 – 80%	60 – 80%	50%	60 – 80%	15 – 45%	20%
Vermogen naar formaat/gewicht	Hoog	Hoog	Hoog	Hoog	Laag	Laag
Thermische beveiliging van de windingen	Nodig	Nodig	Niet-nodig	Nodig	Niet nodig	Mogelijk
Belasting waarnemen	Gemakkelijk	Gemakkelijk	Gemakkelijk	Gemakkelijk	Moelijk	Gemiddeld
Stalling toelaatbaarheid	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja
Electromagnetic interference (EMI)	Bepalend (kritisch)	Niet bepalend (niet-kritisch)	Bepalend (kritisch)	Bepalend (kritisch)	Niet bepalend (niet-kritisch)	Niet bepalend (niet-kritisch)
Remmen/Behoud van torque	Laag	Laag	Gemiddeld	Laag	Laag	Zeer laag
Maximaal output vermogen [W]	150 (portescap.com)	100 (Maxonmotors.com)	-	1071 (Johnsonelectric.com)	14 (Johnsonelectric.com)	25
Max. Continue Torque [mNm]	160	444	450 (holding Torque)	653	-	-
Max. Tijdelijke Torque	1487	4940	-	-	-	-
Afmetingen (dxb)	35x75	90x32	98x80	81x76	-	-
Brushes	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee

BIJLAGE J

Technische specificaties maxon flat motor

maxon flat motor

EC 45 flat Ø42.8 mm, brushless, 70 Watt



Connector:
39-28-1083 Molex

M 1:2

- Stock program
- Standard program
- Special program (on request)

Part Numbers

with Hall sensors

Motor Data (provisional)		397172	402685	402686	402687
Values at nominal voltage					
1 Nominal voltage	V	24	30	36	48
2 No load speed	rpm	6110	6230	6330	3440
3 No load current	mA	234	194	166	48.1
4 Nominal speed	rpm	4860	4980	5080	2540
5 Nominal torque (max. continuous torque)	mNm	128	112	108	134
6 Nominal current (max. continuous current)	A	3.21	2.36	1.93	0.936
7 Stall torque	mNm	1460	1170	1100	915
8 Starting current	A	39.5	25.8	20.7	6.97
9 Max. efficiency	%	85	84	83	84
Characteristics					
10 Terminal resistance phase to phase	Ω	0.608	1.16	1.74	6.89
11 Terminal inductance phase to phase	mH	0.463	0.691	0.966	5.85
12 Torque constant	mNm / A	36.9	45.1	53.3	131
13 Speed constant	rpm / V	259	212	179	72.7
14 Speed / torque gradient	rpm / mNm	4.26	5.44	5.85	3.82
15 Mechanical time constant	ms	8.07	10.3	11.1	7.24
16 Rotor inertia	gcm ²	181	181	181	181

Specifications

- Thermal data
 - 17 Thermal resistance housing-ambient 3.56 K/W
 - 18 Thermal resistance winding-housing 4.1 K/W
 - 19 Thermal time constant winding 29.6 s
 - 20 Thermal time constant motor 178 s
 - 21 Ambient temperature -40 ... +100°C
 - 22 Max. winding temperature -40 ... +125°C
- Mechanical data (preloaded ball bearings)
 - 23 Max. static spring force 10000 rpm
 - 24 Axial play at axial load < 4.0 N 0 mm
 - 25 Radial play 0.14 mm
 - 26 Max. axial load (dynamic) preloaded 3.8 N
 - 27 Max. force for press fits (static) 50 N
 - 28 Max. radial load, 8 mm from flange 21 N

Other specifications

- 29 Number of poles 8
- 30 Number of phases 3
- 31 Weight of motor 141 g

Values listed in the table are nominal.

