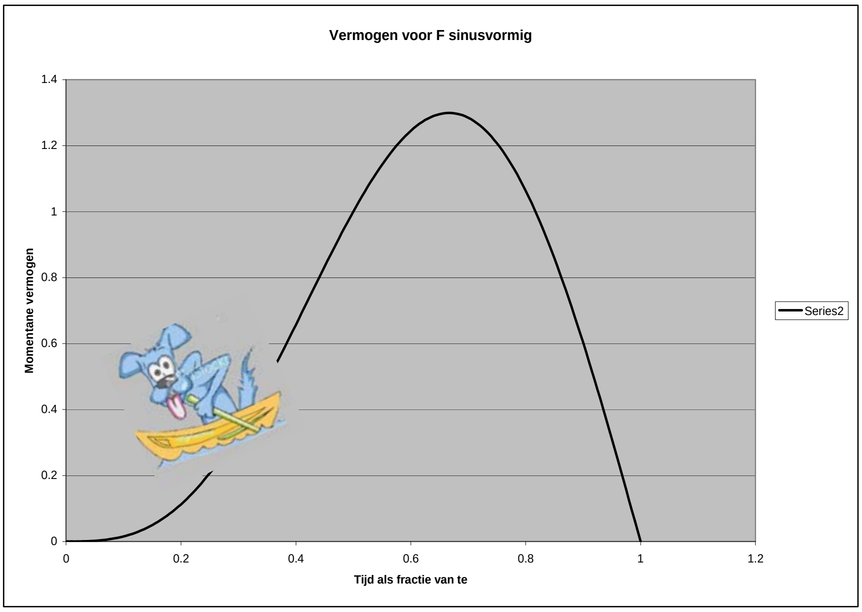
Factoren die het geleverde vermogen bij sloeproeien bepalen.

Katwijk, 27 januari 2011

Floor Maitimo



Referenties.

[1] The Physics and Physiology of rowing faster: The stroke.
Stephen Seiler
http://home.hia.no/~stephens/ppstroke.htm

[2] Sloeproeitechniek.
Factoren die tijdens een haalcyclus van belang zijn. (21 september 2009)
Floor Maitimo

Inhoudsopgave.

1. Inleiding.

Het gaat in de sloeproeierij bij het handicapsysteem om het geleverde vermogen per roeier. Dat roept natuurlijk direct de vraag op hoe kun je dat geleverde vermogen vergroten of het beschikbare vermogen door een betere techniek zo optimaal benutten.

De roeisloep gaat vooruit omdat er door de roeiers op de handvatten van de riemen een kracht wordt uitgeoefend. De andere kant van de riemen, de bladen, zitten in het water. Door de hefboomwerking van de riem (binnenboord-buitenboordlengte) wordt er een kracht op het water uitgeoefend. De reactiekracht van het water op het blad is de voortstuwende kracht die de sloep naar voren beweegt.

Gevoelsmatig is wel duidelijk dat de hoogte van het geleverde vermogen afhankelijk is van de kracht op het handvat van de riem en de snelheid waarmee die kracht het handvat verplaatst. Die haalsnelheid is weer afhankelijk van de ‘reach’, dat is de afstand die het handvat tijdens een haal aflegt, en de haaltijd van de slag, die weer een relatie heeft met het slagtempo.

Het is interessant en illustratief om die relaties te onderzoeken en in formulevorm vast te leggen. Daarmee kunnen dan eenvoudig relaties tussen en effecten van de verschillende grootheden worden onderzocht.

Eerst wordt een theoretische natuurkundige beschrijving van de verschillende begrippen gegeven, waarna de gevonden relaties zullen worden toegepast op de sloeproeierij.

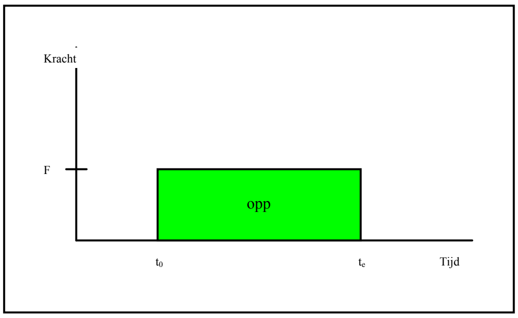
Aan de hand van het roeien in een ‘bak’ wordt er een relatie gelegd tussen de waterkracht op het blad en de snelheid van het blad door het water. Deze relatie kan worden herschreven naar een relatie tussen de kracht op het handvat, de aanhaalsnelheid van het handvat en het daarbij geleverde vermogen. Deze laatste relatie zal worden gebruikt om de invloed van de verschillende factoren op het geleverde vermogen af te schatten.

Dit schrijven is een poging om de factoren die het geleverde vermogen bij sloeproeien bepalen beter te leren begrijpen. Het zijn mijn eigen ideeën en opvattingen die verwoord zijn. Zeker geen absolute waarheid derhalve. Commentaar of aanvullingen daarop zijn, mits goed onderbouwd uiteraard, van harte welkom.

2. Beschrijving van natuurkundige begrippen.

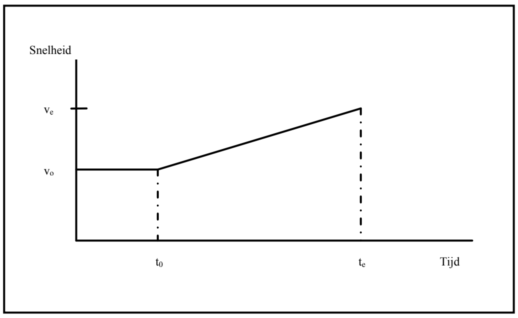
2.1 Situatie-1.

Beschouw een vrij vliegende massa m. Wanneer er op die massa geen kracht werkt, dan is, volgens de eerste wet van Newton, die massa in rust (staat stil) of beweegt zich met een constante snelheid langs een rechte lijn (eenparige snelheid v_0). Veronderstel dat er op een zeker tijdstip t_0 een kracht F op die massa gaat werken tot de tijd t_e, hoe gaat die massa zich dan bewegen?



Figuur 2.1. Kracht-tijd relatie.

Er wordt verondersteld dat die kracht F in dezelfde richting werkt als waarin die massa zich al bewoog met de aanvankelijke eenparige snelheid. Die massa gaat dan, volgens de tweede wet van Newton, versnellen. De grootte van die versnelling is gelijk aan de kracht gedeeld door de grootte van de massa. Zolang die kracht constant is, is de versnelling dat dus ook. Zodra de kracht ophoudt na t_e seconden heeft de massa een nieuwe eenparige snelheid gekregen (v_e).



Figuur 2.2. Snelheid-tijd relatie.

De nieuwe eenparige snelheid v_e is eenvoudig te berekenen.

Per definitie geldt (zie figuur 2.1):

$$impuls = \int_{t=t_0}^{t=t_e} F.dt = opp = F.(t_e - t_0) \qquad (2.1)$$

$$impuls = \int_{t=t_0}^{t=te} m.a.dt = \int_{t=t_0}^{t=t_e} m.\frac{dv}{dt}.dt = \int_{t=t_0}^{t=t_e} m.dv = m.(v_e - v_0) \qquad (2.2)$$

Uit bovenstaande vergelijkingen kan gemakkelijk de snelheidstoename worden berekend.

$$snelheidstoename = v_e - v_o = \frac{F.(t_e - t_0)}{m} = \frac{opp}{m} \qquad (2.3)$$

Conclusie-1.
Hoe groter opp (zie figuur 2.1), des te groter is de snelheidstoename van de massa. Dat betekent dat hoe groter F en hoe groter (t_e- t_0), des te groter het opp wordt en daarmee de snelheidstoename. **De grootte van de kracht is dus essentieel voor de snelheidstoename evenals de tijd waarover de kracht wordt aangezet!**

Conclusie-2.
De snelheidstoename is onafhankelijk van de beginsnelheid, maar alleen afhankelijk van de massa en de grootte van de impuls van de kracht (=opp).

Conclusie-3.
De impulstoename van een massa m is onafhankelijk van de beginsnelheid en ook onafhankelijk van de afstand waarover de kracht werkt. De impulstoename van de massa wordt alleen maar bepaald door het snelheidsverschil tussen 'oude' en 'nieuwe' situatie en is precies gelijk aan het oppervlak onder de F-t grafiek ('opp' in figuur 2.1).

Opmerking 1:
Wanneer een massa een eenparige snelheid v_0 heeft, dan is dat het resultaat van alle krachten die tot op dat moment op die massa hebben gewerkt. Met andere woorden de som van alle krachtimpulsen die op die massa hebben gewerkt is gelijk aan de momentane impuls van die massa (= m.v_o). Met toepassing van bovenstaande formules betekent dit wanneer er een kracht op een massa m werkt, de impuls van die massa verandert. Bij een beginsnelheid v_o en eindsnelheid v_e is de impulsverandering gelijk aan m.(v_e-v_0). De totale impuls van die massa wordt daarmee gelijk aan m.v_e. Dat is weer precies het product van de massa m met de momentane snelheid.

Opmerking 2:
Let op, de impulstoename is dus niet afhankelijk van alleen de grootte van de kracht of alleen afhankelijk van de grootte van de tijdsduur waarover de kracht werkt, maar het gaat om de combinatie van beiden: het genoemde oppervlak. Een grote kracht gedurende een korte tijd kan best resulteren in een kleinere impulstoename dan een kleine kracht over een langere tijd. Dat hangt maar helemaal af van het resulterende oppervlak voor beide situaties.

Opmerking 3:
In het bovenstaande is er van uit gegaan dat de kracht en v_o in dezelfde richting werken. In dat geval neemt de snelheid toe. Als de kracht echter in tegengestelde richting van v_o werkt, dan neemt de snelheid af en de impuls van de massa daarmee ook. Als een massa in rust is, dan hoeft dat daarom nog niet te betekenen dat er nog nooit een kracht op die massa heeft gewerkt. Het betekent echter wel dat het eindresultaat van die hele belastinggeschiedenis een impuls gelijk aan o is.

Tot nu toe is er alleen maar gekeken naar de impulstoename van de massa m. Maar hoe groot is nu de energietoename van de massa m door de werking van die kracht F?

Per definitie is de bewegingsenergie die een massa m met een snelheid v heeft, de kinetische energie, gelijk aan:

$$Kinetische-energie = E_k = \frac{1}{2}.m.v^2 \qquad (2.4)$$

Evenals voor de impulstoename van de massa geldt dat de energietoename van de massa ook alleen maar bepaald wordt door de beginsnelheid en de eindsnelheid van de massa:

$$kinetische-energie-toename = \frac{1}{2}.m.v_e^2 - \frac{1}{2}.m.v_0^2 = \frac{1}{2}.m.(v_e^2 - v_0^2) \qquad (2.5)$$

Volgens de natuurkundige wetten moet deze energietoename van de massa precies gelijk zijn aan de arbeid die door de kracht F is verricht gedurende de tijd dat hij op de massa heeft gewerkt.

Bewijs:
Als er een kracht op een massa m werkt, dan krijgt die massa een versnelling ('a'). Die versnelling is gelijk aan de kracht gedeeld door de massa. Als de kracht constant is, dan is de versnelling dat ook en dus de snelheidstoename per tijdseenheid ook (=versnelling). Bij een beginsnelheid v_0 is de snelheid van de massa op een willekeurig tijdstip t gedurende de tijd dat de kracht F werkt:

$$snelheid = v_t = v_0 + a.(t-t_0) = v_0 + \frac{F}{m}.(t-t_0) \qquad (2.6)$$

De afgelegde weg door de massa m gedurende de tijd dat de kracht werkt is gelijk aan:

$$afgelegde-weg = s_t = s_0 + v_0.(t-t_0) + \frac{1}{2}.a.(t-t_0)^2 = s_0 + v_0.(t-t_0) + \frac{1}{2}.\frac{F}{m}.(t-t_0)^2 \qquad (2.7)$$

Hierin is s_0 de afgelegde weg op het moment dat de kracht F op de massa begint te werken (t_0). Invulling van $t = t_e$ in beide bovenstaande formules geeft de snelheid en afgelegde weg van de massa op het tijdstip t_e (zijnde v_e en s_e). Met behulp van deze gegevens kan de kinetische-energie-toename als volgt worden uitgeschreven:

$$kinetische-energie-toename = \frac{1}{2}.m.v_e^2 - \frac{1}{2}.m.v_0^2 = \frac{1}{2}.m.(v_e^2 - v_0^2) =$$

$$= \frac{1}{2}.m.\{2.v_0.\frac{F}{m}.(t_e-t_0) + [\frac{F}{m}.(t_e-t_0)]^2\} = F.[v_0.(t_e-t_0) + \frac{1}{2}.\frac{F}{m}.(t_e-t_0)^2] = F.(s_e - s_0) \qquad (2.8)$$

Met andere woorden de kinetische energie toename is precies gelijk aan de door de kracht verrichte arbeid: kracht vermenigvuldigd met de afgelegde weg gedurende de tijd dat de kracht werkt ($s_e - s_0$). Hiermee is het bewijs van bovenstaande bewering geleverd.

