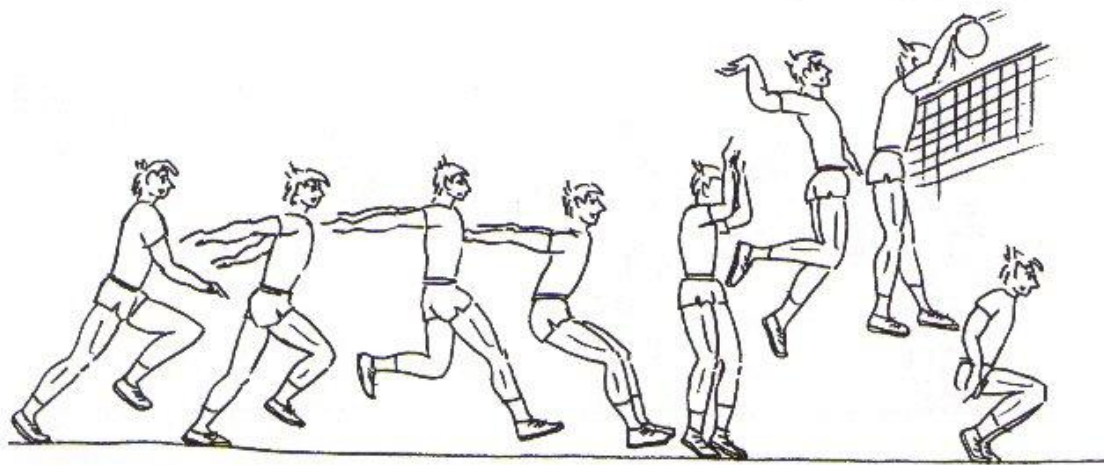


Volleybalsmash



“De timing van de volleybalsmash”

Juni 2009

Ilse Boing
Wout Werker

Opleiding Bewegingstechnologie
Haagse Hogeschool



Volleybalsmash

Ilse Boing (20056090)
Wout Werker (20050332)

Afstudeerscriptie

Juni 2009, Den Haag

Haagse Hogeschool
Opleiding Bewegingstechnologie

Begeleider: Dhr. A. Lagerberg

Voorwoord

Wij zijn twee studenten bewegingstechnologie aan de Haagse Hogeschool te Den Haag. Dit rapport is geschreven in het kader van ons afstuderen. Deze afstudeeropdracht is tot stand gekomen door een vraag van A. van Ree en deze vraag heeft betrekking tot het raakpunt van de bal. Tijdens dit onderzoek zal worden onderzocht of de volleybalspeler tijdens de volleybalsmash, de bal raakt op zijn hoogste punt. Dus of de smash op het juiste moment in de sprong geslagen wordt.

Door onze interesse in sport in het algemeen is er een keuze gemaakt voor het onderwerp volleybal, in het bijzonder de smash. Volleybal wordt wereldwijd veel beoefend en is een sport met veel bewegingen. Daarom leek het een geschikte sport als afstudeeronderwerp.

Het rapport is geschreven voor trainers, coaches en spelers, studenten en docenten van de opleiding Bewegingstechnologie en alle geïnteresseerden en liefhebbers van het volleybal. De rapportage is beoordeeld door docenten van de Haagse Hogeschool.

Via deze weg willen we de spelers en coaches bij volleybalvereniging ORTEC Nesselande bedanken voor het beschikbaar stellen van de opdracht en de faciliteiten en de medewerking tijdens het onderzoek, vooral A. van Ree. Ook de spelers van het vierde team van Visade Voorburg willen we bedanken voor de medewerking aan het onderzoek. Verder willen we onze eerste begeleider Aad Lagerberg van de Haagse Hogeschool bedanken voor de begeleiding tijdens de afstudeerperiode, Tim Gerbrands als tweede begeleider en de overige docenten van de opleiding Bewegingstechnologie waar we terecht konden met onze vragen.

Den Haag, juni 2009

Inhoudsopgave

Voorwoord	1
Samenvatting	3
1. Inleiding	4
1.1 Probleemstelling	4
2. Methode	5
2.1 Proefpersonen	5
2.2 Protocol	5
2.2.1 Meetopstelling	5
2.2.2 Meetprotocol	6
2.3 Verwerking gegevens	7
2.4 Hoogste punt van de speler en raakmoment van de bal	7
2.5 Onnauwkeurigheden beeldmateriaal	8
3. Resultaten	9
3.1 Volleybalspelers op professioneel niveau	9
3.1.1 "Goed" of "slecht" getimede smash	9
3.1.2 Individuele prestatie, timing smash	9
3.1.3 Invloed van vaker smashes	11
3.1.4 Rol van de spelverdeler	11
3.1.5 Invloed van de duur van de set-up	11
3.1.6 Contacttijd afzet, timing en spronghoogte	12
3.2 Volleybalspelers op amateurniveau	13
3.2.1 "Goed" of "slecht" getimede smash	13
3.2.2 Individuele prestatie, timing smash	13
3.2.3 Invloed van vaker smashes	14
3.3 Vergelijking professioneel en amateurniveau	14
3.3.1 Timing	14
3.3.2 Spronghoogte	15
3.4 Conclusie	16
3.5 Modelstudie naar effect van toename smashhoogte	17
3.5.1 Minimale afstand achter net	17
3.5.2 Horizontale verplaatsing bij verschillende smashhoogtes	18
3.5.3 Toename smashhoogte versus afname netafstand	22
4. Discussie	24
4.1 Aanbevelingen	24
5. Conclusie	25
6. Literatuurlijst	26
Bijlagen	27
Bijlage I: Interview volleybalspelers professioneel niveau	28
Bijlage II: Methode	29
Bijlage III: Grafieken van de spelers op professioneel niveau	33
Bijlage IV: Grafieken contacttijd en spronghoogte	37
Bijlage V: Grafieken van de spelers op amateurniveau	41
Bijlage VI: Grafieken met Sx uitgezet tegen smashhoogte	44
Bijlage VII: Grafieken met afname afstand tot net uitgezet tegen toename smashhoogte	51

Samenvatting

Timing is essentieel tijdens een volleybalsmash. Dit onderzoek is tot stand gekomen door een vraag van de assistent coach van het eerste team van ORTEC Nesselande. De assistent coach vermoedde dat zijn spelers de bal niet op het hoogste punt van hun sprong raakten, tijdens een smash. In dit onderzoek is onderzocht of dit vermoeden juist is en wat het, op een lager punt slaan van de bal, voor eventuele gevolgen heeft.

Het eerste team van ORTEC Nesselande is tijdens twee officiële wedstrijden gefilmd. Ter vergelijking is er ook een onderzoek gedaan met een team op amateurniveau. De sprong van de spelers wordt bekeken aan de hand van het aantal beeldjes (frames). Een sprong duurt een bepaald aantal frames en het hoogste punt van de speler ligt op de helft van dit aantal frames. Er is gekeken of dit punt overeenkomt met het frame waarop de bal geslagen wordt.

De meting bij ORTEC Nesselande is uitgevoerd in het Topsportcentrum in Rotterdam, met twee camera's aan beide zijden van het veld en één camera aan de achterkant van het veld. De meting bij het team op amateurniveau is in een andere sporthal uitgevoerd, de beelden van deze wedstrijd zijn verkregen met behulp van twee camera's. De beelden zijn geanalyseerd met behulp van het computerprogramma Silicon Coach.

Uit de geanalyseerde beelden blijkt dat het team van ORTEC Nesselande 77,4% van de smashes "goed" timed. Een "slecht" getimed smash betekent dat de speler de bal minimaal 3 frames later of vroeger raakt, dan op het hoogste punt van de sprong. Het verschil in frames kan uitgedrukt worden in centimeter, zodat een absolute waarde gegeven kan worden aan het verlies ten opzichte van de maximale hoogte. Het volleybalteam op amateurniveau heeft een percentage van 68,2%, wat betreft "goed" getimed smashes. Er is dus een verschil in timing tussen professioneel en amateurniveau. Uit de analyse blijkt dat spelers die vaker smashes, niet persé over een betere timing beschikken. Ook de duur van de set-up blijkt niet van invloed te zijn op de timing van de aanvaller. Het blijkt dat de spronghoogte en de timing van de spelers beter zijn, naarmate de spelers op een hoger niveau spelen. Er is ook kort gekeken of er een verband is tussen contacttijd van de afzet en de timing en tussen de contacttijd van de afzet en de spronghoogte. In beide gevallen is er geen verband gevonden.

Met behulp van de formules voor een eenparig versnelde beweging is bepaald wat het eventuele voordeel is van het op een hoger punt raken van de bal. Het grootste voordeel is het verkleinen van de horizontale verplaatsing van de bal. De bal kan korter achter het net terecht komen, waardoor de tegenstander een groter deel van het veld moet verdedigen. Er is ook gekeken naar het verschil in horizontale verplaatsing van de bal bij een smash 1cm hoger en bij een set-up 1cm dicht bij het net. Het blijkt dat in de meeste gevallen de toename van de smashhoogte meer voordeel oplevert dan een set-up, die dicht bij het net wordt geplaatst. Een toename in de smashhoogte is dus de beste methode om de horizontale verplaatsing van de bal te beperken.

Uit deze bevindingen blijkt dus dat de timing bij een smash van belang is. Een paar centimeter hoogteverschil kan namelijk een wezenlijk verschil maken, wat betreft de mogelijke plaatsing van de bal in het veld.

Een belangrijk discussiepunt van dit onderzoek is de verwaarlozing van de topspin bij de berekeningen aan de baan van de bal. Dit werd aangenomen om de berekeningen niet onnodig gecompliceerd te maken. Toch speelt topspin, volgens deskundigen, een grote rol bij de beperking van horizontale verplaatsing bij de smash. In een vervolgonderzoek zou hier rekening mee gehouden kunnen worden.

De algemene conclusie van dit onderzoek is dat de timing zowel op professioneel als op amateurniveau redelijk goed is. Van de smashes, die "slecht" getimed worden, is het gemiddelde hoogteverlies op professioneel niveau 3,56cm en op amateurniveau 2,92cm. Ten opzichte van een smashhoogte van ruim drie meter lijkt dit een zeer gering hoogteverlies, maar het blijkt dat het toch gevolgen heeft voor de mogelijke plaats van de bal in het veld.

1. Inleiding

Volleybal is een sport die over de gehele wereld bekend is. Een volleybalteam bestaat uit zes veldspelers waarvan één spelverdeler. Volleybalspelers op professioneel niveau maken veelvuldig gebruik van de smash voor het scoren van punten. Om een smash scorend te laten zijn moeten meerdere factoren op het juiste moment samenkomen. Wat betreft de smash moeten de lengte en hoogte van de set-up, de spronghoogte en aanloopsnelheid van de aanvaller op elkaar afgestemd zijn. Als de speler de bal dan op het juiste moment slaat, kan gesproken worden van een goed getimede en geslagen smash. Dit wil echter niks zeggen of met die betreffende smash een punt wordt gescoord. Dit hangt van veel meer factoren af, onder andere of de tegenstander het block juist gepositioneerd heeft.