Connection

- Pin 1 Hall sensor 1*
- Pin 2 Hall sensor 2*
- Pin 3 Hall sensor 3*
- Pin 4 Motor winding 1
- Pin 5 Motor winding 2
- Pin 6 GND
- Pin 7 Motor winding 1
- Pin 8 Motor winding 2

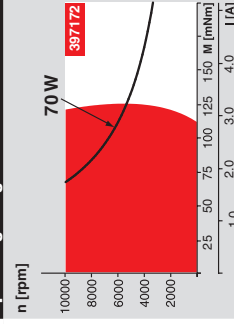
*Internal pull-up (7 ... 13 kΩ) on pin 3

Wiring diagram for Hall sensors see p. 35

Cable connection cable Universal L = 500 mm 39380

Connection cable to EPOS L = 500 mm 394045

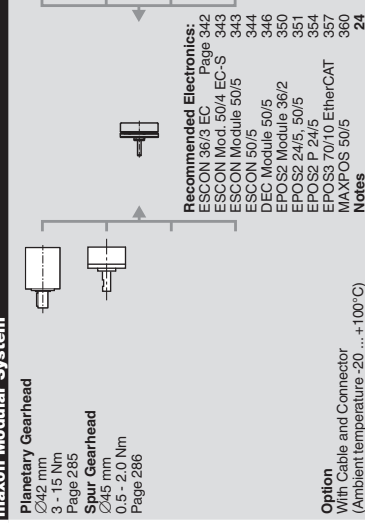
Operating Range



Comments

- Continuous operation
 - In observation of above listed thermal resistance (lines 17 and 18) the maximum permissible winding temperature will be reached during continuous operation at 25°C ambient.
 - = Thermal limit.
- Short term operation
 - The motor may be briefly overloaded (recurring).
- Assigned power rating

maxon Modular System



Overview on page 20-25

- Encoder MLE
 - 556 - 2048 CPT, 2 channels
 - Page 308
- Recommended Electronics:
 - ESCON 36/3 EC Page 342
 - ESCON Mod. 50/4 EC-S Page 343
 - ESCON Module 50/5 Page 344
 - ESCON Module 50/5 Page 346
 - ESCON Module 36/2 Page 350
 - ESCON Module 36/5 Page 351
 - ESCON P 24/5 Page 354
 - ESCON 70/10 EtherCAT Page 360
 - MAXPOS 50/5 Page 360
- Notes
 - 24

June 2014 edition / subject to change

maxon EC motor 233

● Vergelijking van verschillende Elektro- magnetische koppelingen en remmen

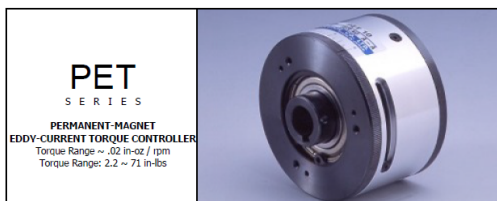
Powder vs. Hysteresis	Powder	Hysteresis
Dimensions	Normal	Large
Torque change according to slip rotation speed	Practically none	Practically none
Heat dissipation	Smaller than hysteresis type	Large
Restrictions for mounting	Some, Diagonal installation or vertical axis installation, for example, is not allowed	None
Product life/Maintenance	Requires maintenance	Long-life
Price	Low	High

Powder clutch/brake vs. Friction disc clutch/brake	Powder clutch/brake	Magnetic disc clutch/brake
Dimensions	Large in all dimensions	Compact
Torque control	Easy and simple	Complex
Slip on the friction surface	Operational under continuous slip	As a general rule, not allowed
Engaging energy	Large	Small
Restrictions for installation	Some, Diagonal installation or vertical axis installation, for example, is not allowed	Practically none
Price	High	Low
Usage	Especially suitable for cushioned start, tension control, and torque limiting	General engaging and braking

Comparison by power-feeding method to the electromagnetic coil	Stationary coil clutch/brake	Rotating coil clutch/brake
Dimensions	Somewhat large, especially in the axial dimension	Compact
Structure	Somewhat complex with the ball bearings etc.	Simple
Power supply system	Simple	Wet-type has a risk of electric shock if not used properly
Restriction on rotation speed	No (Subject to other restrictions)	Not usable at high-speed rotation
Installation into the clutch box	Easy	Somewhat complex, requiring installation of a brush
Maintenance	Nearly maintenance-free	The brush requires replacing

BIJLAGE L

Technische specificaties en eigenschappen Hysteresis/Eddy Current koppelingen



FEATURES

ACCURATE AND DEPENDABLE TORQUE
Torque is transmitted via a hysteresis field resulting in consistent torque over time. Units are unaffected by friction and wear, therefore torque is substantially more accurate and repeatable than friction tensioners.