Uit het bovenstaande is duidelijk dat de energietoename van de massa alleen maar bepaald wordt door het verschil in begin- en eindsnelheid van de massa. De arbeid die door de kracht is geleverd is daarmee ook direct bepaald. Echter niet het vermogen dat door de kracht is geleverd. Hoe is die relatie?

Het vermogen dat geleverd wordt is per definitie gelijk aan de arbeid die per tijdseenheid wordt verricht. Het **gemiddelde** geleverde vermogen is eenvoudig te berekenen. Dat is de totale energietoename gedeeld door de tijdsduur dat de kracht heeft gewerkt:

$$Gemiddelde-vermogen = P_{gem} = \frac{F.(s_e - s_0)}{(t_e - t_0)} = F.v_{gem} \qquad (2.9)$$

De afleiding van de gemiddelde snelheid staat hieronder uitgewerkt.

$$gemiddelde-snelheid = v_{gem} = \frac{v_0 + v_e}{2} = v_0 + \frac{1}{2}.\frac{F}{m}.(t_e - t_0) = \frac{s_e - s_0}{t_e - t_0} \qquad (2.10)$$

Opmerking 4:
In het bovenstaande wordt nadrukkelijk gesproken over het **gemiddelde** vermogen, omdat het door de kracht geleverde vermogen niet constant is gedurende de tijd dat F werkt, maar steeds toeneemt. Er is aangenomen dat F constant is. Vermogen = kracht * snelheid. Gedurende de tijd dat de kracht werkt neemt de snelheid steeds toe (figuur 2.2). Dat betekent dat het geleverde vermogen gedurende die tijd ook steeds toeneemt en wel volgens een zelfde trend als gegeven in figuur 2.2. Het **gemiddelde** vermogen kan echter wel berekend worden door de totale energietoename van de massa te delen door de tijd dat de kracht heeft gewerkt.

Gevoelsmatige tegenspraak.
In het bovenstaande is duidelijk gemaakt dat bij gelijkblijvende impuls van de kracht (='opp' uit figuur 2.1), de snelheidstoename van de massa altijd gelijk is. Onafhankelijk dus van de beginsnelheid v_0 van de massa. In het bovenstaande is echter ook gebleken dat het gemiddelde vermogen dat geleverd wordt door de kracht, wel afhankelijk is van de beginsnelheid, simpelweg omdat de gemiddelde snelheid tijdens werkingsduur van de kracht dan hoger is. Dat lijkt gevoelsmatig niet te kunnen kloppen. De kracht heeft precies dezelfde constante waarde F, werkt gedurende precies dezelfde tijd ($t_e - t_0$), en toch levert hij bij een andere snelheid een ander vermogen. Dit wordt op drie manieren verduidelijkt.

Verklaring-1.
Vermogen = kracht * snelheid. Bij een hogere beginsnelheid en gelijke kracht wordt er daarom gewoon meer vermogen geleverd.

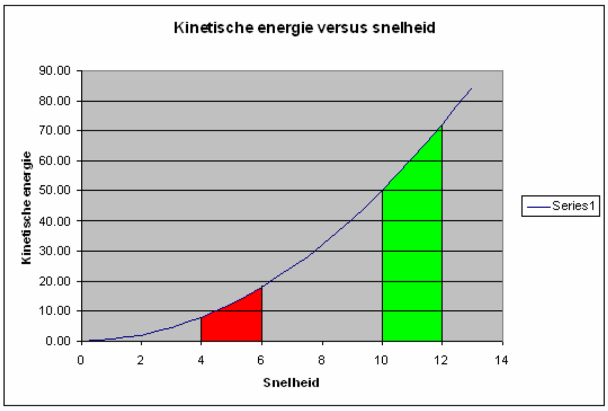
Verklaring-2.
Als de kracht gelijk is en zijn werkingstijd ook, dan legt de massa m bij een hogere beginsnelheid een langere weg af gedurende de werkingstijd (zie bovenstaande formule voor s_t). Met andere woorden, bij dezelfde kracht verplaatst de massa zich bij een hogere beginsnelheid over een langere weg en dus levert de kracht meer arbeid (= kracht * afgelegde weg). Omdat de werkingstijd gelijk blijft, is het gemiddelde geleverde vermogen bij een hogere beginsnelheid dus ook hoger (=arbeid / tijd).

Verklaring-3.
De kinetische energie is kwadratisch afhankelijk van de snelheid (zie bovenstaande definitie). De snelheidstoename Δv bij gelijke impuls van de kracht is echter altijd gelijk. De formule voor de toename van de kinetische energie kan ook als volgt worden geschreven.

$$kinetische-energie-toename=\frac{1}{2}.m.v_e^2-\frac{1}{2}.m.v_0^2=\frac{1}{2}.m.[(v_0+\Delta v)^2-v_0^2]=$$

$$=\frac{1}{2}.m.(2.v_0.\Delta v+\Delta v^2) \qquad (2.11)$$

De Δv is voor een gelijk 'opp' altijd gelijk, onafhankelijk van de beginsnelheid. Uit bovenstaande uitdrukking is dan direct duidelijk dat de energietoename voor een gelijke Δv groter is voor een hogere beginsnelheid v_o. Omdat de werkingstijd van de kracht gelijk blijft, wordt het gemiddelde vermogen daarom ook groter voor een hogere beginsnelheid. Dit is ook grafisch inzichtelijk te maken. In de volgende figuur is de kinetische energie als functie van de snelheid gegeven.



Figuur 2.3. Kinetische energie als functie van de snelheid.

Het is duidelijk te zien dat naarmate de beginsnelheid hoger wordt, de grafiek steiler loopt. Dat betekent dat bij de zelfde snelheidstoename Δv de energietoename bij de hogere snelheid ook hoger is door de steilheid van de grafiek. Voorbeeld uit figuur 2.3: een snelheidstoename van 2 m/s bij 4 m/s geeft een energietoename van 10 Joule, de zelfde snelheidstoename van 2 m/s bij 10 m/s geeft een energietoename van 22 Joule (voor de grootte van de massa is 1 kg gekozen).

Wat is de relatie tussen de impuls, de verrichte arbeid en het geleverde vermogen?

De totale verrichte arbeid door de kracht wordt gegeven in de volgende formule. Hierin is ds de afgelegde weg gedurende de tijd dt. Verder wordt aangenomen dat voor v ongeveer de v_{gem} kan worden genomen.

$$Totale-arbeid=\int_{t=t_0}^{t=te}F.ds=\int_{t=t_0}^{t=t_e}F.v.dt=\approx v_{gem}.\int_{t=t0}^{t=te}F.dt=v_{gem}.opp \qquad (2.12)$$

Hieruit is eenvoudig het **gemiddelde** geleverde vermogen te berekenen.

$$Gemiddelde-vermogen=P_{gem}=\frac{Totale-arbeid}{(t_e-t_0)}=\frac{v_{gem}.opp}{(t_e-t_0)}=\frac{(s_e-s_o).opp}{(t_e-t_o)^2} \qquad (2.13)$$

Conclusie-4.
Het is hieruit zondermeer duidelijk dat een groter ‘opp’ en een grotere afgelegde weg direct resulteren in een hoger geleverd gemiddeld vermogen. Het ‘opp’ en de afgelegde weg moeten daarom zo groot mogelijk worden gemaakt. Dat wil zeggen een zo groot mogelijke kracht gedurende een zo lang mogelijke tijd over een zo lang mogelijke weg.

2.2 Situatie-2.

Beschouw weer een vrij vliegende massa m. Wanneer er op die massa geen kracht werkt, dan is, volgens de eerste wet van Newton, die massa in rust (staat stil) of beweegt zich met een constante snelheid langs een rechte lijn (eenparige snelheid v_0). Veronderstel dat er op een zeker tijdstip t_0 een kracht F op die massa gaat werken net zo lang totdat er zekere weg (s_e-s_o) is afgelegd. In tegenstelling tot situatie-1 is nu niet de werkingstijd (t_e-t_0) van de kracht constant, maar de weg waarover de kracht werkt (s_e-s_0). De eindsnelheid v_e en de werkingstijd (t_e-t_0) zijn nu afhankelijk geworden van de beginsnelheid v_o en de afstand die de massa m aflegt gedurende de werkingstijd (s_e-s_0).

De werkingstijd ($t_e - t_0$) en eindsnelheid v_e zijn te bepalen uit de eerder gegeven formules voor v_t en s_t.

$$v_e = v_0 + a.(t_e - t_0) = v_0 + \frac{F}{m}.(t_e - t_0) \qquad (2.14)$$

$$s_e = s_0 + v_0.(t_e - t_0) + \frac{1}{2}.a.(t_e - t_0)^2 = s_0 + v_0.(t_e - t_0) + \frac{1}{2}.\frac{F}{m}.(t_e - t_0)^2 \qquad (2.15)$$

De tweede vergelijking is een vierkantsvergelijking voor ($t_e - t_0$) en heeft twee oplossingen, waarvan er maar een voldoet.

$$(t_e - t_0) = \frac{-v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2.(s_e - s_0).\frac{F}{m}}}{\frac{F}{m}} \qquad (2.16)$$

Ingevuld in de eerste vergelijking levert dit voor v_e de volgende uitdrukking op.

$$v_e = \sqrt{v_0^2 + 2.(s_e - s_0).\frac{F}{m}} \qquad (2.17)$$

Check.

$$kinetische - energie - toename = \frac{1}{2}.m.(v_e^2 - v_0^2) = \frac{1}{2}.m.[2.(s_e - s_0).\frac{F}{m}] = F.(s_e - s_0) \qquad (2.18)$$

Dat klopt, want de energietoename is gelijk aan de kracht * de afgelegde weg gedurende de werkingstijd.

Voor het geleverde **gemiddelde** vermogen door de kracht blijft de eerder gegeven uitdrukking geldig.

$$P_{gem} = \frac{Totale - arbeid}{(t_e - t_0)} = \frac{F.(s_e - s_0)}{(t_e - t_0)} = F.v_{gem} \qquad (2.19)$$

Ook de eerder gegeven uitdrukkingen voor het verband tussen energietoename, gemiddelde vermogen en impuls van de kracht blijven onveranderd. Conclusie-4 blijft daarom ook ongewijzigd.

$$Totale - arbeid = \int_{t=t_0}^{t=te} F.ds = \int_{t=t_0}^{t=t_e} F.v.dt =\approx v_{gem}.\int_{t=t0}^{t=te} F.dt = v_{gem}.opp \qquad (2.20)$$

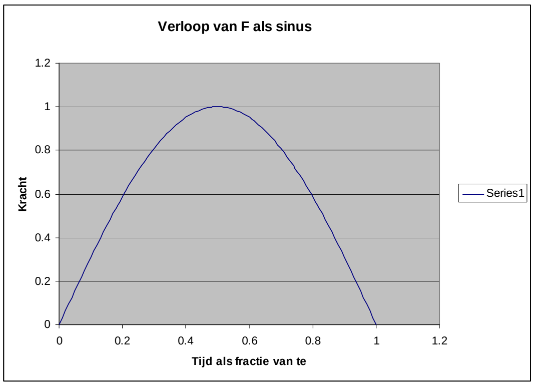
$$Gemiddelde - vermogen = P_{gem} = \frac{Totale - arbeid}{(t_e - t_0)} = \frac{v_{gem}.opp}{(t_e - t_0)} = \frac{(s_e - s_o).opp}{(t_e - t_o)^2} \qquad (2.21)$$

Conclusie-4.
Het is hieruit zondermeer duidelijk dat een groter 'opp' en een grotere afgelegde weg direct resulteren in een hoger geleverd gemiddeld vermogen. Het 'opp' en de afgelegde weg moeten daarom zo groot mogelijk worden gemaakt. Dat wil zeggen een zo groot mogelijke kracht gedurende een zo lang mogelijke tijd over een zo lang mogelijke weg.