1.1 Probleemstelling

Dit onderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met volleybalvereniging ORTEC Nesseland Rotterdam (professioneel niveau) en Visade Voorburg (amateur niveau). De samenwerking met ORTEC Nesseland Rotterdam is tot stand gekomen door een vraag van de assistent coach, A. van Ree, van heren 1, over de timing tijdens de smash. Zijn gedachte was dat de timing van de smash soms te wensen overlaat, doordat de speler de bal niet op zijn hoogste punt slaat. Tijdens dit onderzoek zal worden uitgezocht of dit inderdaad het geval is en welke factoren hier een rol in kunnen spelen. Om te bepalen of timing een factor is, die het verschil kan maken tussen professioneel en amateur niveau, is er ook een onderzoek gedaan met een volleybalteam op amateur niveau. Hiervoor is heren 4 van de vereniging Visade Voorburg bereid gevonden. Dit onderzoek kan eventueel helpen bij het verbeteren van de timing van de smash van een volleybalteam en hierdoor zou de teamprestatie van een team op amateur niveau kunnen toenemen.

In dit onderzoek staat de volgende hoofdvraag centraal:

- Slaan volleybalspelers de bal op hun hoogste punt?

Enkele onderzoeksvragen die hierbij naar voren komen zijn:

- Wat is het verschil tussen een volleybalteam op professioneel niveau en op amateur niveau?
- Wat is het effect van het slaan van de bal op een hoger punt met betrekking tot de plaatsing in het veld van de tegenstander?
- Wat is het effect van het slaan van de bal op een hoger punt met betrekking tot de tijdsduur van de smash?
- Wat is het effect van het slaan van de bal dicht bij het net met betrekking tot de plaatsing in het veld van de tegenstander?

In deze scriptie zal de hoofdvraag beantwoord worden aan de hand van de verschillende onderzoeksvragen. Deze zullen onderzocht worden door analyses aan de hand van verzamelde data van verschillende volleybalwedstrijden op professioneel en amateur niveau.

2. Methode

In dit hoofdstuk wordt de opzet en de uitvoering van het onderzoek naar de volleybalsmash behandeld. Het doel van dit onderzoek is om te weten te komen of volleybalspelers de bal op hun hoogste punt raken, dus of ze een goede timing hebben tijdens het slaan van een smash.

2.1 Proefpersonen

Aan het onderzoek naar de volleybalsmash hebben negentien proefpersonen deelgenomen. Tien proefpersonen van het volleybalteam ORTEC Nesselande Rotterdam. Dit zijn volleybalspelers van professioneel niveau. De leeftijden van de volleybalspelers variëren van 20 t/m 35 jaar en de lengte varieert van 1.87m t/m 2.07m. De overige negen proefpersonen zijn van de volleybalvereniging Visade Voorburg en spelen op amateurniveau. De leeftijden van de volleybalspelers variëren van 20 t/m 48 jaar en de lengte varieert van 1.60m t/m 1.92m.

2.2 Protocol

Om een eerste beeld te krijgen van de smash is er een interview gehouden met de volleybalspelers op professioneel niveau, de uitkomsten van dit interview zijn weergegeven in Bijlage I.

De metingen moeten in één keer goed verlopen, daarom moet er van te voren nagedacht worden over het hoogste punt van de speler, het raakmoment van de bal, de meetopstellingen en er moet een meetprotocol opgesteld worden. Deze punten zullen in de volgende paragrafen besproken worden.

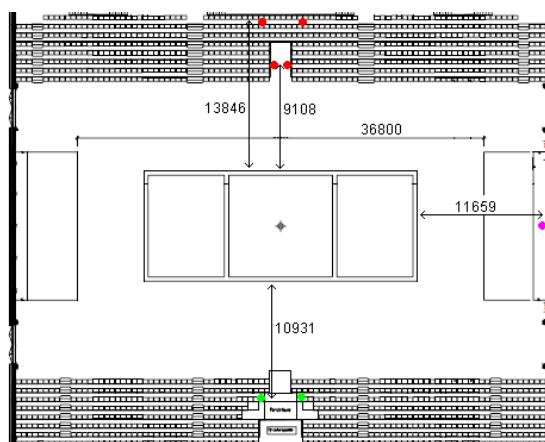
2.2.1 Meetopstelling

Om beeldmateriaal voor het onderzoek van ORTEC Nesselande Rotterdam te verzamelen wordt er tijdens twee volleybalwedstrijden gefilmd. Bij het filmen van de wedstrijden wordt er gebruik gemaakt van een drietal camera's. Twee camera's bevonden zich elk aan een zijde van het veld, de derde camera bevond zich achter het veld. De twee camera's aan weerszijde van het veld worden gebruikt om zowel de sprong van de buitenaanvaller, als de sprong van de diagonaalaanvaller (valt aan de rechterkant van het net aan) vast te leggen. De camera achter het veld wordt gebruikt voor het overzicht van het spel. Voor het verzamelen van beeldmateriaal bij Visade Voorburg is gebruik gemaakt van twee camera's, elk aan weerszijde van het veld.

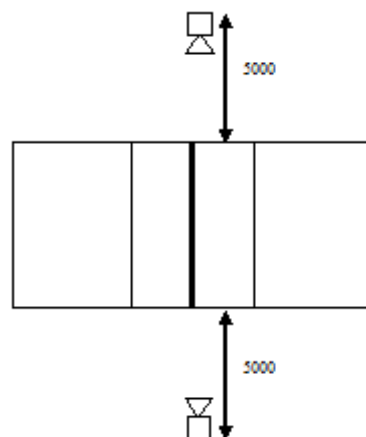
Het is van belang dat de grond goed in beeld is in verband met de referentie. Uiteraard is het ook belangrijk dat de smash goed in beeld is. Bij de positionering van de camera is dus zowel de bovenzijde als de onderzijde van het beeld van groot belang.

In Figuur 1A is de plaatsing van de camera's weergegeven van tijdens de volleybalwedstrijden op professioneel niveau. In Figuur 1B is de plaatsing van de camera's weergegeven van tijdens de volleybalwedstrijden op amateurniveau.

Camera 1 is in Figuur 1A met groene stippen aangegeven, camera 2 met een paarse en camera 3 met rode stippen. De camera's 1 en 3 hebben twee posities, dit omdat het team iedere set van speelhelft wisselt. Camera 3 heeft beide wedstrijden op een andere positie in de tribune gestaan, eerst dichterbij het veld. Na de analyse van de beelden bleek in deze positie de aanloop van de smash niet geheel zichtbaar. Daarom is ervoor gekozen om tijdens de tweede wedstrijd de camera verder van het veld te plaatsen.



Figuur 1A: Bovenaanzicht camera posities (afmetingen in mm) bij wedstrijd professioneel niveau.



Figuur 1B: Bovenaanzicht camera posities (afmetingen in mm) bij wedstrijd amateurniveau.

In Figuur 1B is te zien waar de twee camera's geplaatst zijn tijdens de volleybalwedstrijden op amateurniveau. De beide camera's zijn aan weerszijden van het veld geplaatst. Ze zijn ter hoogte van het net neergezet. Hierdoor filmt de camera beide veldhelften tot aan de 3m-lijn. Het voordeel hiervan is dat de camera's tegelijkertijd de aanvallen van beide kanten van het net filmen.

2.2.2 Meetprotocol

Nu de plaats van de camera's is vastgesteld kan er een meetprotocol worden opgesteld om de meting zo goed mogelijk te laten verlopen.

Benodigden

Professioneel niveau

3 Videocameras	Sporthal
3 Mini DV-bandje	Sportkleding en -schoeisel
3 Statieven	3 Verlengsnoeren
Meetlint	3 Elektriciteitsaansluitingen

Amateurniveau

2 Videocameras	Sporthal
2 Mini DV-bandje	Sportkleding en -schoeisel
2 Statieven	2 Verlengsnoeren
Meetlint	2 Elektriciteitsaansluitingen

Proefpersonen

Professioneel niveau

Tijdens dit onderzoek wordt er gebruik gemaakt van één professioneel volleybalteam bestaande uit zes veldspelers. Deze spelers dragen hun wedstrijd kleding en spelen twee volleybalwedstrijden. Tussen deze wedstrijden zit twee weken.

Amateurniveau

Voor het onderzoek op amateurniveau wordt er gebruik gemaakt van één team bestaande uit 9 spelers. Tijdens de wedstrijd zullen er twee teams gevormd worden, één team bestaande uit 4 en het andere team bestaande uit 5 veldspelers. De spelers dragen sportkleding.

Voorbereiding

Algemeen

- De twee metingen op professioneel niveau worden in dezelfde sporthal uitgevoerd. De meting op amateurniveau zal in een andere sporthal plaatsvinden
- De spelers dragen hun eigen wedstrijd- of sportkleding.
- De gebruikte volleybal is een officiële volleybal die in de sporthal aanwezig is.

Onderzoeker

- Voor de wedstrijd moet de meetopstelling klaargezet worden (zie Paragraaf 2.2.1).
- Camera's positioneren
 - o Twee camera's aan de zijkant van het veld.
 - o Eén camera achter het veld.
- De camera's instellen

- Sportfunctie
- Ook de aanloop van de smash moet zichtbaar zijn
- Referentie
 - Als referentie wordt de 3m-lijn in het veld gebruikt.

Proefpersoon

Op beide niveaus zullen de proefpersonen niet hoeven te helpen bij de voorbereidingen van de meting. De spelers doen hun eigen voorbereiding en spelen de wedstrijd. De meting beïnvloedt de wedstrijd niet.

Uitvoering

Voor meting

- Camera's op record zetten

Tijdens meting

- De opnames onderbreken tijdens een rustperiode.

Einde meting

- Camera's stopzetten

Taakverdeling

- Onderzoeker 1:
 - Bediend camera 1
- Onderzoeker 2:
 - Bediend camera 2
- Assistent coach (alleen op professioneel niveau):
 - Zet camera 3 aan en uit aan het begin en eind van de wedstrijd

2.3 Verwerking gegevens

Na de metingen bestaat de verzamelde data uit videobeelden. Deze videobeelden bevatten twee volledige wedstrijden op professioneel niveau en één wedstrijd op amateurniveau. Voor dit onderzoek zijn alleen de smashes van belang. Door middel van het computerprogramma Silicon Coach worden de geslagen smashes uit het verzamelde beeldmateriaal van de gefilmde volleybalwedstrijden gefilterd. Al de smashes zullen als losse bestanden worden opgeslagen. Aan de hand van de smashes worden gegevens verzameld, deze zullen in het computerprogramma Microsoft Excel worden verzameld. Berekeningen en analyses zullen worden uitgevoerd in de computerprogramma's Microsoft Excel, Matlab, Maple en SPSS.

2.4 Hoogste punt van de speler en raakmoment van de bal

Bij de analyse van de smashes gaat het om het bepalen van het tijdstip waarop de bal wordt geslagen en het moment waarop de speler zijn hoogste punt bereikt. Voor deze analyse wordt gebruik gemaakt van het frame waarin de speler op zijn hoogste punt is. Dit wordt bepaald aan de hand van de vluchttijd. Ook is het nog van belang om te bepalen in welk frame de bal wordt geslagen, hierbij wordt uitgegaan van het eerste moment van loslaten van de bal. Een uitgebreide uitleg van de methode is weergegeven in Bijlage II.