ADJUSTABLE TORQUE GAIN
Each unit's torque setting may be manually adjusted over a wide range, providing torque ramp flexibility.

NO ELECTRICAL POWER NEEDED
The PET series clutches and brakes operate on a permanent magnet principle. External electrical connection is not required, therefore, units function independently from power fluctuation.

NO CONTAMINATION
Units are sealed to protect against contamination from equipment. There are also no wear particles from operation to contaminate other equipment.

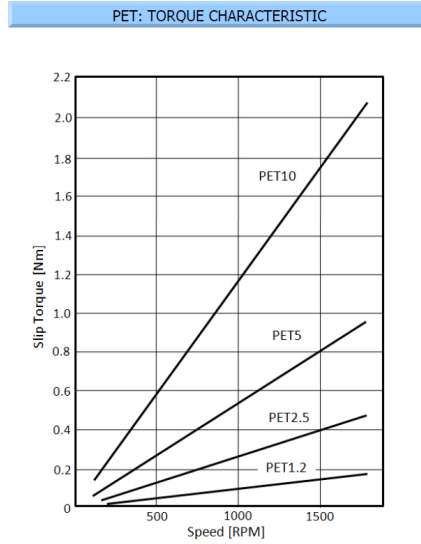
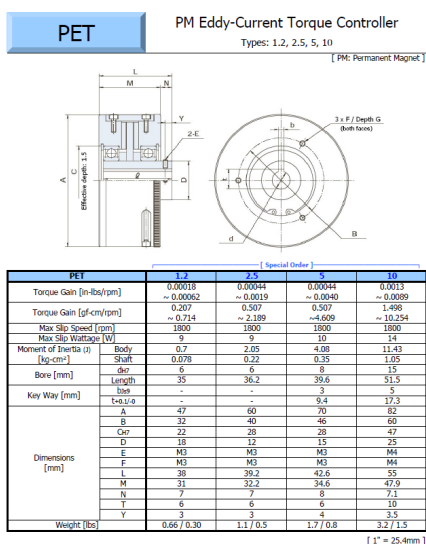
TORQUE PROPORTIONAL TO SPEED
Unlike centrifugal clutches that use friction surfaces, there are no sudden changes in torque. The torque that is generated is proportional to the change in rpm, giving a smooth acceleration.

LONG LIFE
There is virtually no wear because permanent magnets and hysteresis disks transmit the torque by magnetic flux without physical contact.

SIMPLE INSTALLATION
Units are bearing-mounted and pre-assembled.

VERTICAL OR HORIZONTAL OPERATION
Units can be mounted in any axis and can be run either clockwise or counterclockwise without affecting performance.

RESISTANT TO TEMPERATURE VARIATION
Rare earth magnets are employed in the design, which develop high torque while remaining unsuceptible to temperature variation.



FEATURES

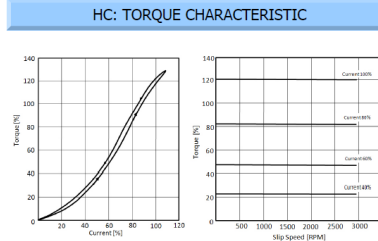
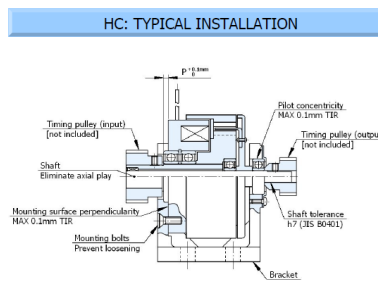
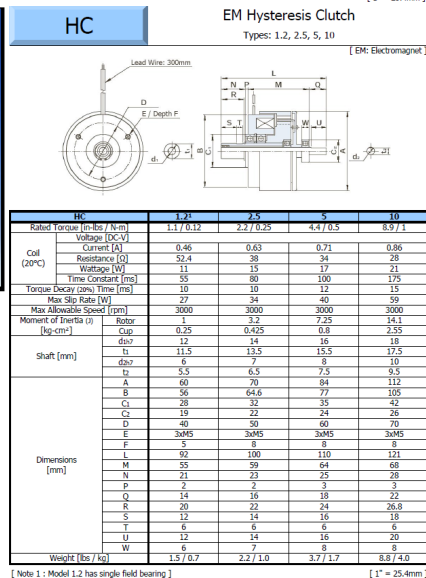
FAST RESPONSE
The torque of H series electromagnetic hysteresis clutches/brakes is independent of slip speed. Torque is directly proportionate to coil current, thus the torque of each unit can be adjusted by varying the current. Once the current is stable, the torque remains constant.