2.3 Situatie-3.

Beschouw weer een vrij vliegende massa m. Wanneer er op die massa geen kracht werkt, dan is, volgens de eerste wet van Newton, die massa in rust (staat stil) of beweegt zich met een constante snelheid langs een rechte lijn (eenparige snelheid v_0). Veronderstel dat er op een zeker tijdstip t = 0 een kracht F op die massa gaat werken, die op dat moment in rust is ($v_o = 0$). In tegenstelling tot situatie-1 en situatie 2 is nu de kracht niet constant, maar sinusvormig.

$$F = F_{\max}.\sin(\frac{\pi.t}{t_e}) \qquad (2.22)$$



Figuur 2.4. Sinusvormige kracht als functie van de tijd

Dit resulteert in een versnelling van de massa en daarmee in een veranderende snelheid van de massa. De snelheid van de massa op een tijdstip t kan worden berekend met onderstaande uidrukking.

$$v_t = \frac{F_{\max}}{m}.\frac{t_e}{\pi}.[1 - \cos(\frac{\pi.t}{t_e})] \qquad (2.23)$$

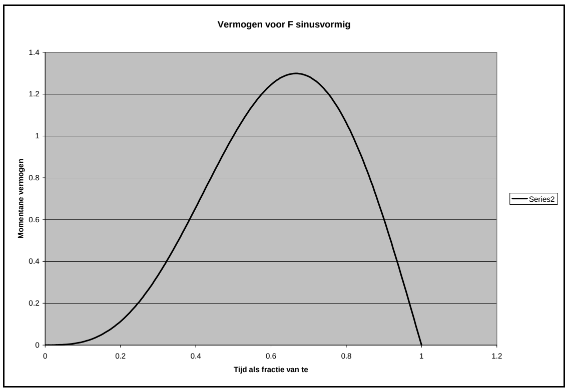
Dit resulteert in een snelheid v_e op het tijdstip $t = t_e$ (einde van de halve sinus) zoals hieronder gegeven.

$$v_e = 2.\frac{F_{\max}}{m}.\frac{t_e}{\pi}. \qquad (2.24)$$

Uit bovenstaande uitdrukkingen kan het geleverde vermogen op ieder tijdstip worden berekend.

$$P_t = \frac{F_{\max}^2}{m}.\frac{t_e}{\pi}.[\sin(\frac{\pi.t}{t_e}) - 0.5.\sin(\frac{2.\pi.t}{t_e})] \tag{2.25}$$

Het verloop is getekend in onderstaande figuur.



Figuur 2.5. Het verloop van het vermogen voor een sinusvormige kracht F.

De maximale waarde wordt gevonden voor t = 0.6667. t_e en is gelijk aan:

$$P_t(\max) = 1.299 * \frac{F_{\max}^2.t_e}{m.\pi} \tag{2.26}$$

Het gemiddelde vermogen is als volgt.

$$P_t(gem) = \frac{2.F_{\max}^2.t_e}{m.\pi^2} \tag{2.27}$$

3. De eigenschappen van spieren.

De spieren vormen de motor van het lichaam. Kennis omtrent eigenschappen van spieren kan voordelig zijn en een verklaring geven waarom de ene sporter op bepaalde vlakken meer kan dan andere sporters.

Spieren zijn opgebouwd uit vezels. Doordat die vezels samentrekken (contractie) wordt de spier korter. Voor dat samentrekken is energie nodig die is opgeslagen in de spieren en wordt aangevoerd door het bloed. Die energie kan uit verschillende bronnen komen (ATP, koolhydraten, vetten, etc). Afhankelijk van het inspanningsniveau van de spier wordt gebruik gemaakt van een andere brandstof. Voor hele kortdurende hevige inspanningen is dat van ATP (maar een paar seconden), voor duurinspanningen van koolhydraten of vetten (afhankelijk van inspanningniveau of hartslag). Door het verbrandingsproces van de energie in de spier worden er afvalstoffen gevormd. Die moeten worden afgevoerd door het bloed. Als er meer afvalstof wordt aangemaakt dan het bloed kan afvoeren, dan ontstaat er een ophoping van afvalstoffen in de spier, waardoor die spier gaat blokkeren. Dat is de bekende ‘verzuring’ door het melkzuur (‘lactaat’).

Wanneer er bij een duurinspanning precies evenveel melkzuur wordt aangemaakt als er wordt afgevoerd door het bloed, ontstaat er een ‘steady state’ situatie. De maximaal mogelijke duurinspanning is de steady state situatie waarbij de maximale afvoercapaciteit van het bloed wordt gebruikt. (We zitten dan aan de ‘rode schrap’).

Door training kan het niveau van de ‘rode schrap’-inspanning worden verhoogd. Het lichaam gaat dan blijkbaar efficiënter werken. Ik weet niet hoe dat gaat, maar kan wel wat verzinnen. Door een betere doorbloeding krijg je een betere afvoer van het melkzuur en betere toevoer van brandstof en zuurstof. De zuurstofopnamecapaciteit van de longen wordt groter door training. Er ontstaat door training mogelijk een efficiënter verbrandingsproces of er kunnen meer spiervezels tegelijk worden geactiveerd.

Bij korte hevige inspanningen is de beschikbare brandstof daarvoor snel verbruikt. Voor het verbrandingsproces daarvan is geen zuurstof nodig (anaeroob). Bij duurinspanningen is altijd wel zuurstof nodig (aeroob).

Spieren bevatten twee soorten vezels: witte- en rode spiervezels. De ene soort is nodig voor explosieve kracht (witte vezels), de andere voor duurinspanningen (rode vezels). De verdeling van de vezels in een spier is in principe een kwestie van individuele aanleg (sprinters en duursporters). Voor een individu is de verdeling van de vezels niet voor iedere spier het zelfde, maar kan verschillen. Door training kun je wel, ondanks je aanleg, zowel de ene als de andere soort inspanning verbeteren. Het lijkt er echter op dat sporters, die in aanleg sprinters zijn, gemakkelijker het ‘duurwerk’ oppikken’ dan dat duursporters het sprintwerk oppikken. Dat laatste is in veel beperktere mate mogelijk.

Ten aanzien van het vermogen dat door een spier geleverd kan worden zijn er twee belangrijke eigenschappen: de maximaal mogelijke contractiesnelheid en de maximale kracht die een spier kan leveren.

<u>De contractiesnelheid</u>.
Bij mijn weten is de maximale contractiesnelheid (bij belasting = 0) niet veel te verbeteren en een kwestie van individuele aanleg. Die maximale contractiesnelheid krijg je wanneer een spier soepel is en goed opgewarmd (doorbloed). Dat betekent souplesseoefeningen doen (‘rekken en strekken’) en een goede ‘warming-up’.

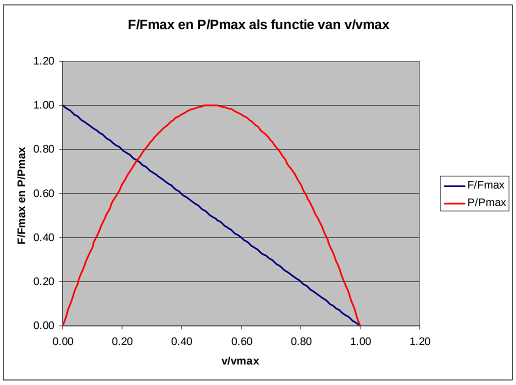
<u>De maximale kracht</u>.
Evenals de contractiesnelheid is de maximaal <u>**haalbare**</u> kracht die een spier kan leveren een kwestie van individuele aanleg. In tegenstelling tot de contractiesnelheid echter is de kracht die een spier kan leveren juist wel heel goed te trainen (witte vezels). Door het principe van ‘overload’ (tijdens krachttraining een spier tegen zijn maximale kracht te belasten), wordt een spier sterker. Aanvankelijk, bij ongetrainde sporters, neemt die kracht zeer snel toe. Zodra een bepaald krachtniveau bereikt is, moet er meer getraind worden voor dezelfde krachttoename. Op een gegeven moment is de krachttoename nul geworden en heeft men het maximaal haalbare niveau bereikt. Dat maximaal haalbare niveau is weer een kwestie van aanleg. Buiten kijf staat echter dat iedereen zijn krachtniveau aanzienlijk kan verhogen ten opzichte van zijn ongetrainde niveau. Ik denk dat door goede training iedereen zijn oorspronkelijke krachtniveau met minstens een factor twee of drie kan verbeteren. Als ik het juist heb begrepen dan worden er door krachttraining niet meer spiervezels aangemaakt, maar de aanwezige vezels worden wel dikker. Die hypertrofie is een bekend gegeven. Dit geldt overigens alleen voor de witte vezels. De rode vezels worden niet dikker. Verder is ook bekend dat de kracht evenredig is met de dwarsdoorsnede van de spier, hetgeen verklaart waarom een spiervezel die dikker wordt ook meer kracht kan leveren.

Ook de kracht die een spier per oppervlakte-eenheid kan leveren is denk ik een kwestie van aanleg. Het is voor iedereen die wel eens aan krachtsport heeft gedaan duidelijk dat voor twee individuen die even ‘dikke’ spieren hebben het toch mogelijk is dat de ene daarmee aanzienlijk meer kracht kan leveren dan een ander (bij gelijk trainingsniveau!).

Er zijn sporten waarbij kracht niet zo belangrijk is, maar juist souplesse. Marathonlopers bijvoorbeeld hebben helemaal geen belang bij sterke spieren, maar moeten hun prestatie halen uit de capaciteit van hart en longen en daarnaast ook nog eens een minimaal gewicht hebben omdat ze dan minder ballast hebben mee te sjouwen. Ik heb daarvan wel eens representanten gezien die geen voordeursleutel nodig hebben, maar door de brievenbus hun huis in konden gaan. En dunne armen en benen betekent weinig dwarsoppervlak van de spieren en dus weinig kracht. Bij andere sporten is kracht juist wel uitermate belangrijk: gewichtheffen, kogelstoten, etc. Dat zijn dan ook de sporters met de hele dikke spieren. Voor de meeste sporten is de optimale situatie een combinatie van souplesse en kracht. Veel dikke spieren werken duurinspanningen echter tegen, maar toch zijn beide soorten vezels nodig. Roeien is een voorbeeld van een sport met zo'n compromis. Je moet wel degelijk over kracht beschikken om de boot een bepaalde snelheid te kunnen geven (bootweerstand), maar het moet niet zo zijn dat die zwaardere spieren het duurvermogen 'in de weg' gaan zitten. Het optimum moet daarbij proefondervindelijk worden gezocht.

Een kanttekening hierbij. Hele zware gespierde roeiers kunnen in principe veel meer vermogen leveren dan wat lichtere roeiers. Het bevreemdt sommigen daarom wel eens dat lichtere roeiers desondanks toch hoger in de uitslag staan dan zwaardere roeiers. Dit kan te maken hebben met het volgende. Als een roeier zwaarder is dan een ander, dan zal daardoor de boot iets meer diepgang krijgen. Die meerdere diepgang geeft een hogere weerstand. Als de zwaardere roeier die weerstandverhoging niet kan compenseren door een hoger vermogen te leveren dan de lichtere roeier, dan presteert hij in de uitslag minder. Interessant in dit verband is natuurlijk ook, dat die grotere diepgang in een kleine sloep veel groter is dan in een grote sloep. Hoe groter het doorsnijdingsoppervlak van de sloep op de waterlijn, des te kleiner is de invloed. Zware bemanningen hebben daarom baat bij sloepen met een groot doorsnijdingsoppervlak.

Een spier heeft dus een maximale contractiesnelheid en een maximale kracht die hij kan leveren. Als de geleverde kracht groter wordt, dan wordt de mogelijke contractiesnelheid lager (ook een overbekend ervaringsfeit). Als ik aanneem dat dit een lineair verband is, dan krijg je het verloop zoals getekend in de volgende figuur. Let wel: in onderstaande figuur is voor iedere contractiesnelheid de maximaal mogelijke kracht getekend. Uiteraard kan een kleinere kracht ook met die contractiesnelheid worden geleverd, maar dat is dan niet de maximaal haalbare kracht bij die contractiesnelheid. Let er ook op dat langs de assen de 'genormeerde' grootheden staan (F/F_{max} en v/v_{max}).

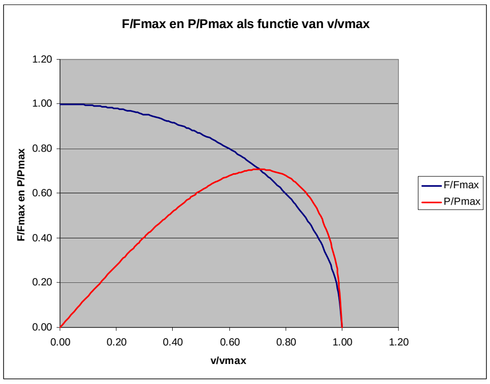


Figuur 3.1. Verband tussen F en v lineair.

Uit dit aangenomen verband is eenvoudig het geleverde vermogen bij elke snelheid te berekenen. Het maximaal geleverde vermogen wordt gevonden bij $v/v_{max} = ½$ en is gelijk aan $F_{max} * v_{max} /4$. Het geleverde genormeerde vermogen staat eveneens in de figuur getekend (P/P_{max}).