De verzamelde data wordt uitgedrukt in frames. Om deze data naar absolute waarden om te zetten, wordt het aantal frames omgerekend naar hoogteverschil in centimeters. Hieronder is met behulp van een rekenvoorbeeld weergegeven hoe het aantal frames, in dit voorbeeld met 3 frames verschil, om te zetten is in een hoogteverschil in centimeters:

$$s = \frac{1}{2} a t^2 + v(0) t$$

$$t = 3 \times 0,02 = 0,06 \text{ sec}$$

$$a = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$v(0) = 0 \text{ m/s}$$

$$s = \frac{1}{2} \times 9,81 \times 0,06^2 + 0 \times 0,06 = 1,77 \text{ cm}$$

Wanneer je dit voor frameverschillen van 1 t/m 7 berekent krijg je de hoogteverschillen die zijn weergegeven in Tabel 1 (de nauwkeurigheid van het moment van raken van de bal is uitgelegd in Bijlage I).

Vershil (frames)	Vershil (cm)
1	0,2
2	0,78
3	1,77
4	3,14
5	4,91
6	7,06
7	9,61

Tabel 1: Hoogteverschillen in cm per frame

Een frameverschil van 2 komt overeenkomt met 0,78cm. Dit werd beschouwd als een minimaal verschil. Ook treden er onnauwkeurigheden op (zie Bijlage I). Daarom is gekozen om een smash als "slecht" getimed te beschouwen bij een verschil van minimaal 3 frames, dus bij een hoogteverschil van minimaal 1,77cm. Dit verschil geldt zowel voor smashes die te vroeg als te laat geslagen worden. Hier wordt geen onderscheidt in gemaakt.

2.5 Onnauwkeurigheden beeldmateriaal

In het ideale scenario wordt de speler precies gefilmd, wanneer hij zich op het hoogste punt van zijn sprong bevindt. Het is echter ook mogelijk dat dit niet geheel het geval is. De tijd tussen de beeldjes is 0,02 seconden. In het uiterste geval is het beeld 0,01 seconden verschoven ten opzichte van het hoogste punt van de speler. Er moet dus rekening gehouden worden met deze eventuele meetfout, die op kan treden tijdens het analyseren van de beelden. Ook moet er berekend worden wat het hoogteverschil is in het uiterste geval. Het uiterste hoogteverschil is 0,05cm, dus er kan gesteld worden dat dit te verwaarlozen is. Een uitgebreide uitleg en berekening van deze onnauwkeurigheden zijn weergegeven in Bijlage II.

3. Resultaten

Nadat het meetprotocol is opgesteld en de data verzameld kunnen de resultaten bekeken worden. In dit hoofdstuk zullen de resultaten van het onderzoek besproken worden.

3.1 Volleybalspelers op professioneel niveau

Allereerst zal er gekeken worden naar volleybalspelers op professioneel niveau.

3.1.1 "Goed" of "slecht" getimedede smash

In Tabel 2 is per speler weergegeven hoeveel smashes "goed" getimed en hoeveel "slecht" getimed zijn. Ook wordt het totaal aantal smashes per speler weergegeven. Vervolgens is te berekenen hoeveel procent een speler "goed" en "slecht" timet.

Speler nr	Positie	"goede" timing	"slechte" timing	totaal	% Goede timing	% Slechte timing
1	Diagonaal	9	0	9	100	0
2	Midden	16	5	21	76,2	23,8
5	Midden	9	9	18	50	50
7	Buiten	12	1	13	92,3	7,7
9	Buiten	22	4	26	84,6	15,4
11	Diagonaal	23	8	31	74,2	25,8
12	Buiten	12	3	15	80	20
Totaal		103	30	133		

Tabel 2: "Goed" en "slecht" getimedede smashes.

Uit deze tabel is te concluderen dat 77,4% (103 van de 133 smashes) van dit volleybalteam (tijdens de twee gefilmde wedstrijden) een "goede" timing heeft tijdens de smash. Wanneer de spelers met dit teamgemiddelde worden vergeleken is te zien dat de spelers 2, 5 en 11 een "slechte" timing hebben tijdens hun smash, hun percentages liggen namelijk onder die van het teamgemiddelde.

Ook is te zien dat speler 5 het teamgemiddelde erg naar beneden haalt. Hij zit op 50% "goed" getimedede smashes in vergelijking met het teamgemiddelde van 77,4%.

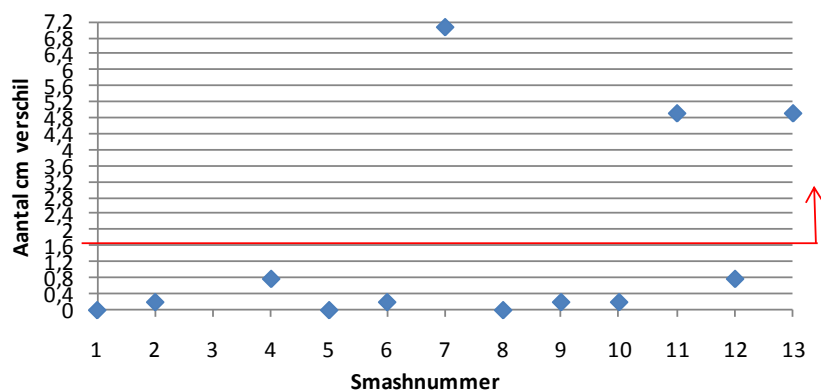
3.1.2 Individuele prestatie, timing smash

Voor een coach is het interessant om te zien hoe een speler individueel presteert. In Figuur 2 (wedstrijd op 13 maart) en Figuur 3 (wedstrijd 27 maart) is voor de spelers 2 en 11 een grafiek weergegeven. Per grafiek is bij iedere smash (in het verloop van de tijd) weergegeven hoeveel frames het raakpunt van de bal voor of na het hoogste punt van de speler ligt. Boven de rode lijn is een smash als "slecht" getimed gedefinieerd. In de Bijlage III zijn de grafieken van alle spelers voor beide wedstrijden weergegeven.

Speler 2

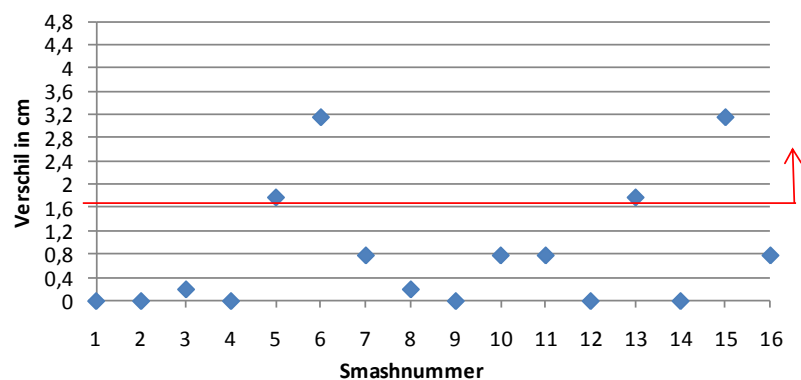


Speler 11

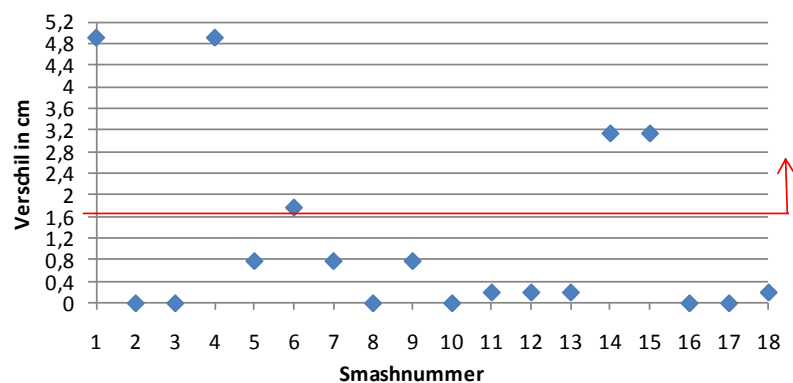


Figuur 2: Wedstrijd 13 maart, per smash het verschil in centimeter met het hoogste punt van de speler.

Speler 2



Speler 11



Figuur 3: Wedstrijd 27 maart, per smash het verschil in centimeter met het hoogste punt van de speler.

In de Figuren 2 en 3 staan de smashes in het verloop van de tijd en dus in verloop van de wedstrijd. Aan de hand van deze grafieken is af te leiden of de vermoeidheid van invloed is op de timing van de smash. Indien vermoeidheid een rol zou spelen, zou het aantal "slecht" getimede smashes toe moeten nemen in het verloop van de wedstrijd. Dit blijkt niet het geval te zijn, iedere speler slaat de hele wedstrijd door "goed" en "slecht" getimede smashes.

3.1.3 Invloed van vaker smashen

Ook is nu goed te zien dat niet alle spelers even vaak smashen. Bijvoorbeeld speler 1 heeft 9 smashes geslagen in tegenstelling tot de 32 smashes van speler 11. Van speler 11 kan er dus een veel betrouwbaarder beeld geschetst worden of deze speler, in het algemeen, "goed" of "slecht" timet. Verder is er gekeken of de hoeveelheid smashes iets zegt over het beter of slechter kunnen timen (zie Tabel 3).

Speler nr	totaal	% Goede timing	% Slechte timing
11	31	74,2	25,8
9	26	84,6	15,4
2	21	76,2	23,8
5	18	50	50
12	15	80	20
7	13	92,3	7,7
1	9	100	0

Tabel 3: Hoeveel smashes zijn geslagen en hoeveel procent daarvan "goed getimed".

In Tabel 3 staat bovenaan de speler die de meeste smashes heeft geslagen en onderaan de speler met het minst aantal smashes. Wat men zou verwachten is dat een speler die veel smashed een goede timing heeft. Echter is uit Tabel 3 geen verband af te leiden.

3.1.4 Rol van de spelverdeler

Er is ook gekeken naar de rol van de spelverdeler. In Tabel 4 is te zien dat het niet uitmaakt wie de spelverdeler is en dus de set-up geeft, want het percentage van "goed" getimede smashes ligt boven de 60%. Wel is goed te zien dat de echte spelverdelers, nummer 3 en 10, een beter percentage "goed" getimede smashes op hun naam hebben staan in vergelijking met de andere spelers die af en toe een set-up geven.

Setup van	Positie	"goede" timing	"slechte" timing	totaal	% Goede timing
3	Spelverdeler	76	19	95	80,0%
10	Spelverdeler	16	6	22	72,7%
anders		10	6	16	62,5%

Tabel 4: Aantal goed getimede smashes bij welke spelverdeler.

3.1.5 Invloed van de duur van de set-up

De duur van de set-up kan ook van invloed zijn op de timing van de smash. Onder de duur van de set-up wordt de tijd verstaan tussen het loskomen van de bal bij de spelverdeler tot het raakmoment van de bal door de aanvaller. In Tabel 5 zijn van spelnummer 5 de waarden van de smashes van de wedstrijd op 27 maart weergegeven. Te zien is dat er "slecht" getimede smashes geslagen worden bij een korte duur (21 frames), maar er worden ook "goed" getimede smashes geslagen bij dezelfde duur. Bij een lange duur worden eveneens "goed" en "slecht" getimede smashes geslagen. Er is dus geen verband tussen de tijd dat de bal onderweg is van de spelverdeler naar de aanvaller en een goed of slecht getimede smash.