LONG LIFE
The H series produces drag torque without physical contact (friction) of parts and are not subject to wear (except the normal wear of antifriction bearings).

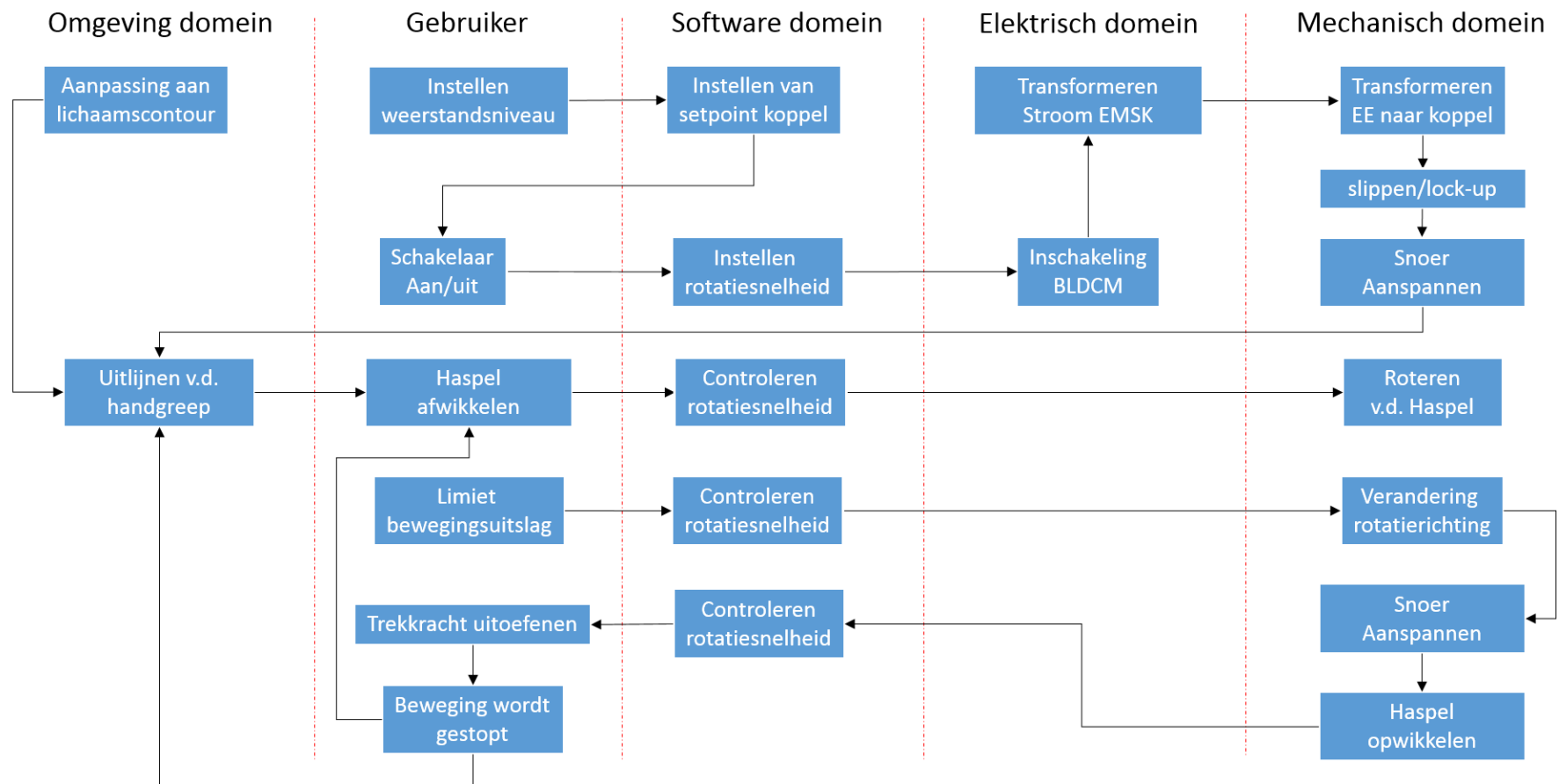
REPEATABILITY
The H series will always duplicate performance under identical operating conditions.