- Het is uit bovenstaande figuur direct duidelijk dat het hoogste vermogen niet wordt geleverd bij de maximale kracht of maximale contractiesnelheid (waarvoor in beide gevallen het geleverde vermogen 0 is), maar voor deze aangenomen lineaire kracht-contractiesnelheid relatie, precies halverwege.
- Het maximaal mogelijke vermogen P_{max} is van belang voor sprinten (maximale bootsnelheid), waarbij de witte spiervezels van groot belang zijn.
- Het maximale vermogen dat voor een duurinspanning geleverd kan worden (steady state situatie) is veel lager dan P_{max} (een factor 4 à 5?). Daarnaast is dit maximale duurvermogen ook afhankelijk van de inspanningsduur zelf (voor een uur sporten is die anders dan voor twee uur sporten). Uit bovenstaande figuur is duidelijk te zien dat er voor een bepaald steady state vermogen twee mogelijke opties zijn. Eentje bij een hoge contractiesnelheid (en lage kracht) en eentje bij een lage contractiesnelheid (en hoge kracht). Welke de beste optie is voor een individuele sporter, hangt af van zijn natuurlijke aanleg.
- Door krachttraining te doen, blijft bovenstaande figuur ongewijzigd (het zijn 'genormeerde' grootheden). Maar in absolute zin verandert er wel iets. In absolute zin wordt F_{max} wel groter en daardoor P_{max} ook ($= F_{max} * v_{max} /4$). Dat betekent dat een bepaalde roeisnelheid (vermogen) door krachttraining bij een lagere (P/P_{max}) kan worden gehaald. Of andersom geredeneerd: bij handhaving van dezelfde P/P_{max} verhouding is de absolute grootte van het geleverde vermogen door krachttraining hoger en daarmee de roeisnelheid ook.

Een ander voorbeeld van een aangenomen verband tussen contractiesnelheid en kracht staat in de volgende figuur getekend. Of het juist is weet ik niet, waarschijnlijk niet, maar het wordt alleen maar ter illustratie gegeven. Het kan ook best zo zijn dat dit verband persoonsafhankelijk is en per persoon per spier ook nog eens verschilt.



Figuur 3.2. Verband tussen F en v kwadratisch.

Het maximale vermogen wordt nu gevonden bij: $\frac{v}{v_{\max}} = \frac{1}{2}\sqrt{2}$ en is gelijk aan:

$$P_{\max} = \frac{\sqrt{2}.F_{\max}.v_{\max}}{4} \tag{3.1}$$

Op deze wijze kunnen er nog meer veronderstelde contractiesnelheid- kracht relaties worden bekeken. De conclusies uit al die aangenomen relaties leiden tot soortgelijke conclusies als die voor het lineaire verloop. Alleen zullen de maxima optreden bij andere genormeerde waarden.

4. Toepassing op het sloeproeien.

De afgeleide betrekkingen kunnen worden toegepast op onder andere het sloeproeien. Tijdens het roeien werkt de waterweerstand op het onderwaterschip van de romp en de luchtweerstand op het bovenwatergedeelte van de sloep (romp en bemanning). Als er weinig wind is, dan wordt het overgrote deel van de totale weerstand gevormd door de waterweerstand en voor slechts een klein deel door de luchtweerstand. Merk wel op, dat zelfs bij windstil weer er wel degelijk een windweerstand is door de 'valse' wind tengevolge van de eigen vaarsnelheid.

Per slagcyclus wordt er door deze totale weerstand energie gedissipeerd (='verbruikt'), waardoor de kinetische energie van de sloep met bemanning afneemt. Als de bemanning wil dat de sloep gemiddeld even snel blijft varen per slagcyclus, dan zal die bemanning een zelfde hoeveelheid energie per slagcyclus moeten leveren als dat er gedissipeerd wordt. Op dat moment is er een evenwichtsituatie ontstaan waardoor de sloep per slagcyclus dezelfde gemiddelde snelheid blijft varen.

Dit kan ook anders verwoord worden. Als per slagcyclus de geleverde energie gelijk is aan de gedissipeerde energie, dan betekent dat, omdat in dat geval ook de werktijd voor beiden gelijk is, dat het gedissipeerde vermogen per slagcyclus gelijk is aan het geleverde vermogen over de totale slagtijd. Een slagcyclus bestaat echter uit een 'haaltijd' en uit een 'oprijdtijd' (recover). Alleen tijdens de haal kan er door de bemanning arbeid worden geleverd. Dat betekent dat het geleverde vermogen tijdens de haal groter moet zijn dat het gedissipeerde vermogen, omdat de tijd waarover arbeid wordt geleverd kleiner is. Het verband tussen beide vermogens wordt hieronder gegeven. Eerst wordt het verband tussen de haaltijd en oprijdtijd gedefinieerd.

$$oprijdtijd = \alpha * haaltijd \quad \text{en} \quad slagtijd = haaltijd + oprijdtijd \quad \text{en dus:}$$

$$haaltijd = \frac{slagtijd}{(1+\alpha)} \tag{4.1}$$

$$(Arbeid - tijdens - haal) = (vermogen - tijdens - haal) * haaltijd \tag{4.2}$$

$$(Gedissip. - Arbeid - per - slag) = (gedissip. - vermogen - per - slag) * slagtijd \tag{4.3}$$

Gelijkstelling van beide 'energieën' levert het gewenste verband tussen beide vermogens.

$$P_{haal} = P_{dissipatie}.(1+\alpha) \tag{4.4}$$

Check.
Als de haaltijd en oprijdtijd gelijk zijn ($\alpha = 1$), dan is P_{haal} tweemaal zo groot als $P_{dissipatie}$ (klopt dus).

Opmerking.
Het is dus een gedachtenfout om te denken dat het gemiddelde geleverde vermogen tijdens een haal gelijk is aan het vermogen dat nodig is om de sloep een bepaalde snelheid te geven. Daar zijn twee redenen voor. De eerste is dat de energie die **tijdens de haal** wordt geleverd gelijk is aan de energie die door het water wordt gedissipeerd **tijdens de hele slag**. De haaltijd is echter korter dan de slagtijd. Het geleverde vermogen is daarom hoger. Als de slagtijd tweemaal de haaltijd is, dan is om deze reden het geleverde vermogen al twee keer zo hoog. De tweede reden is dat het rendement ('effectiviteit') van de riem geen 100% is. Met andere woorden niet alle energie die in de riem wordt gestopt komt ten goede aan de snelheid van de boot. Ook het water komt in beweging (om het blad), dat kost eveneens energie.

Voorbeeld.
Als een ploeg 105Watt/roeier levert volgens de handicapberekening, de slagtijd gelijk is aan tweemaal de haaltijd en het rendement van de riem is 75%, dan wordt er per roeier eigenlijk 2 * 105 / 0.75 = 280 Watt/ roeier tijdens de haal geleverd.

Alle voorgaande betrekkingen zijn afgeleid voor de 'haal'. Het is duidelijk dat voor het sloeproeien situatie 2 van toepassing is. De haaltijd is niet de constante factor, maar de afstand waarover de kracht wordt aangezet. Dit is de zogenaamde 'reach', de afstand die het **handvat** van de riem aflegt tijdens de haal. Zonder de geldigheid en algemeenheid van alle gegeven betrekkingen aan te tasten kunnen zowel s_0, t_0 als v_o gelijk aan '0' worden gekozen. In het vervolg zal dat dan ook worden gedaan.

4.1 ‘Fat middle’ versus sinusvormig krachtprofiel.

Stefan Seiler heeft in een artikel (Ref [1]) aangetoond dat volgens hem het “Fat-middle” krachtprofiel (situatie 1 of situatie 2 met een constante kracht) beter is dan een sinusvormig krachtprofiel. Met de gegeven formules voor de verschillende situaties is dat gemakkelijk na te gaan. Uiteraard moet er dan wel als uitgangspunt worden gekozen dat per haal het effect op de snelheid van beide profielen gelijk is. Met andere woorden de snelheidstoename per haal moet in beide gevallen gelijk zijn. In dat geval zijn de geleverde impulsen door de krachten en de resulterende kinetische energieën natuurlijk ook gelijk in beide gevallen.

Situatie-1 en situatie-2:

$$v_e = v_0 + \frac{F}{m}.(t_e - t_0) = \frac{F.t_e}{m} \qquad (4.5)$$

Situatie-3:

$$v_e = 2.\frac{F_{\max}}{m}.\frac{t_e}{\pi}. \qquad (4.6)$$

Hetgeen resulteert in:

$$F = \frac{2}{\pi}.F_{\max} \qquad (4.7)$$

Ofwel met het Fat-middle krachtprofiel heb je maar ongeveer 2/3 van de kracht nodig als voor het sinusvormige krachtprofiel. Dat is nogal een verschil. Hoe zit het met de maximale vermogens in beide gevallen? Voor situatie-1 en situatie-2 is de kracht constant en de snelheid het hoogste op tijdstip t_e. Het maximale vermogen treedt daarom op dat moment op. Voor situatie-3 staat het maximale vermogen hierboven al berekend en treedt op op tijdstip t = 0.6667.t_e.

Situatie-3:

$$P_t(\max_3) = 1.299 * \frac{F_{\max}^2.t_e}{m.\pi} \qquad (4.8)$$

Situatie-1 en Situatie-2:

$$P_t(\max_{1,2}) = F.v_e = \frac{F^2.t_e}{m} = (\frac{2}{\pi}.F_{\max})^2.\frac{t_e}{m} \qquad (4.9)$$

De verhouding tussen beide maxima’s is ongeveer 1.02 (voor situatie-3 iets hoger). Dat maakt daarom niet zo veel verschil.

Het sinusvormige krachtprofiel heeft wel andere nadelen:

1. De snelheidsvariatie is groter omdat de versnelling niet constant is: het mini-interval effect is daarom ongunstiger (Ref [2]).
2. De belasting voor spieren en pezen is ongunstiger: hogere piekbelastingen.

4.2 ‘Fat middle’ versus geweldige ruk tijdens de slag.

Er zijn roeiers die denken dat een geweldige ruk in het midden van de haal veel effectiever is dan een constante kracht gedurende de hele haal. Ook dit kan gemakkelijk worden onderzocht met de gegeven formules. Veronderstel dat er twee roeiers in een boot zitten met precies hetzelfde slagtempo en dat één daarvan een geweldige sinusvormige ruk halverwege de haal geeft terwijl de andere roeier een ‘fat-middle’ haal heeft. De haaltijd t_e van die ruk echter is bijvoorbeeld maar de helft van de haaltijd van die voor het ‘Fat-middle’ krachtprofiel. De vergelijking moet weer worden gemaakt voor het geval de eindsnelheid in beide gevallen gelijk is.

$$t_e^s = 0.5.t_e^c \qquad (4.10)$$

Toepassing van bovenstaande formules levert nu op:

$$F = \frac{1}{\pi}.F_{\max} \qquad (4.11)$$

En de verhouding tussen beide maxima’s van de beide vermogens is ongeveer 2.04 (voor situatie-3 hoger).

De constante kracht hoeft in dit geval maar ongeveer 1/3 van de maximale sinusvormige kracht te zijn om het zelfde effect te krijgen. Een hogere constante kracht geeft al een beter resultaat. Daarnaast is de snelheidsvariatie in dit geval nog hoger en dus ongunstiger en de piekbelastingen voor spieren en pezen wordt nog ongunstiger.

Conclusie-4.1:
Het is duidelijk dat een zo constant mogelijke kracht tijdens de haal veel beter is.

Stel je nu eens de situatie voor dat bijvoorbeeld bakboord met een fat-middle haal roeit, terwijl stuurboord dat met een sinusvormige haal doet (maar wel met een zelfde haaltijd). Verder wordt er verondersteld dat de constante kracht hetzelfde effect heeft als de sinusvormige kracht (snelheidstoename voor beide halen gelijk). Dit lijkt dan geen probleem te zijn, maar is dat wel. Tijdens de haal zal de sloep namelijk drie keer van koers veranderen. In het eerste gedeelte van de haal omdat bakboord meer kracht levert, in het middelste gedeelte van de haal omdat stuurboord de meeste kracht levert en in het laatste gedeelte van de haal omdat bakboord weer meer kracht levert. Dit draaien om de verticale as (koersverandering) heeft ook een draaiing om de lengteas tot gevolg (schommelen). Dit heeft 3 nadelen: de weerstand wordt hoger (net als in een bocht), er wordt een iets langere weg gevaren en er gaat energie verloren door het schommelen van de boot.

Conclusie-4.2.
Het is zaak dat iedereen het hertzelfde krachtprofiel roeit. Daarbij is het ‘fat-middle’ krachtprofiel veel gunstiger, dan welk ander krachtprofiel dan ook.

Opmerking.
Ieder willekeurig krachtprofiel kan worden vertaald naar een equivalent krachtprofiel met een constante kracht. Die constante equivalente kracht is simpelweg de gemiddelde kracht over de haal en levert dezelfde impulsbijdrage als het willekeurige krachtprofiel, omdat de uitdrukking die het gemiddelde geeft, precies dezelfde is als die de impulsbijdrage van beide gelijk stelt.

$$F_{equivalent} = F_{gem} = \frac{\int_{t=0}^{t=t_e} F_t.dt}{t_e} \qquad (4.12)$$

Blijft natuurlijk gelden, dat dan weliswaar de zelfde krachtimpuls wordt gegenereerd, maar dat een echte constante kracht met de waarde van het gemiddelde toch een beter resultaat geeft doordat de snelheidsvariaties daardoor kleiner zijn (‘mini-interval effect’).