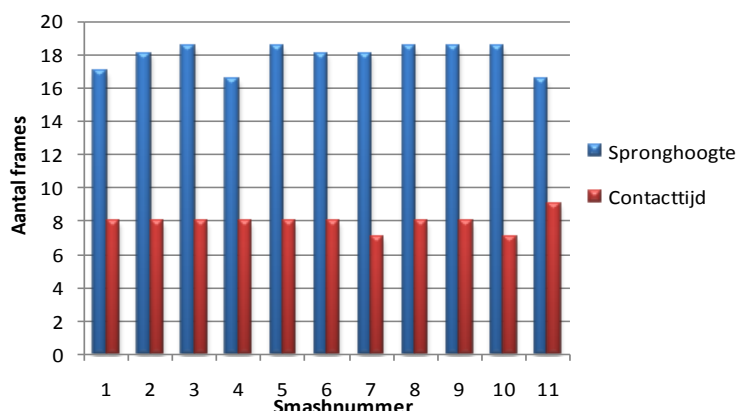
verschil (in frames)	verschil (in cm)	duur van de set-up (in frames)
7	9,61	30
6	7,06	25
2	0,78	26
3	1,77	22
3	1,77	21
3	1,77	25
2	0,78	21
2	0,78	24
4	3,14	21
2	0,78	23

Tabel 5: Gegevens van spelernummer 5.

3.1.6 Contacttijd afzet, timing en spronghoogte

De aanloop en de afzet zijn erg belangrijk voor de timing van de smash. Wanneer een speler eenmaal heeft afgezet en zich in de lucht bevindt, kan hij de baan van de sprong niet meer beïnvloeden. De timing van de smash wordt dus al grotendeels bepaald in de aanloop en tijdens de afzet. Tijdens het filmen is ook de afzet van de volleyballers meegenomen. In deze paragraaf wordt gekeken of er een verband is tussen de contacttijd van de afzet en de spronghoogte (Figuur 4) en tussen de contacttijd van de afzet en de timing. De grafieken van de andere spelers zijn terug te vinden in de Bijlage IV.

Speler 7



aantal frames	hoogte sprong in cm
16	0,50
17	0,57
18	0,64
19	0,71

Figuur 4: De spronghoogte en contacttijd (uitgedrukt in frames) weergegeven in het aantal frames.

Tussen de contacttijd en de spronghoogte is geen verband te vinden. De contacttijd is, zoals in Figuur 4 te zien is, redelijk constant. In tegenstelling tot de spronghoogte, die per aanval varieert. In het voorbeeld van speler 7 is het maximale hoogteverschil tussen de verschillende aanvallen 0,21m. In de volleybalwereld wordt nog wel eens verondersteld dat een korte contacttijd samenhangt met een hoge sprong, maar dit vermoeden wordt door deze resultaten niet ondersteund.

Over het algemeen geldt, voor alle geanalyseerde spelers, dat de contacttijd redelijk constant is. Ondanks dat de timing van de professionele volleybalspelers redelijk goed is, kan niet gezegd worden dat de timing constant is. De ene keer timet een speler beter, dan de andere keer, ongeacht de contacttijd tijdens de afzet. Er kan dus geconcludeerd worden dat er geen verband is tussen de contacttijd van de afzet en de timing van de smash. De timing van de smash wordt grotendeels aan het begin van de sprong bepaald, maar uit deze resultaten kan geconcludeerd worden, dat een constante afzet niet direct zorgt voor een goede timing.

3.2 Volleybalspelers op amateurniveau

Het is interessant om te zien of de timing van de volleybalspelers op professioneel niveau beter is dan de timing van spelers op amateurniveau. Daarom is er ook naar een wedstrijd op amateurniveau gekeken. Ook de smashes die voorkwamen tijdens het inslaan zijn meegenomen in de meting. Bij de professionele spelers is uitsluitend gekeken naar de smashes, die voorkwamen tijdens de wedstrijd.

3.2.1 "Goed" of "slecht" getimede smash

In Tabel 6 is per speler weergegeven hoeveel smashes "goed" getimed en hoeveel "slecht" getimed zijn. Ook wordt het totaal aantal smashes per speler weergegeven. Vervolgens is te berekenen hoeveel procent een speler "goed" en "slecht" timet.

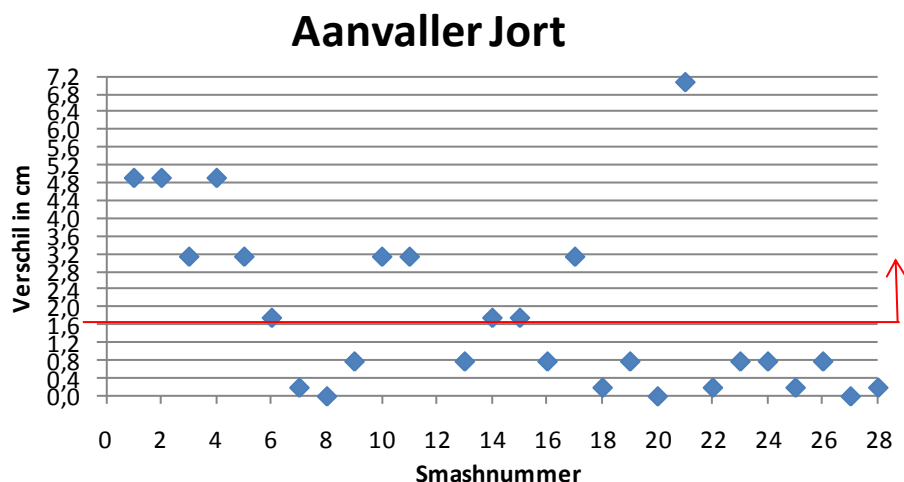
Aanvaller	"goede" timing	"slechte" timing	totaal	% Goede timing	% Slechte timing
Chen	8	2	10	80	20
Daan	6	4	10	60	40
Jeroen	20	5	25	80	20
Jort	15	12	27	55,6	44,4
Quin	22	7	29	75,9	24,1
Robbert	7	5	12	58,3	41,7
Vincent	12	3	15	80	20
Wout	16	15	31	51,6	48,4
Youri	25	8	33	75,8	24,2
Totaal	131	61	192		

Tabel 6: "Goed" en "slecht" getimede smashes.

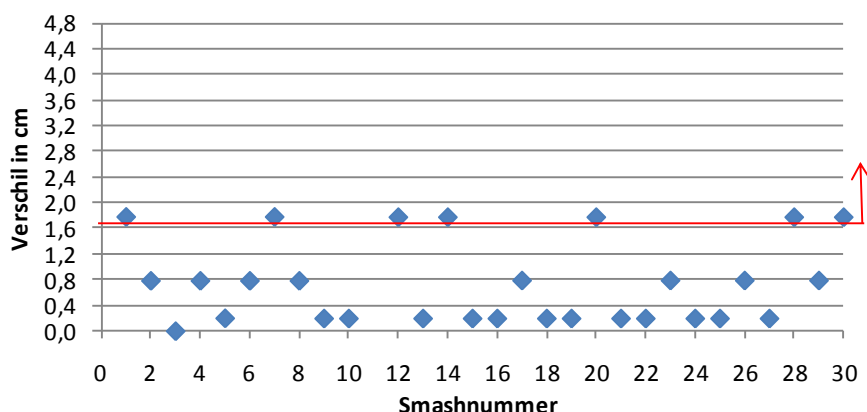
Uit deze tabel is te concluderen dat 68,2% (131 van de 192 smashes) van dit volleybalteam (tijdens het inslaan en de wedstrijd) een "goede" timing heeft tijdens de smash. Wanneer de spelers met het teamgemiddelde worden vergeleken is te zien dat de aanvallers Daan, Jort, Robbert en Wout een "slechte" timing hebben tijdens hun smash, hun percentages liggen namelijk onder die van het teamgemiddelde.

3.2.2 Individuele prestatie, timing smash

In Figuur 5 zijn voor de aanvallers Jort en Quin grafieken weergegeven. Per grafiek is bij iedere smash weergegeven hoeveel frames het raakpunt van de bal voor of na het hoogste punt van de speler ligt. Boven de rode lijn is een smash als "slecht" getimed gedefinieerd. In de Bijlage V zijn de grafieken van alle spelers weergegeven.



Aanvaller Quin



Figuur 5: Per smash het verschil in centimeter met het hoogste punt van de speler.

3.2.3 Invloed van vaker smashen

Ook op amateurniveau smashen niet alle spelers even vaak. Bijvoorbeeld Wout heeft 31 keer gesmashed tijdens het inslaan en de wedstrijd, terwijl Daan maar 10 heeft gesmashed. Er is gekeken of de hoeveelheid smashes iets zegt over het beter of slechter kunnen timen (zie Tabel 7).

Aanvaller	totaal	% Goede timing	% Slechte timing
Wout	31	51,6	48,4
Youri	33	75,8	24,2
Quin	29	75,9	24,1
Jort	27	55,6	44,4
Jeroen	25	80	20
Vincent	15	80	20
Robbert	12	58,3	41,7
Chen	10	80	20
Daan	10	60	40

Tabel 7: Hoeveel smashes zijn geslagen en hoeveel procent daarvan "goed getimed".

In Tabel 7 staat bovenaan de speler die de meeste smashes heeft geslagen en onderaan de speler met het minst aantal smashes. Wat men zou verwachten is dat een speler die veel smashed een goede timing heeft. Echter is uit Tabel 7 geen conclusie te trekken. Dit was op professioneel niveau ook het geval.

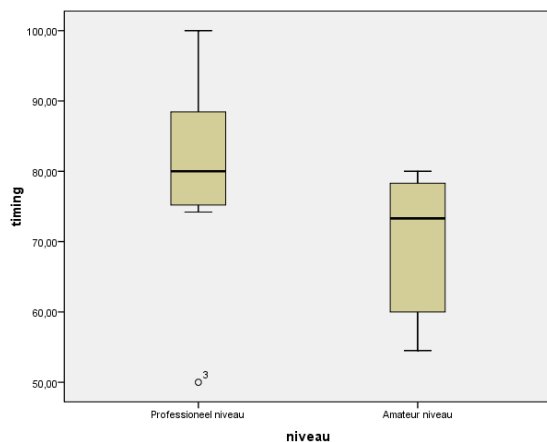
3.3 Vergelijking professioneel en amateurniveau

Om een beeld te krijgen van wat eventuele factoren zijn wat een volleybalteam op professioneel niveau kan brengen is een team van professioneel niveau vergeleken met een team op amateurniveau. De factoren die bekeken zijn is de timing van beide teams en de spronghoogte van de spelers.

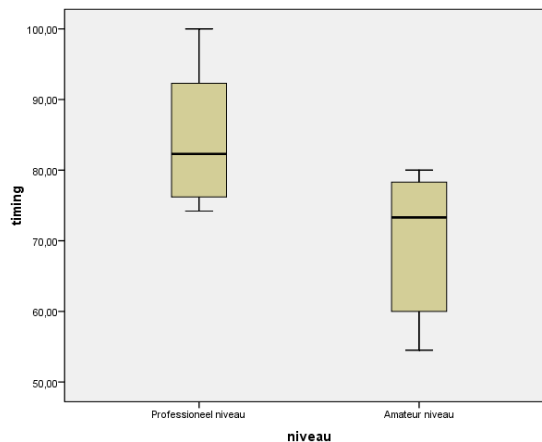
3.3.1 Timing

Allereerst is er gekeken naar de timing. Het teamgemiddelde van de timing van de spelers op professioneel niveau ligt op 77,4% en het gemiddelde op amateurniveau op 68,2%. Om te kijken of er een significant verschil is tussen de beide niveaus zijn de gegevens in het computerprogramma SPSS ingevoerd. Aan de hand van een "nonparametric test", de Mann-Whitney Test, is naar de eventuele significantie gezocht. Aangezien speler 5 het teamgemiddelde naar beneden haalt is de test twee keer uitgevoerd, één keer zonder en één keer met speler 5.