SMOOTH OPERATION
The H series does not utilize mechanical friction, therefore operation is smooth at any slip speed.

EASY MOUNTING
Mounting is effortless - no adjustments to make, no gaps to set. The H series may be mounted in the horizontal or vertical position.



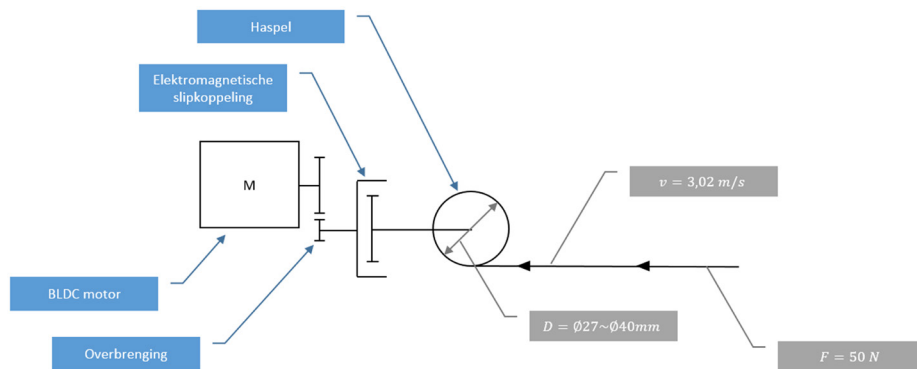
- **Interactiediagram**



BIJLAGE N

● Berekenen van de warmteoverdracht in de hysteresis slipkoppeling

Wanneer een EM hysteresis slipkoppeling wordt gebruikt met continue slip condities wordt er met een bepaalde rotatiesnelheid warmte overgedragen. De hoeveelheid warmte die geproduceerd wordt moet daarom berekend worden, om te bepalen of de warmteoverdracht toelaatbaar is voor de toepassing. Bij deze berekening zijn de volgende specificaties van toepassing die volgen uit (9.4.):



Specificaties:

- Snelheid van het snoer: $v = 3,02 \text{ m/s} = 180,8 \text{ m/min}$
- Trekkracht op het snoer: $F = 50 \text{ N}$
- Minimale opwikkel haspel diameter: $d_{min} = 27 \text{ mm}$
- Maximale opwikkel haspel diameter: $d_{max} = 40 \text{ mm}$

Voor het berekenen van de warmteoverdracht wordt de volgende formule gebruikt:

$$P_{warmte} = 0,105 * n_r * T$$

Met:

$$n_r = \text{Slip rotatie snelheid (rpm)}$$

$$T = \text{Overgebrachte koppel (Nm)}$$

Berekening:

Met de berekeningen uit (9.4.5.) kan door middel van de slip rotatiesnelheden $n_{min,H} = 1435 \text{ rpm}$ en $n_{max,H} = 2127 \text{ rpm}$ met de benodigde opwikkel koppel $T_{max,H} = 1 \text{ Nm}$ een toelaatbare warmteoverdracht P worden berekend aan de hand van de formule:

$$P_{warmte} = 0,105 * n_r * T = 0,105 * (2127 - 1435) * 1 \approx 73 \text{ W}$$

● Conclusie

Op basis van deze berekeningen kan geconcludeerd worden dat de warmteoverdracht in de hysteresis slipkoppeling te hoog zal zijn voor een continue belasting op een maximaal toerental (toelaatbaar: 40 W). En zou daarom niet geschikt zijn voor de toepassing. Maar gezien het feit dat een sporter continue varieert in zijn bewegingsuitslag, zal er in werkelijkheid nooit een continue rotatiesnelheid worden gehaald, dan wel nooit continue op het maximale toerental lopen. De berekening geeft echter wel een indicatie van de warmteontwikkeling in de hysteresis slipkoppeling die relatief hoog lijkt te zijn.