Opmerking.
We zijn er van uit gegaan dat de ploeg perfect gelijk roeit: bladen er gelijk in en er ook gelijk uit (t_e voor iedereen gelijk). Maar daarmee kan de perfectie dan ook direct ophouden. Een roeier die als enige in de ploeg een geweldige ruk geeft tijdens de haal, kan nog steeds zijn blad gelijk met de anderen inpikken en uitpikken. Maar tot het moment van de ruk hoeft hij helemaal geen kracht te leveren en na die ruk tot de uitpik ook niet. Het maakt in dit geval dan ook niet uit of die ene roeier gelijk inpikt en uitpikt. Als hij pas in zou pikken op het moment van het begin van de ruk en direct na de ruk zou uitpikken, dan is het effect voor de sloep precies het zelfde: drie maal een koerswisseling van de sloep en schommelen. Het gelijke inpikken en uitpikken is dus in dit geval alleen maar een schijnperfectie. In het hierboven geschetste geval (tijd van de ruk = halve haaltijd) zou de ‘rukker’ ook nog eens kunnen gaan denken dat hij veel beter presteert dan de anderen: zijn maximale kracht is immers drie maal zo groot en zijn piekvermogen twee maal zo groot als dat van de anderen. In werkelijkheid heeft hij in dat geval echter alleen nog maar een gelijke **arbeid** per haal geleverd en zijn P_{gem} is dus precies gelijk aan die van de anderen (P_{gem} moet worden berekend over de haaltijd van de anderen). Daarnaast heeft hij door zijn ongelijke roeien de bootbalans verstoord en krijgt extra tijd om te herstellen. Logisch dat hij zal vinden dat het slagtempo nog wel omhoog kan.

4.3 Factoren die het geleverde gemiddelde vermogen beïnvloeden.

We gaan uit van situatie-2. Voor deze situatie is de volgende uitdrukking voor het gemiddelde vermogen geldig. Hierbij zijn t_0, v_0 en s_0 gelijk aan ‘0’ genomen.

$$P_{gem} = \frac{Totale - arbeid}{(t_e - t_0)} = \frac{v_{gem}.opp}{(t_e - t_0)} = \frac{(s_e - s_o).opp}{(t_e - t_o)^2} = \frac{s_e.opp}{t_e^2} \qquad (4.13)$$

Het geleverde gemiddelde vermogen wordt vergeleken voor het geval iedere roeier zijn riem precies gelijk inpikt en ook weer gelijk uitpikt. Dat betekent dat voor iedere roeier t_e gelijk is. In dat geval is het geleverde Pgem afhankelijk van maar twee factoren.

1. De **'reach'** s_e. Dit is de afstand die het **handvat** van de riem per haal aflegt. Als we er van uitgaan dat van twee roeiers, die het zelfde verzet roeien en ook de zelfde bladvoering hebben, de s_e van de ene roeier groter is dan die van de andere roeier en dat het 'opp' voor beide roeiers wel precies gelijk is, dan levert de roeier met de grotere reach meer P_{gem}. (In hoofdstuk 5.1 en 5.4 zal met de formules (5.8) en (5.9) worden aangetoond dat het onmogelijk is dat in dit geval de oppervlakken toch gelijk zijn. Het 'opp' van de roeier met de kleinere reach zal in dat geval ook lager zijn, omdat de kracht ook lager is).
2. Het **'opp'.** Dit is de impuls van de kracht tijdens de haal. Hoe groter het 'opp' des te groter wordt het geleverde vermogen. Dat betekent van twee roeiers die het zelfde verzet roeien en de zelfde bladvoering hebben, dat de sterkere roeier meer vermogen levert dan de minder sterke roeier, want de t_e is voor beide roeiers gelijk. Het verschil in vermogen is net zo groot als het verschil in kracht (20% meer kracht betekent ook 20% meer vermogen). Kracht is dus uitermate belangrijk. (Ook hier geldt een soortgelijke kanttekening als bij punt-1: in hoofdstuk 5.1 en 5.4 zal met de formules (5.8) en (5.9) worden aangetoond dat ook in dit geval het onmogelijk is dat bij een gelijke haaltijd en verschillend 'opp' de reach toch gelijk is. De 'reach' van de roeier met het kleinere 'opp' zal ook lager zijn).

Hoe kan de 'reach' worden vergroot?
De 'reach' wordt zo groot mogelijk als we bij de inpik zo ver mogelijk naar voren strekken en pas uitpikken als we zo ver mogelijk achterover hangen. Het laatste heeft dan ook nog eens het voordeel dat er gratis gebruik wordt gemaakt van het lichaamsgewicht. Uiteraard zijn de langere roeiers voor wat betreft de reach in het voordeel door hun lichaamsbouw: zij kunnen hierdoor in principe meer vermogen leveren. De reach wordt ook beperkt als bij de inpik de armen gebogen zijn en niet gestrekt ('met de armen roeien'). Een bijkomend nadeel hierbij is verder dat met gebogen armen roeiend minder kracht kan worden geleverd, zoals in het krachthonk proefondervindelijk is gebleken.

Hoe kan het 'opp' worden vergroot?
Bij gelijke t_e kan het 'opp' alleen maar vergroot worden door de kracht groter te maken.

4.4 Afschatting van vermogensafname door foute roeitechnieken.

1. Een fout is dat niet de volle reach wordt gebruikt. We gaan weer uit van twee roeiers die precies gelijk roeien met het zelfde verzet en de zelfde bladvoering. Als bij de inpik de bladen van hun riemen elkaar bijna raken, dan betekent dit dat de voorste roeier een veel kleinere slag maakt. Hierna volgt een afschatting van het verschil in vermogen dat hierdoor ontstaat. Ik denk dat, indien de volle reach wordt gebruikt, de riem over ongeveer 60^0 in de dol draait. Als de bladen elkaar bij de inpik bijna raken dan draait de ene riem ongeveer 15^0 minder dan de andere riem, alleen al door de inpik. Als we aannemen dat bij de uitpik de riemen wel parallel lopen, dan wordt door de roeier met de kleinere reach als gevolg hiervan 75% van het vermogen geleverd van de roeier met de grotere reach. Een te kleine reach kan ook het gevolg zijn dat er met gebogen armen wordt geroeid. In dat geval wordt de kracht die kan worden geleverd ook nog eens kleiner. Als dan de reach hierdoor maar 75% is, en de kracht wordt door de gebogen armen ook nog eens 20% minder, dan is het totale effect op het geleverde gemiddelde vermogen dat dit naar 0.75 * 0.80 = 60% gaat. (In werkelijkheid zal het verschil veel groter zijn: zie hoofdstuk 5.1 en 5.4).
2. Een foute roeitechniek die ook resulteert in een lager geleverd vermogen is het draaien van het blad van de riem, zodat die niet vertikaal in het water staat. Daardoor neemt de kracht op het blad af om twee redenen: het geprojecteerde oppervlak van het blad wordt kleiner en de snelheid van het water ten opzichte van het blad wordt kleiner (wet van Bernouilli). Neem eens aan dat het blad over 20^0 ten opzichte van de verticale stand gedraaid is. Dat betekent dat het geprojecteerde oppervlak van het blad kleiner wordt met cos 20^0 = 0.94. Het zelfde geldt voor de wateromstroom coëfficiënt ook cos 20^0 = 0.94. In totaal neemt de kracht dan af met 0.94 * 0.94 = 0.88. Een roeier die zijn blad over 20^0 draait, levert ongeveer 88% van de kracht van een roeier die dat niet doet en ook maar ongeveer 88% van zijn vermogen. Bij een draaiing van het blad over 30^0 is dat al 75% geworden.
3. Een foute roeitechniek die ook resulteert in een lager geleverd vermogen is het blad niet gelijk helemaal onder water zetten, maar slechts gedeeltelijk. Als het blad maar voor 75% in het water zit, dan is de kracht ook maar 75% en het geleverde vermogen ook maar 75% van de waarden die ze zouden hebben als het blad helemaal onder water zou zitten.
4. De kracht op het handvat van de riem kan ook aanzienlijk kleiner worden als het voetenboord niet goed is of niet goed wordt gebruikt. Dat kan te maken hebben met de constructie van het voetenboord (scharnierend zoals een fietspedaal bijvoorbeeld), qua positie er van, maar ook omdat het voetenboord niet wordt gebruikt om goed tegen af te zetten. Als je je met je voeten niet goed kunt tegenhouden tegen het voetenboord, dan lever je tijdens de haal gewoon minder kracht. Bij een te grote kracht ga je dan namelijk over de doft heen naar voren toe schuiven.
5. Iedere combinatie van bovenstaande effecten levert dus een lager gemiddeld vermogen op. Als een roeier 10% minder sterk is dan een andere roeier, zijn reach 25% kleiner is, hij zijn blad draait over 20^0 en ook nog eens zijn blad maar voor 90% onder water zet, dan levert hij: 0.90 * 0.75 * 0.88 * 0.90 = 53% van het vermogen van de andere roeier.

4.5 Het slagtempo en het geleverde gemiddelde vermogen.

Als een sloep een constante gemiddelde snelheid heeft, dan wordt er per slagcyclus (haal + oprijden) precies net zo veel arbeid gedissipeerd door de weerstandskrachten op de sloep als dat er door de roeiers per haal wordt geleverd. Wanneer we bij dezelfde vaarsnelheid een ander slagtempo gaan roeien, en de verhouding tussen haaltijd en oprijdtijd blijft gelijk, dan moet het geleverde gemiddelde vermogen tijdens de haal ook het zelfde blijven (vaarsnelheid is constant). Het geleverde gemiddelde vermogen tijdens de haal wordt gegeven door onderstaande uitdrukking.

$$P_{gem} = \frac{s_e.opp}{t_e^2} \tag{4.14}$$

Een hoger slagtempo betekent een kleinere te. Oppervlakkig gezien zou je daarom kunnen denken dat wanneer het slagtempo 10% toeneemt (en t_e dus 10% af), dat het geleverde vermogen met 1/(0.9 * 0.9) = 23% toeneemt. Dat is echter een misvatting. Veronderstel maar eens dat er met een constante kracht F wordt geroeid. In dat geval is het opp = F * t_e en wordt dus ook kleiner. Bovenstaande formule wijzigt dan in de volgende:

$$P_{gem} = \frac{s_e.F.t_e}{t_e^2} = \frac{s_e.F}{t_e} \tag{4.15}$$

In het hierna volgende (‘Gevolgen’) wordt er van uit gegaan dat bij de aangegeven veranderingen, het verzet van de riem (verhouding binnenboord- buitenboordlengte) en de bladvoering (bladstand in het water) ongewijzigd blijven. (Zie ook hoofdstuk 5.5 voor slagtempo-aspecten)

Gevolgen.

1. Als de kracht F constant blijft tijdens de haal en de gemiddelde snelheid van de sloep ook, dan is ook P_{gem} constant. Dat kan alleen maar als de reach s_e net zo veel afneemt als de haaltijd t_e. Dat is ook precies wat er zal gebeuren in de praktijk. Door het slagtempo bij de dezelfde gemiddelde snelheid te verhogen met gelijk blijvende kracht op het handvat, zal de reach met een zelfde percentage afnemen. Het vermogen blijft dan constant. Dit heet ‘tikken’.
2. Als het vermogen constant is bij toenemend slagtempo, dan betekent dit dat ook het product van s_e en F kleiner mag worden. De afname van dat product moet gelijk zijn aan de toename van het slagtempo. In deze situatie zouden dus zowel de reach als de kracht iets mogen afnemen om toch hetzelfde vermogen te handhaven. In hoofdstuk 5.1 zal worden aangetoond dat dit niet mogelijk is. Om hetzelfde vermogen te houden bij dezelfde bladvoering en verzet, maar bij een hoger slagtempo, is alleen maar mogelijk door de reach net zo veel te verkorten als dat het slagtempo wordt verhoogd. De kracht op het handvat blijft in dat geval precies hetzelfde.
3. Wanneer de weersomstandigheden slecht zijn, bijvoorbeeld tegenwind en golfslag, dan zal de snelheid van de sloep afnemen. Er is dan wel minder vermogen nodig om de waterweerstand te overwinnen, maar er is meer vermogen nodig om de windweerstand en de weerstand ten gevolge van de golfslag te compenseren. Het is zeer waarschijnlijk dat er in dit geval door de roeiers net zo veel vermogen geleverd wordt als wanneer de sloep bij windstil weer (veel) sneller vaart. Men ziet dit alleen niet terug in de uitslag. Als er nu door de weersomstandigheden langzamer wordt gevaren en men handhaaft toch de reach, dan zal het slagtempo dalen. Daarnaast heeft dit tot gevolg dat er asymmetrisch geroeid gaat worden: de haaltijd wordt dan langer en de oprijdtijd zal niet veranderen. De haaltijd maakt dan een groter gedeelte van de hele slagtijd uit. Er is dan relatief minder tijd om de spieren even te laten herstellen (oprijdtijd). In de roeierij heet dan dat men zich ‘leegtrekt’ en veel sneller uitgeput raakt dan normaal het geval is. In deze situatie kan het voordelig zijn om het slagtempo te verhogen door de reach te verkleinen met dezelfde verhouding (het zogenaamde ‘tikken’). Hierdoor wordt de asymmetrie opgeheven en is men veel minder snel uitgeput. Normaal gesproken moet men er altijd naar streven om de reach maximaal te houden, alleen als dit leidt tot asymmetrie in de slag is het beter om de reach wel te verkorten. (Een andere optie zou kunnen zijn om in dit soort gevallen met een kortere riem te gaan roeien: dan kan weer wel de volle reach gebruikt worden).
4. Als men in staat zou zijn bij het hogere slagtempo ook de reach en de kracht te handhaven, dan gaat het vermogen wel degelijk omhoog en daarmee ook de gemiddelde snelheid van de sloep. Ook dit is een bekend ervaringsfeit uit de roeierij. Als je bij dezelfde kracht en reach in staat bent de haal in kortere tijd te doen, dan gaat de sloep sneller varen omdat er meer vermogen wordt geleverd. Kanttekening hierbij: dezelfde kracht bij een hogere bewegingssnelheid is vanaf een zeker krachtniveau niet meer mogelijk. (Zie spiereigenschappen). Als dit wel kan, dan heeft men niet tegen de ‘rode schrap’ aan gezeten of als men dat wel zat, dan geeft dit het gevaar dat je jezelf ‘opblaast’. (In hoofdstuk 5.4 formule (5.8) zal worden aangetoond dat de kracht niet hetzelfde kan blijven als de reach hetzelfde blijft en het slagtempo omhoog gaat).
5. De verhoging van het slagtempo kan ook gevolgen hebben voor het mini-interval effect. In principe is het mini-interval effect ongunstig (er wordt meer vermogen geleverd dan volgt uit de gemiddelde snelheid). Dit effect moet daarom geminimaliseerd worden. De verhoging van het slagtempo heeft twee effecten. In de eerste plaats treden er meer snelheidswisselingen op (ongunstig), maar de snelheidsvariatie per wisseling wordt wel kleiner (gunstig).