In Figuur 6A is de box plot weergegeven met speler 5 meegenomen en in Figuur 6B is speler 5 weggelaten. Te zien is dat speler 5 de box plot beïnvloed. Deze speler zorgt vooral voor een lager gemiddelde.



Figuur 6A: Box plot van de teamgemiddelden (met speler 5).



Figuur 6B: Box plot van de teamgemiddelden (zonder speler 5).

In de Tabel 8A is de uitslag van de Mann-Whitney Test weergegeven met speler 5 en in Tabel 8B zonder speler 5.

Test Statistics	
	timing
Mann-Whitney U	18,000
Wilcoxon W	63,000
Z	-1,433
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,152
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	0,174

Tabel 8A: Significantie met speler 5.

Test Statistics	
	timing
Mann-Whitney U	9,000
Wilcoxon W	54,000
Z	-2,129
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,033
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	0,036

Tabel 8B: Significantie zonder speler 5.

Wanneer speler 5 meegenomen wordt bij de test is er geen significant verschil aanwezig tussen professioneel en amateurniveau, namelijk 0,152. Wanneer speler 5 wel wordt meegenomen is er wel een significant verschil tussen beide niveaus, namelijk 0,033. Dit verschil ontstaat doordat speler 5 ver onder het teamgemiddelde gescoord heeft. Deze speler had namelijk een percentage van 50% "goed" getimed smashes in vergelijking met 77,4% van het teamgemiddelde. Wanneer iedere speler rond het teamgemiddelde zou scoren is er een significant verschil tussen het timen van de volleybalsmash op professioneel en amateurniveau.

Het blijkt dat 22,6% van de smashes op professioneel niveau "slecht" wordt getimed. Het gemiddelde hoogteverlies bij een "slecht" getimed smash is, op professioneel niveau, 3,56cm. Op amateurniveau bleek dat 31,8% van de smashes "slecht" getimed werd. Het gemiddelde hoogteverlies, op dit niveau, is 2,92cm. Het blijkt dus dat wanneer er op professioneel niveau "slecht" getimed wordt, er een groter hoogteverlies optreedt, dan wanneer er op amateurniveau "slecht" getimed wordt.

3.3.2 Spronghoogte

Verder is er gekeken naar de spronghoogte van de spelers. De spelers van het team van dit onderzoek, op professioneel niveau, zijn langer dan de spelers van het team van dit onderzoek op amateurniveau. Ook zijn de spelers op professioneel niveau beter getraind. Hierdoor kan gedacht worden dat de spronghoogte en de smashhoogte van de spelers op professioneel niveau hoger ligt dan die van de spelers op amateurniveau. In Tabel 9 is weergegeven hoeveel het lichaamszwaartepunt van de speler omhoog gaat tijdens de sprong.

Professioneel niveau			Amateur niveau		
Speler nr	min. spronghoogte	max. spronghoogte	Aanvaller	min. spronghoogte	max. spronghoogte
1	53	75	Chen	50	60
2	64	71	Daan	36	60
5	53	67	Jeroen	33	60
7	53	71	Jort	33	57
9	44	64	Quin	36	57
11	44	78	Robbert	38	60
12	60	78	Vincent	38	50
			Wout	44	57
			Youri	38	57

Tabel 9: Spronghoogte van de spelers op professioneel en amateurniveau.

In Tabel 9 is te zien dat de minimale spronghoogte 11cm hoger ligt voor de spelers op professioneel niveau in vergelijking met de spronghoogte van de spelers op amateurniveau. De maximale hoogte ligt 21cm hoger.

3.4 Conclusie

77,4% van het volleybalteam op professioneel niveau heeft een "slechte" timing tijdens het smashen, dit in tegenstelling tot de 68,2% van het volleybalteam op amateurniveau. Wanneer het teamgemiddelde op professioneel niveau vergeleken wordt met de individuele spelers, hebben de spelers 2, 5 en 11 een "slechte" timing. Bij de spelers op amateurniveau hebben Daan, Jort, Robbert en Wout een "slechte" timing in vergelijking met het teamgemiddelde.

De smashes van de speler op professioneel niveau zijn in het verloop van de tijd geanalyseerd. Aan de timing van de smashes gedurende de wedstrijden is te zien dat de vermoeidheid geen rol speelt op de timing. Iedere speler slaat de gehele wedstrijd "goed" en "slecht" getimede smashes.

Sommige spelers slaan veel meer smashes in vergelijking met andere spelers, zowel op professioneel als op amateurniveau. Echter is er geen verband gevonden tussen het aantal smashes van een speler en het hebben van een "goede" of "slechte timing".

Alleen op professioneel niveau is gekeken naar de invloed van andere spelverdelers op de timing van de smash. Deze verandering bleek geen invloed te hebben op de timing van de smashes. Verder is er gekeken naar een eventueel verband tussen de duur van de set-up en de timing van de aanvaller, echter bleek er geen verband aanwezig te zijn. Een goede smash kan vooraf zijn gegaan door een lange of korte duur van de set-up.

Verder is er gekeken naar de contacttijd tijdens de afzet. Deze is redelijk constant, dit in tegenstelling tot de timing. Er kan geconcludeerd worden dat er geen verband is tussen de contacttijd van de afzet en de timing van de smash. Ook tussen de contacttijd en de spronghoogte is geen verband te vinden. Bij een gelijke contacttijd komen zowel relatief hoge als relatief lage sprongen voor. Dit verband is alleen bekeken op professioneel niveau.

Tenslotte is er gekeken naar de spronghoogte van spelers op professioneel en amateurniveau. Het bleek dat de spelers op professioneel niveau, in de minimale situatie 11cm hoger springen en in de maximale situatie, 21cm hoger. Er is dus wel degelijk een verschil in spronghoogte aanwezig op de verschillende niveaus.

Een algemene conclusie die getrokken kan worden uit de analyse van een volleybalteam op professioneel en amateurniveau is dat de timing en spronghoogte het niveau van het team kunnen bepalen.

3.5 Modelstudie naar effect van toename smashhoogte

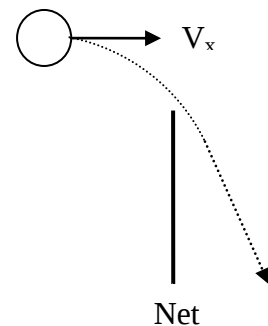
In deze paragraaf wordt gekeken naar het mogelijke effect en gevolg van het op een hoger punt raken van een smash. De baan van de bal tijdens een smash kan worden omschreven als een eenparig versnelde beweging. De bal krijgt een bepaalde snelheid (V) mee en wordt onder een bepaalde hoek geslagen. De componenten V_x en V_y kunnen aan de hand van die waardes worden berekend. De smashhoogte is vastgesteld en in deze analyse zal aandacht worden besteedt aan de horizontale verplaatsing van de bal en de tijd die de bal er over doet om de grond te raken. Op die manier zal getracht worden om een aantal voordelen van het op een hoger punt slaan van een bal te achterhalen. Het belang van een goede timing kan daarmee worden bevestigd.

Ook zal er gekeken worden naar het verschil tussen een toename van de smashhoogte en de afname van de afstand van de smash tot het net. Er zal bepaald worden welke methode effectiever is, met betrekking tot de beperking van horizontaal afgelegde afstand van de smash.

3.5.1 Minimale afstand achter net

Een mogelijk voordeel van het hoger raken van de bal tijdens de smash is de afname van de minimale afstand achter het net. Wanneer een bal op een bepaalde hoogte geslagen wordt, is er altijd een minimale afstand tussen het net en de plaats in het veld van de tegenstander waar de bal terecht kan komen. Wanneer de bal zachter geslagen wordt, komt de bal in het net en wanneer de bal harder geslagen wordt belandt de bal verder in het veld. In dit eerste deel van deze kogelbaananalyse zal eerst gekeken worden naar die minimale afstand bij een smashhoogte variërend van 3m t/m 3,10m met stappen van 0,01m.

Er wordt vanuit gegaan dat de smash langs het blok geslagen wordt en zowel de luchtweerstand als de eventuele topspin bij de smash worden in deze kogelbaananalyse verwaarloosd.



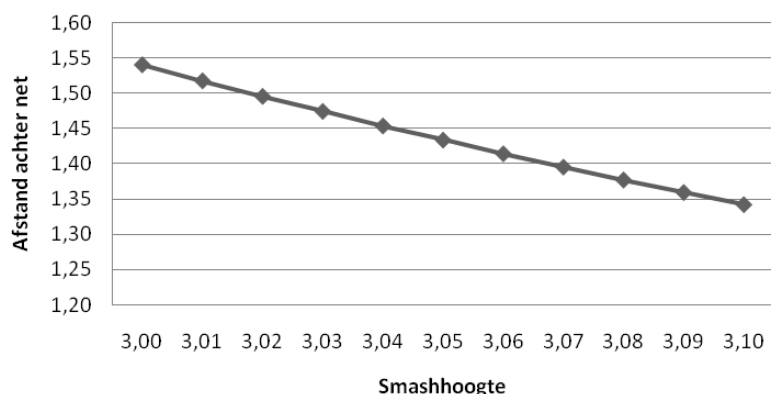
Figuur 7: Baan van de bal.

De minimale afstand achter het net is onder andere bepaald met de volgende formule: $S_y = \frac{1}{2} * g * t^2$. S_y is, in dit geval, de afstand van de onderkant van de bal tot de netrand en g is de valversnelling. Uit deze vergelijking kan nu de tijd worden berekend, die de bal nodig heeft om de netrand te bereiken. Wanneer deze t wordt gebruikt in de formule $S_x = V_x * t$, kan de snelheid V_x worden uitgerekend. De horizontale afstand tot het net S_x wordt vastgesteld op 1m. De snelheid die nu bepaald is, is de minimale beginsnelheid die de bal in horizontale richting nodig heeft, om minimaal over het net te vallen. Er is geen sprake van een verticale beginsnelheid (V_y) van de bal, maar uitsluitend een horizontale beginsnelheid (V_x) en de valversnelling. Versnelling = g ($9,81 \text{ m/s}^2$) en $V_y(0) = 0$.

Op dezelfde manier kan nu de tijd worden bepaald, die de bal nodig heeft om onder invloed van de zwaartekracht, de grond te bereiken. Vervolgens kan ook de horizontale afstand (S_x), die de bal aflegt tot deze de grond raakt, worden berekend. Wederom met de formule $S_x = V_x * t$. Alleen is nu S_x de onbekende, aangezien V_x en t eerder zijn berekend.

Wanneer de afstand tot het net van S_x wordt afgetrokken, is bekend hoeveel meter de bal bij een bepaalde smashhoogte minimaal achter het net, in het veld van de tegenstander, terecht kan komen. Deze waardes zijn voor een smashhoogte van 3m t/m 3,10m weergegeven in Figuur 8.

Minimale afstand achter net



Figuur 8: Minimale horizontale afstand achter het net.