● Inspanning gerelateerde data

Fitness apparatuur met ergometer functies moeten de sportprestaties van de sporter kunnen bijhouden en inzichtelijk maken. Het bijhouden van hun vitale functies is voor de sporter zeer belangrijk, hierdoor weten ze het optimale niveau van inspanning. De inspanning wordt op een aantal verschillende manieren inzichtelijk gemaakt aan de hand van:

Monitoren van tijd en afstand: Het apparaat meet de afgelegde weg van de sporter, en bekijkt hoe lang de sporter aan het trainen is.

Monitoren van het weerstandsniveau: Het apparaat kan ingesteld worden op verschillende weerstandsniveaus, de sporter kan direct zien met wat voor weerstand hij of/zij aan het trainen is en kan deze aanpassen indien nodig.

Monitoren van de hartslag: Het apparaat neemt automatisch uw pols op en geeft direct de hartslag weer tijdens training.

Monitoren van de ademhaling: Sommige apparaten meten hoe snel de ademhaling gaat gedurende de training.

Monitoren van de calorieën: Het apparaat meet de hoeveelheid calorieën die worden verbrand tijdens de training.

Het variëren in verschillende weerstandsniveaus kan op verschillende manieren worden geregeld:

Helling modus: Steppers, hometrainers en loopbanden hebben allemaal een helling modus, die simuleert lopen op een heuvel.

Geprogrammeerde weerstandsmodus: Veel ergometers bezit vooraf ingestelde weerstandsprogramma's. Deze kunnen worden ingesteld op verschillende weerstandsniveaus, die de training voor de sporter gemakkelijker of moeilijker maakt.

Drukknopmodus: De sporter kan de weerstand handmatig verhogen of verlagen.

De geprogrammeerde weerstandsmodus bezit verschillende routines, elk van deze routines voldoet aan een bepaalde weerstandsniveau en is gerelateerd aan een bepaalde staat van gezondheid of een bepaalt fitness doel:

Routinematig (gebaseerd op biologische factoren): De sporter zijn biologische factoren, zoals lengte, gewicht, leeftijd en geslacht worden gedurende de training ingecalculeerd om de inspanning gerelateerde data zo nauwkeurig mogelijke af te stemmen op de individuele sporter. Vervolgens wordt een bepaalde routine gekozen waaronder intervaltraining,

Gewichtsverliesmodus: het weerstandsniveau voor sporters die trainen om gewicht te verliezen ligt op een ander weerstandsniveau dan sporters die trainen om een gezond gewicht te behouden, verbeteren van gezondheid van het hart of vergroten van de spiermassa.

Hart gecontroleerde training: Het fitnessapparaat is afgesteld zodat minimale cardiale inspanning nodig is en een gezond training biedt voor het hart. Deze training is bedoelt om het hart optimaal te laten functioneren.

BIJLAGE P

● Keuze voor elektromagnetische hysteresis slipkoppeling

		Ogura			Magtrol	
Type		2,5	5	10	HCF 32m	HCF 120m
Specifieke koppelkracht (Nm)		0,25	0,5	1	0,23	0,85
Gewicht (kg)		1	1,7	4	1	4,5
Voltage (V)		24	24	24	24	24
Elektrische stroom (A)		0,63	0,71	0,86	0,332	0,2
Elektrische weerstand (Ω)		38	34	28	72,5	120
Vermogen (W)		15	17	21	25	4,8
Maximaal toelaatbare snelheid (rpm)		3000	3000	3000	3600	3600
Toetsing slipkoppel vs. trekkracht						
Trekkracht (F)	10 N	+	+	+	+	+
	15 N	-	+	+	+	+
	20 N	-	+	+	-	+
	25 N	-	+	+	-	+
	30 N	-	-	+	-	+
	35 N	-	-	+	-	-
	40 N	-	-	+	-	-