Beide effecten zouden elkaar wel eens kunnen compenseren voor wat betreft het mini-interval effect. Maar dit geldt denk ik niet voor de fysieke belasting: meer pieken en minder geleidelijke opbouw en afbouw van de kracht.

6. De verhoging van het slagtempo heeft nog een ander nadeel. Het lichaam heeft een zekere tijd nodig om een bepaald krachtniveau te halen en hetzelfde geldt voor de krachtafbouw. Deze opbouw- en afbouwtijd zijn inefficiënt. Wanneer bij dezelfde vaarsnelheid het slagtempo wordt verhoogd, dan betekent dat een kortere haaltijd (t_e). De tijd echter om een bepaalde kracht op te bouwen en af te bouwen wordt niet kleiner en gaat dan procentueel een groter gedeelte van de haaltijd uitmaken. De slag wordt daarmee inefficiënter, wat nadelig is uiteraard.

Opmerking:
Het slagtempo gaat ook omhoog (bij gelijke vaarsnelheid) als er met een kortere riem wordt geroeid. De riem zal door de kortere buitenboordlengte en dezelfde vaarsnelheid sneller roteren in de dol. Die hogere rotatiesnelheid zorgt er voor dat het einde van de (gelijkblijvende) reach eerder wordt bereikt. Dit betekent simpelweg dat het slagtempo wel omhoog moet gaan. De hierboven beschreven gevolgen voor het hogere slagtempo zijn daarom ook geldig als er een kortere riem wordt gebruikt.

Opmerking.
In de vorige opmerking staat uitgelegd dat bij een kortere riem bij dezelfde vaarsnelheid het slagtempo omhoog gaat als de reach gehandhaafd blijft. Dat betekent dat de aanhaalsnelheid van het handvat omhoog gaat. In dit geval mag de kracht op het handvat afnemen om toch hetzelfde vermogen te blijven leveren. De krachtafname mag net zo groot zijn als de slagtempo toename. (Zie ook hoofdstuk 5.2). In zijn algemeenheid is niet te zeggen of dit gunstig of ongunstig is. Dat hangt af van de fysieke aanleg van de ploeg. Een ploeg met een kortere riem in een sloep, die een bepaalde snelheid vaart, kan met minder kracht op het handvat toch precies hetzelfde vermogen leveren als een andere ploeg in dezelfde sloep bij dezelfde snelheid en reach. Wat het voordeligste is hangt af van de fysieke aanleg van de ploeg. Waar voelt men zich lichamelijk het prettigst bij: bij een mindere kracht met een hogere aanhaalsnelheid (‘tempomens’) of bij een lagere aanhaalsnelheid met een hogere kracht (‘krachtmens’). Het is natuurlijk duidelijk dat de superieure sporters diegenen zijn die veel kracht paren aan een hoog tempo. In feite ‘eten zij van twee walletjes’ en kunnen daarom heel veel vermogen leveren.

Opmerking.
De vorige opmerking staat ook in relatie tot de keuze van de riemlengte. Door een langere riem gaat het slagtempo bij dezelfde vaarsnelheid omlaag. (Zie ook hoofdstuk 5.3). Een ploeg die bestaat uit ‘krachtmensen’ zal zich lekkerder voelen en beter presteren met een wat langere riem dan een ploeg die bestaat uit ‘tempomensen’ in dezelfde sloep bij dezelfde snelheid. Die laatste ploeg heeft meer baat bij een wat kortere riem. Daarnaast moet worden opgemerkt dat wanneer een ploeg bestaande uit ‘tempomensen’ met een te lange riem roeit, er asymmetrie in de slag zal gaan optreden. Met het gevolg dat men zich, net als bij tegenwerkende weersomstandigheden, snel ‘leegtrekt’. Een kortere riem is dan de remedie. Het omgekeerde kan natuurlijk ook: krachtmensen die een te korte riem hebben. Een langere riem is dan de remedie.

Opmerking.
In verband met het voorgaande nog dit. Er wordt ook nog wel eens gedacht dat men door de keuze voor een andere riemlengte meer vermogen kan gaan leveren. Dat is inderdaad waar, maar alleen maar als de riemlengte niet optimaal gekozen is. Als men een riemlengte heeft die wel nagenoeg optimaal is (door de riem in de dol te verschuiven kan de overbrenging worden veranderd), dan wordt er echt niet meer vermogen geleverd. In dat geval kun je het vermogen alleen maar vergroten door de kracht te verhogen. Deze situatie is helemaal vergelijkbaar met een motor waar een verkeerde versnellingsbak achter hangt. Door een verkeerde versnellingsbak (riemlengte) wordt het vermogen van de motor niet optimaal benut. Wanneer de versnellingsbak wel goed past bij de motor, dan wordt het geleverde vermogen wel optimaal benut. De topsnelheid van een auto (die met een juiste versnellingsbak alleen maar bepaald wordt door het motorvermogen) kan alleen maar worden verhoogd door het motorvermogen te verhogen. Precies hetzelfde is waar bij het sloeproeien. Wanneer de riemlengte ongeveer goed is, dan kan er alleen sneller worden gevaren door het geleverde vermogen te verhogen. (‘It is not the boat, it is the engine’). Met de roeiers als ‘motor’ kan dat maar een ding betekenen: krachttraining.

Opmerking.
Voortbordurend op de voorgaande opmerking moet er ook worden opgemerkt dat het slagtempo niet zo maar iedere willekeurige waarde kan aannemen. Ik denk dat de ondergrens zo’n beetje 25 slagen per minuut is (krachtmensen) en de bovengrens zo’n 40 slagen (tempomensen). Daaronder zal de slag erg asymmetrisch gaan worden en daarboven worden de coördinatie, de piekbelastingen van het lichaam, inefficiëntie van de slag, etc, erg ongunstig.

5.0 Het roeien in een 'bak'.

Ik heb in het verleden met een sloep getraind die bij een (vlakkebaan) roeivereniging lag. Op de walkant was daar een doft op de grond gemonteerd en een uithouder met een dol ('bak'). Door op de doft te gaan zitten en een riem in de dol te leggen kon je met het blad door het water gaan. Een situatie eigenlijk waarbij de boot ligt afgemeerd en je toch gaat roeien.

Ik wilde dat ook wel eens proberen en pakte mijn (sloep)roeiriem om dat te doen. Dat viel zwaar tegen. Ik kreeg mijn riem nauwelijks door het water en het slagtempo was rond de 10 per minuut of nog lager. Als je er over nadenkt, dan is dat ook logisch. In deze situatie moet namelijk het hele blad door het water verplaatst worden over misschien wel drie meter (als de reach binnenboord ongeveer een meter is). Gedurende die hele slag moet het blad door het water verplaatsen. Dat kost heel veel energie en kracht.

Waarom kost dat nu meer energie dan met dezelfde riem in een sloep roeien? De verklaring is eenvoudig. In een varende sloep verplaatst (transleert) het blad van de riem maar weinig door water (afhankelijk van de kracht op het handvat) en roteert ongeveer om het punt waar het blad c.q. steel onder water gaat. Als het blad tenminste niet te klein is, waardoor anders te veel slip optreedt.

Door die rotatie en verplaatsing moet het water dat eerst voor het blad zat omstromen naar de achterkant van het blad: met het gevolg de bekende kolkjes aan de tip van het blad na de haal. In dit geval verplaatst het blad zich tijdens de haal maar weinig door het water, maar staat nagenoeg stil en verplaatst de boot zich over het water. Daar is veel minder kracht voor nodig dan het hele blad drie meter door het water trekken.

Dat bleek ook wel bij mijn roeipoging vanaf de kant, want ik kreeg al snel een andere riem waarin het blad een grote gatenkaas was. Met die riem was het wel mogelijk om een beetje redelijk slagtempo in de bak te halen.

Stel je nu eens voor dat de hele bemanning op deze manier vanaf de kant kan roeien, met allemaal een eigen identieke riem. Veronderstel ook nog dat alle roeiers precies dezelfde reach hebben. Welke roeier is nu in staat om het hoogste slagtempo te roeien? Dat moet in ieder geval de roeier zijn die het hoogste vermogen kan leveren. Want niet alleen haalt hij de hoogste snelheid van het blad door het water, maar de kracht op het blad wordt door die hogere snelheid ook nog eens hoger. Die kracht gaat met het kwadraat van de snelheid van het blad (wet van Bernouilli). Dus tweemaal zo snel, dan 2 * 2 = 4 maal zo grote kracht. En, niet verrassend natuurlijk, dit is geheel in lijn met het sloeproeien zelf, waar het vermogen daarmee recht evenredig met de derde macht van de snelheid. Als de snelheid tweemaal zo groot wordt, wordt het vermogen 2 * 2 * 2 = 8 maal zo groot. Dit laatste geldt uiteraard alleen maar als de Cw-waarde constant blijft.

Voor die hogere snelheid is dus ook meer kracht nodig. Dat wil zeggen dat de roeier die het hoogste vermogen levert in dit geval ook duidelijk de sterkste roeier is.

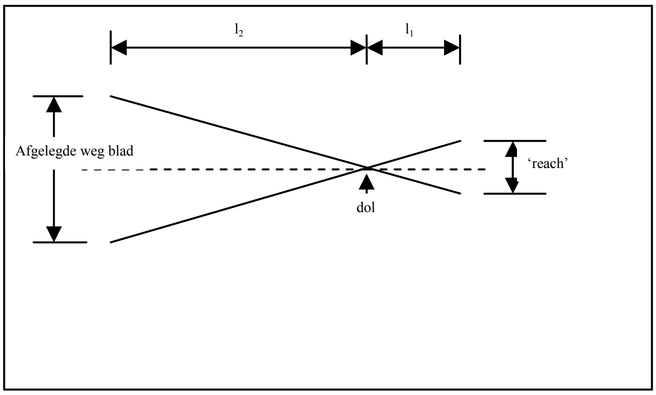
De andere roeiers kunnen die 'power' roeier dan alleen nog maar in slagtempo evenaren door te gaan 'smokkelen': het verkorten van de reach (door niet meer ver naar voren te strekken of naar achteren te hangen of door het eerste gedeelte van de slag een luchtslag te maken, met kromme armen roeien), het blad niet gelijk helemaal onder water te zetten, maar gedeeltelijk, het blad te draaien, etc.

Door dit gerommel kan de 'smokkelaar' zijn slagtempo opvoeren en menen dat hij dus degene is met het meeste vermogen en de meeste kracht omdat zijn slagtempo het hoogst is. Als hij op deze wijze zijn slagtempo opvoert, dan levert hij echt niet meer vermogen, maar zit in feite zichzelf in het ootje te nemen met het idee dat het vermogen omhoog is gegaan omdat het slagtempo omhoog is gegaan. Dat laatste, meer vermogen bij een hoger slagtempo, is alleen maar waar als er technisch goed geroeid blijft worden: de volle reach blijven gebruiken met de juiste bladstand (vertikaal en helemaal onder water) gedurende de hele slag.