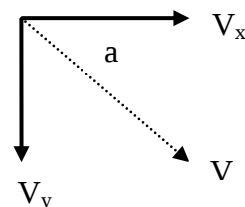
Wanneer een bal op een bepaalde hoogte en met een bepaalde afstand tot het net wordt geslagen, dan staat de minimaal haalbare afstand in het veld van de tegenstander vast. Het is niet mogelijk om de bal, vanaf het moment van slaan, sneller naar dat bepaalde punt in het veld te brengen. Uit deze berekeningen blijkt, dat een smash op een bepaalde hoogte niet zomaar naar elk willekeurig punt in het veld van de tegenstander kan worden geslagen. Er is altijd een minimale horizontale afstand, die de bal moet afleggen, wanneer hij op een bepaalde hoogte wordt gesmashed. Deze afstand is te verkleinen, door de smashhoogte te laten toenemen. Het voordeel van het verkleinen van deze afstand, is de toename van het te verdedigen veld van de tegenstander. Een veld is 9m lang en wanneer de bal minimaal 2m achter het net valt, moet de tegenstander 7m veld verdedigen. Des te kleiner de minimale afstand achter het net, des te groter het veld waar de bal terecht kan komen.

Er is echter een keerzijde aan dit voordeel. Wanneer de bal kort achter het net beland, is de snelheid laag. De verticale component van V (V_y) is 0, omdat de horizontale component (V_x) laag moet zijn, aangezien de horizontale verplaatsing minimaal moet blijven. De bal daalt dus minder snel, dan wanneer V_y groter zou zijn. Dit betekent dat de bal er langer over doet om op de grond te komen en dit geeft de tegenstander meer tijd om te reageren. De tegenstander moet dus een groter gebied verdedigen, maar heeft ook meer tijd om te reageren en om zich naar de bal te verplaatsen.

3.5.2 Horizontale verplaatsing bij verschillende smashhoogtes

In deze analyse zal nu het verschil in smashhoogte worden bekeken, aan de hand van de plaats waar de bal de grond raakt bij verschillende snelheden. Het veld wordt in 2D bekeken en de waarde die uit de formules naar voren zal komen, is de afstand vanaf het net, waar de bal in het veld van de tegenstander terecht komt, in meters. De hoogte waarop de smash geslagen wordt (S_y) zal gevarieerd worden van 3m t/m 3,10m met stappen van 0,01m.

In dit deel van de analyse wordt er van uit gegaan dat de bal op 1m vanaf het net geslagen wordt. Wanneer de bal wordt geslagen op 3m hoogte, wordt er vanuit gegaan dat de bal in het midden geraakt wordt en rakelings over het net vliegt. Er moet uiteraard rekening gehouden worden met de afmeting van de bal. De omtrek van een officiële volleybal is 0,66m en met de formule "omtrek = $2 \cdot \pi \cdot r$ " kan bepaald worden dat de straal gelijk is aan 0,105m. Deze waarde zal dus van de smashhoogte afgetrokken moeten worden, om er voor te zorgen dat de bal rakelings over het net vliegt. De nethoogte bij herenvolleybal is 2,43m.



Figuur 9: V ontbonden in componenten V_x en V_y

Wanneer er wordt gesmashed, wordt de bal met een bepaalde snelheid (V) en onder een bepaalde hoek (a) naar beneden geslagen. De verticale component V_y en de horizontale component V_x van V zijn afhankelijk van de hoek die V maakt met de horizontaal.

In deze analyse wordt V_x vooraf vastgesteld. Bij elke beginsnelheid V_x is er een bepaalde maximale beginsnelheid voor V_y , die er voor zorgt dat de bal nog net over het net vliegt. Wanneer V_x toeneemt, kan ook V_y toenemen. De waardes voor V_x worden in deze modelstudie gesimuleerd van $V_x=5$ m/s t/m $V_x=30$ m/s. De afstand tot het net is bekend (1m). Met een gegeven V_x kan bepaald worden hoelang de bal er over doet om tot boven het net te komen. Uiteindelijk kan de maximale V_y worden bepaald. Dit kan aan de hand van de volgende stappen:

$$(1) S_x = V_x \cdot t$$

Door de valversnelling daalt de bal tot aan het net een bepaalde afstand. Deze afstand is, wanneer de tijd bekend is, te bepalen door de volgende formule in te vullen:
 $\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

De smash wordt onder een hoek geslagen en heeft dus ook een verticale component V_y . Deze component V_y is nu uit te rekenen met de formule:

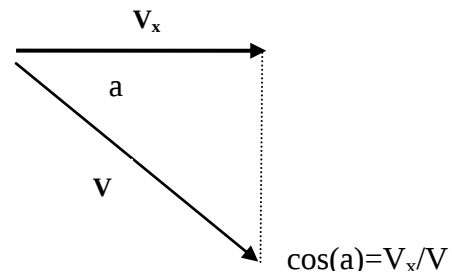
$$(2) S_y = V_y \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

De tijd (t) is voortgekomen uit de formule van S_x , de valversnelling $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ en S_y is de verticale afstand tussen de bal en het net. Hierbij moet nog wel rekening gehouden worden met het feit dat de bal tijdens de smash geraakt wordt in het midden en dat de straal van de bal om die reden nog van S_y moet worden afgetrokken. Nu dit bekend is kan de maximaal mogelijke V_y uitgerekend worden.

Nu V_y en V_x bekend zijn, kan V worden berekend. Dit kan met behulp van de stelling van Pythagoras ($a^2 + b^2 = c^2$):

$$(3) V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

Nu V bekend is, kan met behulp van de cosinus de hoek (a) die V met de horizontaal maakt, berekend worden. Deze hoek wordt later gebruikt in de formule van S_x en S_y , om de horizontale afstand van de bal achter het net te berekenen.



Figuur 10: Berekening van de hoek.

$$(4) \cos(a) = V_x/V$$

De hierboven beschreven stappen worden hier onder als voorbeeld uitgewerkt voor $V_x = 25 \text{ m/s}^2$ en een smashhoogte van 3m.

$$(1) S_x = V_x \cdot t \rightarrow 1 = 25 \cdot t$$

$$t = 0,04\text{s}$$

Vervolgens wordt V_y bepaald

$$(2) S_y = \text{smashhoogte} - \text{straal bal} - \text{nethoogte} \rightarrow 3,00 - 2,43 - 0,105 = 0,465\text{m}$$

$$S_y = V_y \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \rightarrow 0,465 = V_y \cdot 0,04 + \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot 0,04^2$$

$$V_y = 11,43 \text{ m/s}$$

V_y en V_x zijn bekend; V kan uitgerekend worden

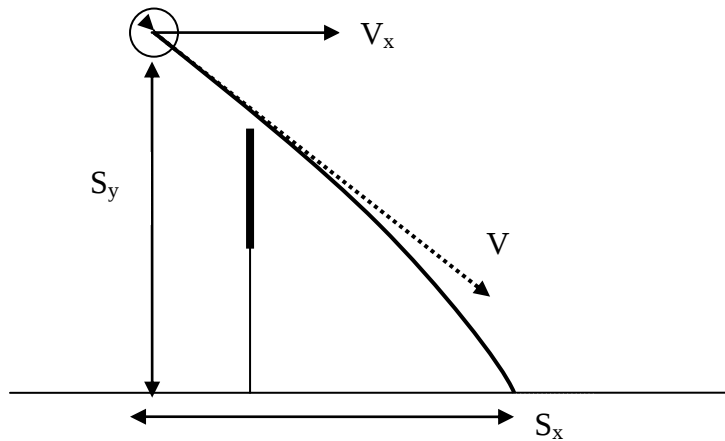
$$(3) V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \rightarrow V = \sqrt{25^2 + 11,43^2}$$

$$V = 27,49 \text{ m/s}$$

De hoek, die V met de horizontaal maakt, wordt

$$(4) \cos(a) = 25/27,49 \rightarrow \cos(a) = 0,909 \rightarrow a = 24,57^\circ$$

Nu de smashhoogte, de snelheid en de hoek van de smash bekend zijn, kan berekend worden op hoeveel meter de bal achter het net van de tegenstander beland.



Figuur 11: Baan van de bal bij een smash.

De formules om de baan van de bal weergegeven in Figuur 11 te berekenen zijn:

$$(1) S_y = -\frac{1}{2}g \cdot t^2 - v \cdot \sin(a) \cdot t$$

$$(2) S_x = V_x \cdot t$$

Allereerst zal de formule voor S_y worden ingevuld met de tijd als uitkomst. Dit is de tijd die de bal er over doet om de grond te raken bij een gegeven snelheid en hoek. De smashhoogte S_y is bekend. Hier moet, zoals eerder vermeld, de straal van de bal afgetrokken worden.

Op tijdstip nul bevindt de bal zich, in dit geval, op $3 - 0,105 = 2,895\text{m}$ hoogte. Daarom wordt de formule als volgt aangepast:

$$(1) S_y = -\frac{1}{2}g \cdot t^2 - v \cdot \sin(a) \cdot t + 2,895$$

Deze formule kan ingevuld worden, zodat met de ABC-formule de tijd (t) kan worden achterhaald:

$$(1) S_y = -\frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot t^2 - 27,49 \cdot \sin(24,57) \cdot t + 2,895 = 0$$

$$t = 0,230\text{s}$$

De tijd (t), die uit deze formule komt en die aangeeft na hoeveel tijd de bal de grond ($S_y=0$) heeft geraakt, kan ingevuld worden in de formule van S_x .

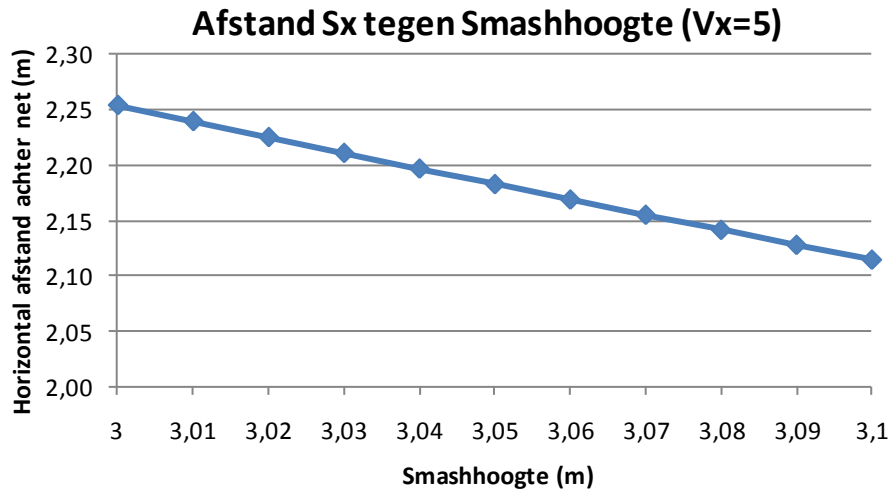
$$(2) S_x = V_x \cdot t$$

$$S_x = 25 \cdot 0,230$$

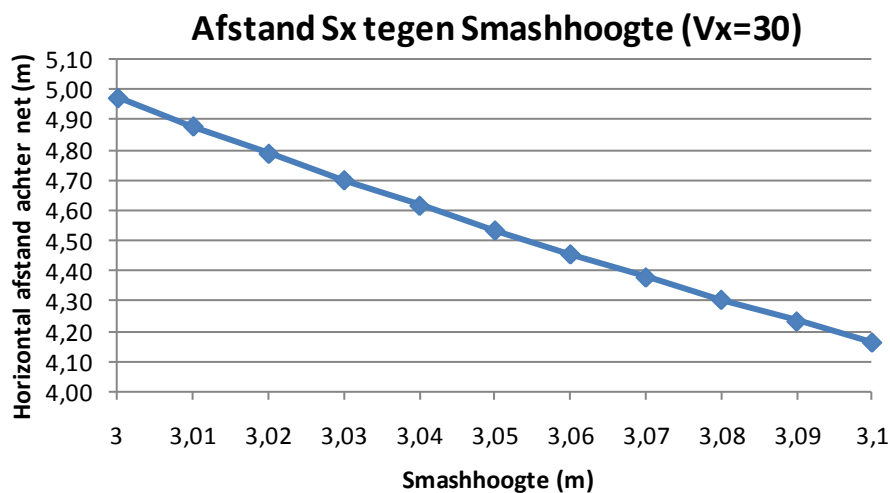
$$S_x = 5,75\text{m}$$

De afstand die uit deze formule komt, is de horizontale afstand vanaf de plaats van de smash. Aangezien de speler de bal 1m voor het net sloeg, raakt de bal de grond op $5,75 - 1 = 4,75\text{m}$ afstand vanaf het net in het veld van de tegenstander.