● Haspelontwerp parameters

		F ₁₀	F ₁₅	F ₂₀	F ₂₅	F ₃₀	F ₃₅	F ₄₀	F ₄₅	F ₅₀	trekkracht (N)									
		10	15	20	25	30	35	40	45	50				500	750	1000	1250	1500	2260	4000
r ₁	12,5	125	188	250	313	375	438	500	563	625	r _{12,5}	78,5	6	10	13	16	19	29	51	58
r ₂	15	150	225	300	375	450	525	600	675	750	r ₁₅	94,2	5	8	11	13	16	24	42	48
r ₃	17,5	175	263	350	438	525	613	700	788	875	r _{17,5}	110,0	5	7	9	11	14	21	36	41
r ₄	20	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	r ₂₀	125,7	4	6	8	10	12	18	32	36
r ₅	22,5	225	338	450	563	675	788	900	1013	1125	r _{22,5}	141,4	4	5	7	9	11	16	28	32
r ₆	25	250	375	500	625	750	875	1000	1125	1250	r ₂₅	157	3	5	6	8	10	14	25	29
r ₇	27,5	275	413	550	688	825	963	1100	1238	1375	r _{27,5}	172,7	3	4	6	7	9	13	23	26
r ₈	30	300	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500	r ₃₀	188,4	3	4	5	7	8	12	21	24
r ₉	32,5	325	488	650	813	975	1138	1300	1463	1625	r _{32,5}	204,1	2	4	5	6	7	11	20	22
r ₁₀	35	350	525	700	875	1050	1225	1400	1575	1750	r ₃₅	219,8	2	3	5	6	7	10	18	21
r ₁₁	37,5	375	563	750	938	1125	1313	1500	1688	1875	r _{37,5}	235,5	2	3	4	5	6	10	17	19
r ₁₂	40	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	r ₄₀	251,2	2	3	4	5	6	9	16	18
r ₁₃	42,5	425	638	850	1063	1275	1488	1700	1913	2125	r _{42,5}	266,9	2	3	4	5	6	8	15	17
r ₁₄	45	450	675	900	1125	1350	1575	1800	2025	2250	r ₄₅	282,6	2	3	4	4	5	8	14	16
r ₁₅	47,5	475	713	950	1188	1425	1663	1900	2138	2375	r _{47,5}	298,3	2	3	3	4	5	8	13	15
r ₁₆	50	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	r ₅₀	314	2	2	3	4	5	7	13	14
r ₁₇	52,5	525	788	1050	1313	1575	1838	2100	2363	2625	r ₁₇	329,7	2	2	3	4	5	7	12	14
r ₁₈	55	550	825	1100	1375	1650	1925	2200	2475	2750	r ₁₈	345,4	1	2	3	4	4	7	12	13
r ₁₉	57,5	575	863	1150	1438	1725	2013	2300	2588	2875	r ₁₉	361,1	1	2	3	3	4	6	11	13
r ₂₀	60	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000	r ₂₀	376,8	1	2	3	3	4	6	11	12
r ₂₁	62,5	625	938	1250	1563	1875	2188	2500	2813	3125	r ₂₁	392,5	1	2	3	3	4	6	10	12
r ₂₂	65	650	975	1300	1625	1950	2275	2600	2925	3250	r ₂₂	408,2	1	2	2	3	4	6	10	11
r ₂₃	67,5	675	1013	1350	1688	2025	2363	2700	3038	3375	r ₂₃	423,9	1	2	2	3	4	5	9	11
r ₂₄	70	700	1050	1400	1750	2100	2450	2800	3150	3500	r ₂₄	439,6	1	2	2	3	3	5	9	10
r ₂₅	72,5	725	1088	1450	1813	2175	2538	2900	3263	3650	r ₂₅	455,3	1	2	2	3	3	5	9	10
r ₂₆	75	750	1125	1500	1875	2250	2625	3000	3375	3750	r ₂₆	471	1	2	2	3	3	5	8	10
	radius (mm)												omtrek (mm)							

BIJLAGE R

Medicijnbal & Kettlebell oefeningen

BodyV MEDICINE BALL TOTAL BODY WORKOUT BodyV

WARM UP AND STRETCH



Straddle Ball Roll

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Roll the ball over your head and back, keeping your arms straight and your feet flat on the floor.



Hip Circle

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Hold the ball with both hands in front of your feet. Circle the ball around your feet, keeping your arms straight and your feet flat on the floor.



Side Bends

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Hold the ball with both hands in front of your feet. Bend your torso to the side, keeping your feet flat on the floor.



Total Body Stretch

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Hold the ball with both hands in front of your feet. Stretch your arms and legs, keeping your feet flat on the floor.

CORE



Crunches

Lie on your back with knees bent and feet flat on the floor. Lift your head and shoulders off the ground, keeping your arms straight and your feet flat on the floor.