Voor de situatie dat iedere roeier op deze wijze perfect gelijk roeit met de anderen, de zelfde reach heeft, op geen enkele wijze smokkelt, dezelfde lengte van de binnenhefboom heeft, dan zijn de kracht op ieder blad en de snelheid van het blad door het water voor iedere roeier gelijk. Iedere roeier levert dan precies hetzelfde vermogen en levert dus ook precies de zelfde kracht. Dat betekent dat in dit geval de sterkste roeier op meer reserve roeit dan de anderen.

5.1. Relaties voor het roeien in de 'bak'.

In de volgende figuur staat een riem getekend met de bijbehorende lengtegrootheden.



Figuur 5.1. Geometrie van de riem.

Tussen de afgelegde weg van het blad door het water (s) en de 'reach' bestaat de volgende relatie.

$$afgelegde-weg-blad-door-water = s = \frac{l_2}{l_1}.reach \qquad (5.1)$$

Voor de bladsnelheid geldt precies een zelfde relatie met de handvatsnelheid (t_e is de 'haaltijd').

$$bladsnelheid = \frac{s}{t_e} = \frac{l_2}{l_1}.\frac{reach}{t_e} \qquad (5.2)$$

De relatie tussen de kracht op het blad en de kracht op het handvat volgt uit het momentenevenwicht om de dol.

$$F_{blad} = \frac{l_1}{l_2}.F \qquad (5.3)$$

De arbeid die door de beide krachten tijdens de haal is verricht is gelijk aan:

$$Arbeid-door-F_{blad} = F_{blad}.s \quad \text{en} \quad Arbeid-door-F = F.reach \qquad (5.4)$$

Invulling van bovenstaande relaties voor F_{blad} en s leidt tot de conclusie dat beide 'arbeiden' precies gelijk moeten zijn. Dat is ook logisch, want dit is gewoon de bekende wet van behoud van energie. Als de arbeid die door beide krachten is verricht gelijk is, dan geldt dat ook voor het vermogen dat door beide krachten wordt geleverd: de t_e is voor beide krachten ook precies gelijk. Dat geldt niet alleen voor het gemiddelde vermogen, maar ook voor het geleverde vermogen tijdens ieder willekeurig moment tijdens de haal.

$$Vermogen-tijdens-haal = P = F_{blad} * bladsnelheid = F.handvatsnelheid \qquad (5.5)$$

De kracht op het blad kan worden berekend uit de snelheid waarmee het blad door water beweegt. Deze relatie kan worden afgeleid uit de wet van Bernouilli. Het verband is analoog aan het verband tussen de sleepkabelkracht en de sleepsnelheid.

$$F_{blad} = Cw_{blad}.bladsnelheid^2 \qquad (5.6)$$

De Cw_{blad} is afhankelijk van o.a. het oppervlak van het blad, de vorm van het bladoppervlak (kromming), de ruwheid van het blad en de wateromstroomcoëfficiënt (verticale stand van het blad). Ingevuld in de vergelijking voor het vermogen tijdens de haal levert dit op:

$$P = Cw_{blad} * bladsnelheid^3 = F.handvatsnelheid \qquad (5.7)$$

Voor riemen die identiek zijn, is de Cw_{blad} alleen maar gelijk als de stand van het blad in het water ook gelijk is. Hoe meer die stand afwijkt van de verticale stand, des te kleiner wordt de Cw_{blad} en daarmee het geleverde vermogen tijdens de haal bij dezelfde bladsnelheid.

Uit de boven gegeven formules zijn de volgende twee relaties af te leiden.

$$F = Cw_{blad}.(\frac{l_2}{l_1})^3.(\frac{reach}{t_e})^2 \qquad (5.8)$$

$$P = Cw_{blad}.(\frac{l_2}{l_1})^3.(\frac{reach}{t_e})^3 \qquad (5.9)$$

Het geleverde vermogen en de kracht op het handvat zijn hierin uitgedrukt in de bladvoering (Cw_{blad}), het verzet (l_2/l_1), de reach en het slagtempo (omgekeerd evenredig met t_e). Met deze uitdrukkingen is heel eenvoudig na te gaan wat de invloed is van het wijzigen van een van deze grootheden op het vermogen en de kracht op het handvat.

Opmerking.
Uit bovenstaande formules is direct duidelijk dat bij elk vermogen er maar één bladsnelheid hoort en dus ook maar één F_{blad}. Met andere woorden als met een riem een bepaald vermogen wordt geleverd, dan zijn de kracht op het blad en de bladsnelheid altijd gelijk onafhankelijk van het slagtempo, de reach en het gekozen verzet. (Als Cw_{blad} niet verandert uiteraard).

5.2 Riem een stukje naar binnen halen.

Neem nu eens aan dat twee roeiers in de bak op precies identieke wijze roeien met identieke riemen. Op dat moment leveren ze allebei precies hetzelfde vermogen en precies dezelfde kracht. De volgende twee situaties doen zich nu voor.

1. De ene roeier haalt zijn riem een beetje naar binnen (l_2/l_1 wordt dus kleiner), maar blijft wel met dezelfde bladvoering, reach en hetzelfde slagtempo roeien. Dat betekent dat de aanhaalsnelheid van het handvat van die roeier hetzelfde blijft. Volgens de hierboven afgeleide formules neemt de snelheid van het blad door het water daarmee af, hetgeen direct betekent dat hij minder vermogen gaat leveren ondanks het feit dat hij toch de reach en het slagtempo handhaaft. Dat het vermogen afneemt is ook direct duidelijk uit de formules. Een ander gevolg is ook dat de kracht op het blad minder wordt en, door de hefboomwerking van de riem, de kracht op het handvat ook. Een verlaging van het verzet met 10% levert een krachtverlaging van 22% en een vermogensdaling van 33% op.
2. Als in bovenstaande situatie de roeier die zijn riem iets naar binnen heeft gehaald weer naar zijn oude vermogen terug wil, dan moet hij de snelheid van het blad door het water verhogen, dus ook de aanhaalsnelheid van het handvat. Hij moet dus simpelweg zijn slagtempo gaan verhogen (bij handhaving van de reach) en wel net zo veel als dat het verzet veranderd is. Daardoor neemt de bladsnelheid toe en daarmee ook de kracht op het blad en de kracht op het handvat. Ten opzichte van de uitgangssituatie (precies gelijk roeiend met de ander) heeft die roeier dus een hoger slagtempo gekregen, maar wel met een lagere kracht op het handvat (P = F * v = constant). Dit laatste volgt uit formule (5.8) voor de kracht F.

Conclusie. Om hetzelfde vermogen te blijven leveren moet een roeier die zijn riem een beetje naar binnen trekt, het slagtempo verhogen, maar heeft daarvoor minder kracht nodig. De tempoverhoging is precies gelijk aan de krachtvermindering. Afhankelijk van zijn persoonlijke aanleg (tempomens of krachtmens) zal hij zich bij de ene situatie prettiger voelen dan bij de andere.

Conclusie. Voortbordurend op de voorgaande conclusie is het duidelijk dat het handig is als de hele ploeg zo veel mogelijk bestaat uit roeiers met dezelfde aanleg. Iedereen zijn eigen tempo roeien is nu eenmaal ‘uit den boze’.

5.3 Riem een stukje langer of korter maken.

Neem nu eens aan dat twee roeiers in de bak op precies identieke wijze roeien met dezelfde riem. Op dat moment leveren ze allebei precies hetzelfde vermogen en precies dezelfde kracht. De volgende situatie doet zich nu voor.

De ene roeier krijgt een andere, langere riem. Hij blijft echter precies gelijk roeien met die andere roeier qua tempo, reach, bladvoering en binnenboordlengte van de riem. (l_2/l_1 wordt wel groter) Dat betekent dat zijn aanhaalsnelheid hetzelfde blijft als voorheen. Volgens de hierboven gegeven formules betekent dat echter ook dat de bladsnelheid door het water groter wordt, daarmee ook de kracht op het blad en dus ook het geleverde vermogen. Noodzakelijkerwijs wordt de kracht op het handvat daarmee ook groter. Door het slagtempo net zo veel te laten zakken als dat het verzet is toegenomen (reach en binnenboordlengte riem onveranderd) kan hij weer terug naar het oorspronkelijke vermogen.

Conclusie. Om hetzelfde vermogen te blijven leveren moet een roeier die een langere riem gaat gebruiken, het slagtempo verlagen, maar heeft daarvoor meer kracht nodig. De tempoverlaging is precies gelijk aan de krachtverhoging en de verhoging van het verzet. Bij het gaan roeien met een kortere riem geldt precies het omgekeerde. Afhankelijk van zijn persoonlijke aanleg (tempomens of krachtmens) zal hij zich bij de ene situatie prettiger voelen dan bij de andere.

Ook de volgende conclusie blijft uiteraard gelden:

Conclusie. Voortbordurend op de voorgaande conclusie is het duidelijk dat het handig is als de hele ploeg zo veel mogelijk bestaat uit roeiers met dezelfde aanleg. Iedereen zijn eigen tempo roeien is nu eenmaal 'uit den boze'.

5.4 Verschil in reach.

Wanneer twee roeiers precies het zelfde slagtempo hebben (gelijk er in en gelijk er uit), hetzelfde verzet roeien (l_1 en l_2 gelijk), dezelfde bladvoering hebben, maar wel een verschillende reach hebben, dan is de bladsnelheid van de roeier met de grootste reach ook het hoogste. Omdat de Cw_{blad} in dit geval het zelfde is, verandert het geleverde vermogen met de derde macht van de bladsnelheid. In hoofdstuk 4.4- punt 1 is het voorbeeld genoemd van een reach die maar 75% van de reach van een ander is. Met bovenstaande formules leidt dit tot de conclusie dat de geleverde kracht op het handvat maar 56% van de kracht bij een volle reach is en het geleverde vermogen maar 42%. Dat is dus aanzienlijk meer verschil dan in het genoemde hoofdstuk werd berekend. Merk op dat een stukje 'luchtslag' of het blad gedurende de hele haal niet helemaal onder water zetten, in feite het zelfde is als een verkorting van de reach.

Als deze roeier ook zijn verzet nog eens met 10% verminderd, dan levert hij maar 32% van het vermogen van een ander die wel met de volle reach en een zwaarder verzet roeit.

5.5 Verandering van slagtempo.

"Met welk slagtempo moet er nu eigenlijk geroeid worden" is een veel gehoorde vraag en leidt tot veel discussies. "Je moet eens wat proberen" is ook een gebruikt argument als dit onderwerp ter sprake komt. Volgens mij is daar niet zo maar een pasklaar antwoord op te geven. Het heeft te maken met de individuele aanleg, maar ook met de "gemiddelde" aanleg van de ploeg: zijn het krachtmensen of tempomensen. Een ding staat voor mij wel vast, je kunt niet meer vermogen uit een motor c.q. lichaam halen dan dat er in zit. Je kunt wel door een verkeerde keuze van riem, slagtempo, verzet, blad, techniek, etc, er voor zorgen dat dit maximale vermogen niet effectief benut wordt. Daar kun je als ploeg inderdaad alleen maar achter komen door eens 'wat te proberen'.

Als je dit echter al gedaan hebt en je hebt een min of meer optimale combinatie van de genoemde factoren voor de ploeg gevonden, dan is het zinloos om tot in het oneindige te blijven proberen door wijziging van deze factoren een hoger vermogen te gaan halen. Dat kan helemaal niet. Want: 'wat er niet in zit, kan er ook niet uitkomen'. In dat geval kun je het (duur)vermogen alleen maar verhogen door aan de motor zelf te gaan sleutelen: krachttraining, conditietraining, etc.

Een van de manieren om tot een beter resultaat proberen te komen is wijziging van het slagtempo. In dat geval moet dan, naar mijn mening, in ieder geval het geleverde vermogen minstens gelijk blijven. Anders is het een zinloze actie. Uit de formules (5.8) en (5.9) is eenvoudig af te leiden wat de mogelijkheden en consequenties van het een en ander zijn. Als het slagtempo omhoog gaat (t_e kleiner) en het vermogen moet gelijk blijven, dan zijn er drie mogelijke variabelen.

1. De **reach** wordt met hetzelfde percentage verkleind als dat het slagtempo omhoog gaat. Als de andere twee factoren wel hetzelfde blijven dan levert dit een zelfde vermogen en kracht op. Of dat gunstig of ongunstig is, hangt natuurlijk mede af van het 'uitgangsslagtempo". Het argument, "ja maar ik ben tempomens", gaat in dit geval niet op, want de benodigde kracht en snelheid van aanhalen veranderen niet.
2. Het **verzet** wordt met hetzelfde percentage verkleind als dat het slagtempo omhoog gaat. De riem wordt dan naar binnen gehaald. De andere twee factoren blijven gelijk. In dit geval blijft het geleverde vermogen wel gelijk, maar de aanhaalsnelheid wordt hoger en de kracht lager. Het argument van krachtmens versus tempomens kan hier dus wel steekhoudend zijn, **maar dan moet wel de reach gehandhaafd blijven**!
3. Als het slagtempo omhoog gaat en de **bladvoering** wordt slechter, waarbij de andere twee factoren niet wijzigen, dan blijft het vermogen ook constant. In dit geval is het percentage van verandering niet gelijk. Een 10% hoger slagtempo betekent een 33% lagere Cw_{blad}. De Cw_{blad} wordt verlaagd door het blad niet onder water te zetten, het blad te draaien, etc. In dit geval neemt de kracht op het handvat af met hetzelfde percentage als dat het slagtempo wordt verhoogd, **maar dan moet wel de reach gehandhaafd blijven**! Dit lijkt me echter een onzinnige situatie: het tempo gaan verhogen om het blad niet volledig te benutten.