Dit is voor de smashhoogtes 3m t/m 3,10m gedaan en bij elke smashhoogte is de horizontale snelheid (V_x) steeds gevarieerd van 5 m/s t/m 30 m/s. In Figuur 12 staat de grafiek weergegeven waarin de horizontale afstand achter het net wordt uitgezet tegen de smashhoogte, bij een V_x van 5 m/s. In Figuur 13 staat de grafiek bij een V_x van 30 m/s. In beide gevallen vindt de smash plaats op 1m van het net. De grafieken van de andere V_x -waardes zijn in Bijlage VI weergegeven.

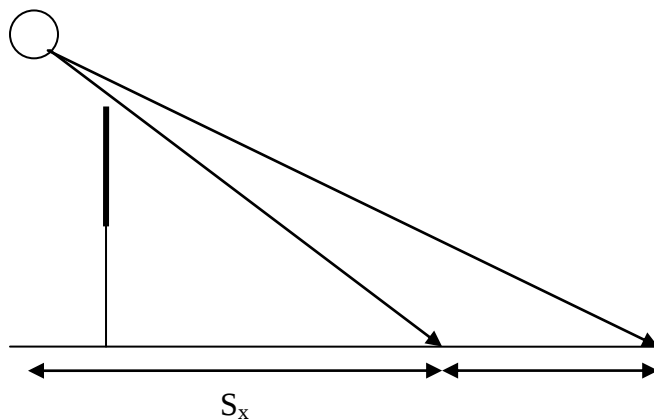


Figuur 12: De horizontale afstand achter het net uitgezet tegen de smashhoogte, bij een V_x van 5 m/s.



Figuur 13: De horizontale afstand achter het net uitgezet tegen de smashhoogte, bij een V_x van 30 m/s.

Uit de berekeningen en de grafieken is te concluderen dat de horizontale verplaatsing afneemt, naarmate de smashhoogte hoger ligt. Dit komt uiteraard doordat de hoek met de horizontaal dan groter wordt. Er is ook te zien dat de afname, in horizontaal afgelegde afstand van de bal, groter is, wanneer de V_x toeneemt bij een gelijke toename van de smashhoogte. De grafiek bij $V_x = 30$ m/s loopt namelijk steiler dan de grafiek bij $V_x = 5$ m/s.



Figuur 14: Bij een gegeven smashhoogte, is er een bepaald deel van het veld waar de bal terecht kan komen.

Bij een smash met een hogere snelheid heeft de speler dus meer baat bij "goed" timen, dan bij een smash met een lagere snelheid.

Het grote voordeel van een kleinere horizontale verplaatsing, is dat een groter deel van het veld "beschikbaar" is voor de smash. Wanneer de bal bij een snelheid van $V_x = 30$ m/s op 3m hoogte wordt geslagen, belandt de bal op minimaal 5m achter het net. Het andere team moet dus $9 - 5 = 4$ m veld verdedigen. Wanneer in dezelfde situatie de bal op 3,1m wordt geslagen, belandt de bal minimaal 4,15m achter het net. In dit geval moet het andere team $9 - 4,15 = 4,75$ m veld verdedigen. Een toename van 0,10m verticaal, zorgt dus voor een afname van 0,75m horizontaal en dit betekent dat de tegenstander 0,75m meer veld moet verdedigen.

Wanneer de bal minder hard geslagen wordt, valt de bal ook korter achter het net. De tegenstander moet in dit geval weliswaar meer veld verdedigen, maar heeft door de lagere snelheid van de bal, ook meer tijd om te reageren en om zich in het veld te verplaatsen.

3.5.3 Toename smashhoogte versus afname netafstand

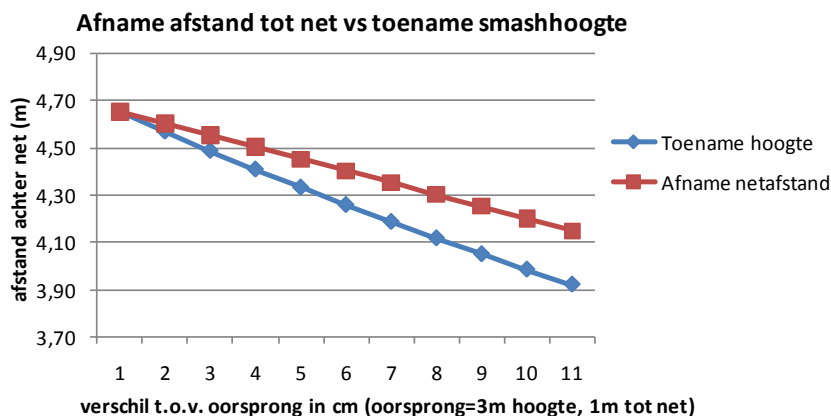
In bovenstaande paragrafen is uitgezocht wat het voordeel is van een toename van de smashhoogte. Dit heeft uiteraard met timing te maken, aangezien de smashhoogte lager is wanneer de bal niet op het juiste moment in de sprong geslagen wordt.

Een andere waarde die kan variëren wat betreft de smash, is de afstand tot het net. Wanneer de bal dichterbij het net geslagen wordt, is de hoek waaronder de bal maximaal geslagen kan worden groter en belandt de bal korter achter het net. De afstand van de bal tot het net tijdens de smash heeft echter niks met de timing van de aanvaller te maken, maar met de set-up van de spelverdeler. In deze analyse wordt onderzocht of het efficiënter is om een smash hoger te raken of om een set-up dichterbij het net te geven.

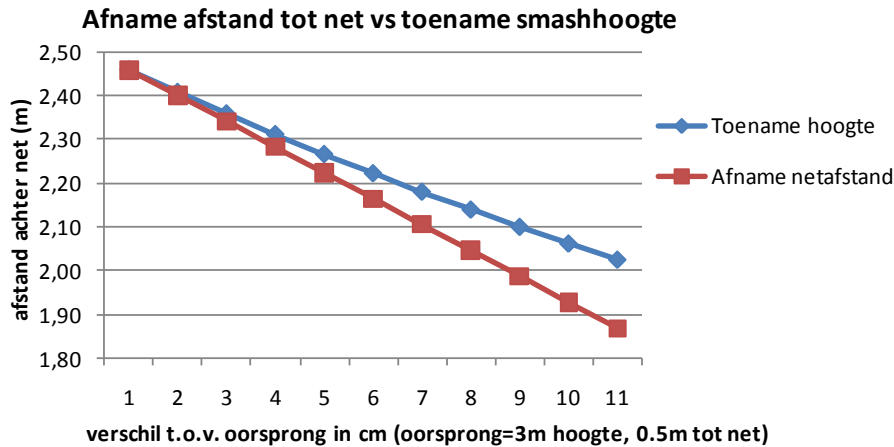
De horizontale snelheid van de smash wordt vastgesteld op 25 m/s, dus $V_x = 25$ m/s. Er wordt een beginpunt gedefinieerd en vanaf dit punt wordt steeds 0,01m toename in smashhoogte uitgezet tegenover 0,01m afname in de afstand tot het net. Het beginpunt van de smashhoogte is telkens 3m en zal oplopen met stappen van 0,01m t/m 3,10m. De afstand tot het net wordt gevarieerd van 1m t/m 0,50m. Hier wordt uiteraard ook gebruik gemaakt van stappen van 0,01m. Hierdoor zullen er grafieken ontstaan met de volgende waardes:

- Smashhoogte 3,00m t/m 3,10m, netafstand 1,00m t/m 0,90m
- Smashhoogte 3,00m t/m 3,10m, netafstand 0,90m t/m 0,80m
- Smashhoogte 3,00m t/m 3,10m, netafstand 0,80m t/m 0,70m
- Smashhoogte 3,00m t/m 3,10m, netafstand 0,70m t/m 0,60m
- Smashhoogte 3,00m t/m 3,10m, netafstand 0,50m t/m 0,40m

De berekening voor de horizontale verplaatsing per smash is uiteraard gelijk aan de berekeningen, zoals die zijn weergegeven in Paragraaf 3.6.2. In de Figuren 15 en 16 zijn de grafieken weergegeven voor de netafstand 1m t/m 0,90m en de netafstand 0,50m t/m 0,40m.



Figuur 15: Verschil tussen horizontale verplaatsing bij afname netafstand en toename smashhoogte.



Figuur 16: Verschil tussen horizontale verplaatsing bij afname netafstand en toename smashhoogte.

In Bijlage VII zijn de grafieken van de overige netafstanden weergegeven.

Wanneer een bal geslagen wordt op 3m hoogte en 0,50m van het net, heeft een centimeter dichterbij het net meer effect op de reductie van horizontale verplaatsing, dan de smash een centimeter hoger slaan. Wanneer een bal geslagen wordt op 3m hoogte en 1m van het net, is er echter sprake van het tegenovergestelde; een centimeter hoger is effectiever wat betreft de positie van de bal in het veld. Het omslagpunt ligt bij 0,60m vanaf het net. Dat wil zeggen dat, wanneer een bal dichterbij dan 0,60m bij het net wordt geslagen een verplaatsing in horizontaal opzicht effectiever is dan een verplaatsing in verticaal opzicht.

Als de afstand tot het net groter is dan 0,60m, is een toename van de smashhoogte effectiever. In weinig gevallen ligt de smash dichterbij het net dan 0,50m. In veel gevallen is de toename van smashhoogte dus effectiever dan de afstand tot het net en kan er geconcludeerd worden dat een goede timing belangrijk is. Daarbij komt nog eens het feit, dat een smash dichterbij het net makkelijker te blokkeren is door de tegenstander. Des te groter de afstand van het net, des te makkelijker de aanvaller langs het blok kan slaan.

4. Discussie

Tijdens het onderzoek zijn enkele discussiepunten naar voren gekomen, deze zullen in dit hoofdstuk besproken worden.