Curl-Up

Lie on your back with knees bent and feet flat on the floor. Lift your head and shoulders off the ground, keeping your arms straight and your feet flat on the floor.



Oblique Twist

Lie on your back with knees bent and feet flat on the floor. Twist your torso to the side, keeping your feet flat on the floor.



V-Sits

Lie on your back with knees bent and feet flat on the floor. Lift your head and shoulders off the ground, keeping your feet flat on the floor.



Plank

Lie on your stomach with elbows under your shoulders and feet flat on the floor. Lift your head and shoulders off the ground, keeping your feet flat on the floor.

UPPER BODY



Front Raise

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Lift the ball straight up in front of your feet, keeping your arms straight and your feet flat on the floor.



Shoulder Press and Catch

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Press the ball straight up in front of your feet, keeping your arms straight and your feet flat on the floor.



Bicep Curl

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Curl the ball up towards your shoulders, keeping your feet flat on the floor.



Tricep Extension

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Extend the ball straight up in front of your feet, keeping your arms straight and your feet flat on the floor.



Push-Up

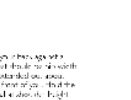
Lie on your stomach with elbows under your shoulders and feet flat on the floor. Lift your head and shoulders off the ground, keeping your feet flat on the floor.

LOWER BODY



Wall Sit

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Sit against a wall, keeping your feet flat on the floor.



Walking Lunge

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Step forward with one foot, keeping your feet flat on the floor.



Squat

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Squat down, keeping your feet flat on the floor.



Lunging Squat

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Step forward with one foot, keeping your feet flat on the floor.



Side Lunge

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Step to the side with one foot, keeping your feet flat on the floor.

WARNING: Do not perform this exercise if you have any back, neck, or joint injuries. Consult your doctor before performing this exercise.

WARNING: Do not perform this exercise if you have any back, neck, or joint injuries. Consult your doctor before performing this exercise.

KETTLEBELL EXERCISES

Basics www.productivefitness.com

Torso Stabilization

Torso stabilization is the process of keeping the spine in a neutral position while the arms and legs move. This is a key component of many exercises and is essential for preventing injury.

Deadlift: How to Pick up a Kettlebell

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Bend your hips and back, keeping your feet flat on the floor. Lift the kettlebell straight up, keeping your arms straight and your feet flat on the floor.

Swing Double Handed

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Bend your hips and back, keeping your feet flat on the floor. Swing the kettlebell up, keeping your arms straight and your feet flat on the floor.

Swing Single Handed

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Bend your hips and back, keeping your feet flat on the floor. Swing the kettlebell up, keeping your arms straight and your feet flat on the floor.

Figure 8's

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Bend your hips and back, keeping your feet flat on the floor. Swing the kettlebell in a figure 8 pattern, keeping your arms straight and your feet flat on the floor.

Side Press

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Bend your hips and back, keeping your feet flat on the floor. Press the kettlebell straight up, keeping your arms straight and your feet flat on the floor.

Front Squat

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Bend your hips and back, keeping your feet flat on the floor. Squat down, keeping your feet flat on the floor.

Face the Wall Squat

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Bend your hips and back, keeping your feet flat on the floor. Squat down, keeping your feet flat on the floor.

Tactical Lunge

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Bend your hips and back, keeping your feet flat on the floor. Step forward with one foot, keeping your feet flat on the floor.

Bent-Over Row

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Bend your hips and back, keeping your feet flat on the floor. Row the kettlebell up, keeping your arms straight and your feet flat on the floor.

The Clean

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Bend your hips and back, keeping your feet flat on the floor. Clean the kettlebell up, keeping your arms straight and your feet flat on the floor.

Russian Twist

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Bend your hips and back, keeping your feet flat on the floor. Twist your torso to the side, keeping your feet flat on the floor.

Half Get Up

Stand on the floor with feet hip-width apart and knees slightly bent. Bend your hips and back, keeping your feet flat on the floor. Get up from the floor, keeping your feet flat on the floor.

Safety Rules:

1. Always use proper form and technique.
2. Do not perform this exercise if you have any back, neck, or joint injuries.
3. Consult your doctor before performing this exercise.

For information on other products www.productivefitness.com or charts please visit us online: 1-800-994-9097

© PRODUCTIVE FITNESS PRODUCTS INC. 2015 Printed in Canada