Een combinatie van de drie factoren is ook mogelijk. Door alle drie de factoren een beetje te wijzigen kan de slagtempowijziging ook worden te niet gedaan.

Het is wel zondermeer duidelijk dat het slagtempo verhogen om meer vermogen te leveren, alleen maar opgaat als de andere factoren ongewijzigd blijven of in ieder geval zo veranderen dat hun gezamenlijke wijziging minder is dan de slagtempoverhoging.

Dit leidt, denk ik, wel eens tot het misverstand dat een slagtempoverhoging automatisch leidt tot een hoger vermogen. Dat is echter alleen maar waar als de andere factoren ongewijzigd blijven. Doe je dat niet, dan kun je jezelf in het ootje nemen, omdat het geleverde vermogen helemaal niet omhoog gaat, maar zelfs minder wordt omdat door het verhoogde slagtempo alles inefficiënter wordt (coördinatie, gelijk roeien e.d). Maar nogmaals, het hangt ook af het uitgangsslagtempo. Daarnaast is de duur van de wedstrijd een belangrijk gegeven. In een wedstrijd over 2 km is het slagtempo uiteraard hoger dan in een wedstrijd van 15 km.

Tenslotte merk ik op dat ik de ervaring heb dat een verhoging van het slagtempo wel vaak leidt tot een wijziging van de drie factoren: de reach wordt kleiner (echt, of door luchtslagen), de riem wordt meer naar binnen gehaald dan het slagtempo verhoogd wordt en er wordt gesmokkeld met de bladvoering. Dit zijn allemaal oorzaken die tot gevolg hebben dat het beoogde effect van het verhoogde slagtempo, verhoging van het vermogen, te niet wordt gedaan.

5.6 Op reserve roeien.

Wanneer twee roeiers precies het zelfde slagtempo hebben en ook dezelfde reach, hetzelfde verzet roeien, dan hoeven beide roeiers nog niet het zelfde vermogen en kracht te leveren. Dat is alleen maar het geval als beiden ook dezelfde bladvoering hebben. Als dat niet het geval is, dan betekent dat de roeier die 'smokkelt' minder vermogen levert dan de andere. Als ze wel dezelfde bladvoering hebben, dan roeit de sterkere roeier op meer reserve, omdat ze beiden dan wel hetzelfde vermogen en dezelfde kracht leveren.

5.7 Bladgrootte.

De bladgrootte is een persoonlijke keuze van de ploeg. Let er wel op dat de bladgrootte niet willekeurig gekozen kan worden, maar binnen bepaalde grenzen moet liggen (zie HT-reglement en FSN-reglement).

Het is onzinnig om met een heel groot blad te roeien en dit niet helemaal onder water te zetten. Dat heeft twee nadelen. De eerste is dat het evenwicht van de riem onnodig slechter wordt. Iedere keer moet dit extra gewicht uit het water worden getild. Bij een slagtempo van 30 per minuut is dat dus 1800 keer per uur. Dat gaat echt meetellen in de loop van de wedstrijd en is in feite verspilde energie. De tweede reden is dat een groter blad meer windweerstand geeft tijdens de ‘recovery’. Ook dit is verspilde energie.

Als een blad te klein is, dan levert dit meer slip op en heeft hetzelfde effect als een verkleining van de reach.

Als een blad te groot is (maar wel helemaal onder water zit) kan ook nadelig zijn. Ik heb wel eens horen beweren dat in dat geval het water bij de steel in de verkeerde richting stroomt. Het water stroomt dan in plaats van tegen de bewegingsrichting van het blad door het water in, in dezelfde richting. Dat zou best wel eens waar kunnen zijn. Het draaipunt van blad in het water ligt dan niet ongeveer bij het wateroppervlak (einde steel), maar halverwege het blad onder water. Ook dit is ongunstig uiteraard, omdat dan op een gedeelte van het blad (bij de steel) de waterdruk de verkeerde kant op staat en daarmee remmend werkt.

5.8 Invloed van de ploegsamenstelling.

Een ploeg bestaat uit allemaal individuen met allemaal een verschillende aanleg en getraindheid. Alleen al de lichaamslengte is verschillend en levert daarom een verschil in mogelijke reach op. Uit het voorgaande is wel duidelijk dat er veel factoren zijn die de prestaties van een ploeg bepalen. Ideaal zou natuurlijk zijn als iedereen qua lichaamsbouw, kracht, conditie en techniek exact het zelfde is en als het bovendien ook nog eens allemaal krachtmensen of tempomensen zijn. Maar dat is natuurlijk nooit zo. Komt iemand op een van deze genoemde onderdelen tekort ten opzichte van de anderen, dan zou hij daar individueel specifiek op moeten trainen.

Hoe moet er worden omgegaan bij verschillen in aanleg en getraindheid?

De volgende uitgangspunten moeten sowieso worden gekozen.

1. Er moet in ieder geval gelijk geroeid worden anders gaat de sloep schommelen en draaien.
2. Op een doft moeten mensen van gelijke kracht en conditie zitten, zodat de verdeling over bakboord en stuurboord gelijk is en ook gelijk over de lengte van de sloep. Als dat laatste niet het geval is, bijvoorbeeld omdat de sterke mensen aan bakboord in de boeg zitten en aan stuurboord juist op slag, dan zal de sloep continu naar stuurboord draaien.

Maar er zijn nog genoeg keuzecriteria over.

1. Met welk slagtempo moet er geroeid worden? Dit heeft een directe relatie met de riemlengte en het gebruikte verzet. Van belang is hierbij natuurlijk ook of de ploeg voor het merendeel uit krachtmensen of tempomensen bestaat. Zowel een te laag slagtempo als een te hoog slagtempo heeft zijn voor- en nadelen.
2. Moeten de keuzes van de ploeg afgestemd worden op de beste roeier of op de zwakte roeier? In het algemeen is dat bij de meeste sporten natuurlijk op de beste sporter. Een enkele uitzondering daargelaten. Bij een ploegentijdrit (schaatsen en wielrennen) is de binnenkomsttijd van het zoveelste ploeglid maatgevend. Het tempo moet dan dus worden afgestemd op het zwakste teamlid. Dat geldt dan echter alleen voor die ene rit. In de volgende rit zal die zwakste schakel al snel vervangen worden door een sterkere sporter. Ik denk dat bij sloeproeien de keuzes afgestemd moeten zijn op de beste roeier en niet de zwakste, omdat, in tegenstelling tot ploegentijdritten, bij roeien iedereen precies dezelfde snelheid heeft.
3. Maar hoe kun je met twee roeiers op dezelfde doft die wel qua gewicht, kracht en vermogen vergelijkbaar zijn, maar niet qua reach (lichaamslengte) er voor zorgen dat beiden toch allebei hun vermogen ‘kwijt’ kunnen? De haaltijd voor beiden is in ieder geval gelijk. De kortere roeier zou in dat geval zijn riem een beetje naar buiten kunnen schuiven waardoor zijn verzet wat zwaarder wordt. Hij heeft dan weliswaar een lagere aanhaalsnelheid, maar wel een hogere kracht op het handvat dan de langere roeier. Het geleverde vermogen kan daardoor gelijk zijn. Dat betekent tevens dat de kracht op het blad voor beiden wel hetzelfde is. Nadeel is dan wel, dat de kracht op het blad van de kortere roeier verder naar buiten komt, waardoor de sloep zal willen gaan draaien. Een andere optie zou kunnen zijn om de kortere roeier een langere riem te geven. Maar dat heeft het zelfde nadeel als de riem naar buiten schuiven: kracht komt naar buiten en je krijgt dan een ‘persoonsgebonden’ riem.
4. Als een roeier minder is dan het gemiddelde, moet je dan accepteren dat hij mag ‘smokkelen’, of moeten de betere roeiers dan maar op reserve gaan roeien? Ik denk dat allebei de opties niet ‘lekker’ zijn. De ploeg is er bij gebaat dat iedereen zijn maximale vermogen levert. Niet op reserve roeien dus en de zwakste roeier moet proberen zijn capaciteiten te verbeteren door individueel gericht daarop te gaan trainen.

5.9 Geldigheid van de relaties voor het 'gewone' roeien.

In dit hoofdstuk zijn voor het trainen in een bak de relaties tussen de verschillende factoren afgeleid en hun invloed op het geleverde vermogen bekeken. De hamvraag is nu, zijn deze relaties nu ook geldig voor het 'gewone' roeien?

Volgens mij is het antwoord simpel ja. Die relaties zijn in principe nog steeds geldig. Het verschil zit hem natuurlijk in het feit dat bij het roeien in een bak de riem in de dol draait en dat de afgelegde weg van het blad door het water daaruit direct kan worden berekend. Bij het gewone roeien draait de riem over dezelfde hoek in de dol, maar legt het blad door het water een veel kleinere afstand af dan bij het roeien in de bak. Dat komt doordat de boot een snelheid heeft en tijdens de haal verplaatst. Alleen al daardoor draait de riem.

Stel je maar eens voor dat er een paaltje in het water staat en dat je je riem daar achter zet aan het begin van de haal als de sloep al snelheid heeft. Zonder nu ook maar veel kracht te hoeven zetten kun je tijdens de haal het blad tegen het paaltje gedrukt houden. Ondanks het feit dat je dan nauwelijks kracht hoeft te zetten, draait je riem toch gewoon in de dol. Dit is ook de reden dat je aan het draaien van de riem niet kunt zien of iemand zich ook echt inspant. Hij kan op deze manier gewoon 'meeliften' met de anderen.

Als er wel kracht op de riem staat dan zal het blad niet alleen maar roteren in de dol, maar zal het blad ook een klein beetje door het water verplaatsen (transleren). Die translatie van het blad is veel kleiner dan bij het roeien in de bak. Dat komt doordat de boot zich verplaatst. Hoe groter de kracht op het blad is, des te groter is die translatie. Als die translatie echter te groot wordt, dan 'slipt' het blad te veel door het water (energieverlies) en dan moet er gekozen worden voor een groter, of in ieder geval een ander blad. Omdat die translatie geminimaliseerd moet worden zijn verschillen in grootte daarvan nauwelijks te zien en dus is daaraan ook nauwelijks te zien hoe groot de inspanning van een roeier is ten opzichte van die van de anderen ('liften').

De conclusie moet derhalve zijn dat ook bij het 'gewone' roeien het blad door het water transleert. Daarmee behouden de afgeleide formules voor het roeien in een bak hun geldigheid voor het gewone roeien.

6.0 Gebruikte symbolen en hun betekenis.

α	alpha is de verhouding van haaltijd en ‘recovery’-tijd
a	Symbool voor versnelling [m/s^2]
Cw_{blad}	De Cw-waarde van het blad [kg/m]
E_k	Kinetische energie [Nm]
F	Symbool voor kracht. Dimensie is Newton [N]
F_{blad}	Reactiekracht van het water op het blad. [N]
F_{max}	Maximale kracht [N]
l1	Binnenboord riemlengte [m]
l2	Buitenboord riemlengte [m]
m	Symbool voor massa [kg]
opp	Oppervlak onder F-t kromme = impulstoename [kg.m/sec]
P	Vermogen. [Watt]
P_{gem}	Het gemiddelde vermogen dat door een kracht is geleverd [Watt]
P_{max}	Het maximale vermogen dat door een kracht is geleverd [Watt]
P_t	Het momentane vermogen [Watt]
‘reach’	Verplaatsing van het handvat van de riem binnenboord [m].
s	Symbool voor afgelegde weg [m]
s_0	Afgelegde weg bij aanvang van de kracht [m]
s_e	Afgelegde weg bij einde van de kracht [m] of reach als $s_0 = 0$
s_t	Momentaan afgelegde weg [m]
t	Symbool voor tijd [sec]
t_0	Tijdstip van aanvang van de kracht [sec]
t_e	Tijdstip van einde van de kracht [sec] of de ‘haaltijd’ van de slag als $t_0 = 0$.
v	Symbool voor snelheid [m/sec]
v_0	Snelheid bij aanvang van de kracht [m/sec]
v_e	Snelheid bij einde van de kracht [m/sec] of reachsnelheid als $v_0 = 0$
v_t	Momentane snelheid [m/sec]
v_{gem}	Gemiddelde snelheid [m/sec]