Het team van ORTEC Nesseland is een professioneel volleybalteam, dat meerdere keren per week traint. Dit team is dus erg op elkaar ingespeeld en de onderlinge interactie tussen de spelers in het volleybalspel is erg goed. Voor de analyse van een volleybalteam op amateurniveau waren twee teams uitgenodigd, die een vriendschappelijke wedstrijd tegen elkaar zouden spelen. Door omstandigheden moest één team op het laatste moment afzeggen. Omdat er genoeg spelers van het ene team waren, kon uiteindelijk nog een wedstrijdje van vier tegen vijf worden gespeeld. Maar de omstandigheden waren in deze situatie niet optimaal. Het geanalyseerde team speelde met één man minder en niet in de gebruikelijke teamopstelling. Dit kan eventueel invloed hebben gehad op de kwaliteit van de wedstrijd en zodoende op de prestaties van de spelers tijdens de smash. Dit is, vergeleken met een professioneel team onder ideale omstandigheden, een groot verschil.

Uit de resultaten blijkt dat er bij het professionele team een groter hoogteverlies optreedt wanneer er "slecht" getimed wordt, in vergelijking met het team op amateurniveau. Er is echter alleen gekeken naar absolute waarden. Er is niet gekeken naar het percentage hoogteverlies ten opzichte van de smashhoogte. De spelers op professioneel niveau sprongen hoger dan de spelers op amateurniveau. Dit kan het absolute verschil in hoogteverlies eventueel verklaren.

In de smash is het effect van topspin verwaarloosd. De topspin zorgt uiteraard voor een kleinere horizontale verplaatsing. Maar om de bal met topspin te slaan, moet de bal op een bepaalde manier geraakt worden. Niet iedere speler slaat de bal met topspin en omdat dit de berekeningen van eenparig versnelde bewegingen erg gecompliceerd zouden maken, is ervoor gekozen om dit effect te verwaarlozen.

In de modelstudie (berekeningen aan een eenparig versnelde beweging) is er van uit gegaan dat de vector V altijd door het massamiddelpunt van de bal loopt. Dit bepaald ook waar de bal geraakt wordt door de hand van de speler. Het kan uiteraard voorkomen dat de vector boven het massamiddelpunt van de bal loopt. Dit zou de baan van de bal beïnvloeden en eventueel topspin kunnen veroorzaken. Om de berekeningen niet te gecompliceerd te maken, is er van uit gegaan dat de vector van de smash altijd door het massamiddelpunt van de bal gaat.

4.1 Aanbevelingen

In deze paragraaf zullen de aanbevelingen voor eventuele vervolgonderzoeken gedaan worden.

In dit verslag is geen rekening gehouden met topspin van de bal tijdens de smash. Voor een beter en betrouwbaarder beeld van de plaats van de bal in het veld, kan in een vervolgonderzoek de topspin worden onderzocht. Tevens kan dan bekeken worden, hoe groot het verschil is tussen een smash met topspin en een smash zonder topspin.

Aan de hand van de, in dit onderzoek gebruikte, methode kan bepaald worden of een speler "goed" of "slecht" timet. Deze methode neemt echter veel tijd in beslag en kan tijdens een training niet snel en eenvoudig toegepast worden. Een aanbeveling voor een volgend onderzoek is om een methode te ontwikkelen, die snel en eenvoudig kan bepalen hoe de timing is van een speler. Dit kan dan bijvoorbeeld toegepast worden bij jonge spelers en zo kan bepaald worden of er trainingstijd besteed moet worden aan de timing. Ook kan dan bepaald worden, aan de hand van de timing, of een speler het in zich heeft om een speler op professioneel niveau te worden.

5. Conclusie

In dit hoofdstuk zullen de belangrijkste conclusies uit het onderzoek nogmaals besproken worden.

De hoofdvraag die tijdens dit onderzoek centraal staat:

- Slaan volleybalspelers de bal op hun hoogste punt?

Wat betreft de hoofdvraag geldt dat 77,4% van de spelers op professioneel niveau slaat de bal op het hoogste punt. Dit is een redelijk hoog percentage. Van de "slecht" getimede smashes is het gemiddelde hoogteverlies 3,56cm. Dit is een beperkt hoogteverlies, maar het heeft toch gevolgen voor de plaats van de bal in het veld. Bij de spelers op amateur niveau wordt 68,2% van de smashes op het hoogste punt van de sprong geslagen. Het gemiddelde hoogteverlies op dit niveau is 2,92cm. De professionele volleyballers timen dus beter, maar wanneer een speler op professioneel niveau "slecht" timet, verliest hij gemiddeld meer hoogte dan een speler op amateurniveau die "slecht" timet. Op het eerste gezicht lijkt timing een factor die bepalend kan zijn bij het niveauverschil tussen spelers op professioneel en amateurniveau.

Ook blijkt dat de spelers op professioneel niveau hoger springen dan de spelers op amateurniveau. Dit zorgt ervoor dat deze spelers de bal op een hoger punt ten opzichte van de grond kunnen smashes. Dit lijkt dus ook een bepalende factor bij een dergelijk niveau verschil.

Uit de resultaten van de modelstudie is gebleken dat een aantal centimeter toename van de smashhoogte een voordeel oplevert ten opzichte van de horizontale verplaatsing van de bal en van de tijd, die de bal er over doet tot de grond. Beide voordelen maken het verdedigen van de aanval door de tegenstander moeilijker en de kans dat de smash een punt oplevert neemt hierdoor toe. Er kan dus geconcludeerd worden dat het belangrijk is dat een volleyballer goed timet.

Uit de analyse blijkt ook dat het, wat betreft horizontale verplaatsing, in de meeste gevallen effectiever is om de bal een centimeter hoger te slaan dan om de set-up een centimeter dichter bij het net te plaatsen. Dit gegeven versterkt de conclusie, dat de timing een belangrijk aspect is in een goede aanval.

De algemene conclusie van dit onderzoek is dat de timing zowel op professioneel als op amateurniveau redelijk goed is. Van de smashes, die "slecht" getimed worden, is het gemiddelde hoogteverlies op professioneel niveau 3,56cm en op amateurniveau 2,92cm. Ten opzichte van een smashhoogte van ruim drie meter lijkt dit een zeer gering hoogteverlies, maar het blijkt dat het toch gevolgen heeft voor de mogelijke plaats van de bal in het veld.

6. Literatuurlijst

Lagerberg, A. & Faber, H. (2007). 'Springen en armzwaaien'. *VERSUS, Tijdschrift voor Fysiotherapie* 25^e jaargang. No. 4

Hsieh, C. & Heise, G. 'Important kinematic factors for female volleyball players in the performance of a spike jump'. *School of Sport and Exercise Science*. University of Northern Colorado.

Kuhlmann, C. 'Different approach techniques in volleyball spike'. *Department of Human Locomotion*. Chemnitz University of Technology Germany

Handleiding Silicon Coach

Handboek Maple

Bijlagen

Bijlage I: Interview volleybalspelers professioneel niveau	28
Bijlage II: Methode.....	29
Bijlage III: Grafieken van de spelers op professioneel niveau	33
Bijlage IV: Grafieken contacttijd en spronghoogte	37
Bijlage V: Grafieken van de spelers op amateurniveau	41
Bijlage VI: Grafieken met Sx uitgezet tegen smashhoogte.....	44
Bijlage VII: Grafieken met afname afstand tot net uitgezet tegen toename smashhoogte	51

Bijlage I: Interview volleybalspelers professioneel niveau

Om een beter inzicht te krijgen in het volleybalspel zijn de volleybalspelers geïnterviewd. Hieronder staan de vragen die zijn gesteld aan de spelers met de daarbij gegeven antwoorden.

1. *Gaat de aanvaller er al vanuit dat de bal op een bepaalde plaats komt, of wacht hij elke bal af?*
 - o Midden
Springt gewoon in een bepaalde richting en de spelverdeler legt de bal daar neer.
 - o Buiten
Afhankelijk van wat er van te voren is afgesproken. Deze afspraak maakt de spelverdeler, de aanvaller kan deze afspraak veranderen tijdens het spel.
Bij een hoge bal wacht de aanvaller waar de bal gaat komen. Bij een tempo bal gaat de aanvaller gewoon en moet de spelverdeler de bal plaatsen waar de aanvaller is.
2. *In hoeverre heeft de aanvaller invloed op de plaats van de set up?*
Hij kan zelf bepalen waar in de baan van de bal, hij de bal slaat
3. *In hoeverre heeft de spelverdeler invloed op de plaats van de set up?*
De spelverdeler heeft de grootste invloed
 - o Vooraf bepaald de spelverdeler de plaats van de bal. Tijdens de rally kan de aanvaller er nog invloed op uitoefenen.
 - o Hoe sneller het spel, hoe meer afhankelijk de aanvaller is van de spelverdeler
4. *(Aanvaller) Voel je of een smash succesvol getimed was, dus of je de bal op jouw hoogste punt hebt geraakt?*
Ja, wanneer de timing niet goed is kan dit komen door:
 - o Te vroeg / te laat
 - o Bal komt op een andere plaats dan verwacht
 - o Verkeerd aanloop ritme
 - o Verkeerde snelheid van de aanloop
 - o Door een verkeerde afstemming met de spelverdeler
5. *Wat denk jij dat de voordelen zijn om de bal zo hoog mogelijk te slaan?*
 - o Meerdere keuzes voor de aanvalshoek
 - Om het blok of over het blok heen
 - o Lastiger voor de blokkering
 - o Hogere slagkracht
 - o Hoog raken = sneller = minder tijd voor de tegenstander
 - o Hogere scoringskans

Overige opmerkingen

(Spelernummer 9) Hoe hoger hoe beter? Niet altijd waar, soms is het goed voor de afwisseling de bal lager te pakken om de tegenstander te verrassen.

(Spelernummer 5) Een echt lekker getimede bal voelt als te vroeg.

Conclusie

De spelverdeler bepaalt in eerste instantie waar de bal terecht komt. Dit communiceert hij met de aanvaller. Wanneer de aanvaller, tijdens de aanval, merkt dat hij de afgesproken smash niet gaat halen, geeft hij dit tijdens de aanval aan en zal de spelverdeler de bal naar de nieuwe plaats moeten spelen.

Bijlage II: Methode

In dit hoofdstuk worden de uitgevoerde analyses beschreven. Allereerst is er een literatuurstudie gedaan naar eerder verrichte onderzoeken en vervolgens worden de analyses, die gedaan zijn naar de factoren die van invloed zijn op de volleybalsmash, beschreven.

1. Literatuurstudie

De analyse is begonnen met het zoeken naar relevante artikelen, die betrekking hebben op de volleybalsmash. Er zijn geen onderzoeken gevonden direct gerelateerd aan de volleybalsmash. Wel zijn er onderzoeken gevonden over het springen en de daarbij behorende belangrijke factoren als de invloed van de kniebuiging en de armzwaai. Deze factoren zijn echter gedurende dit onderzoek niet onderzocht.

2. Hoogste punt van de speler en raakmoment van de bal

Uit het beeldmateriaal van de twee volleybalwedstrijden worden de smashes eruit gefilterd met behulp van het programma Silicon Coach. Vervolgens worden deze smashes één voor één geanalyseerd. Bij de analyse van de smashes gaat het om het bepalen van het tijdstip waarop de bal wordt geslagen en het moment waarop de speler zijn hoogste punt bereikt. Deze analyse kan op twee manieren plaatsvinden, namelijk:

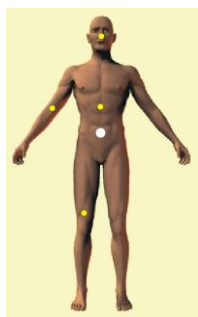
1. Het volgen van het lichaamszwaartepunt.
2. Het berekenen van het frame waarin de speler op zijn hoogste punt is. Dit wordt bepaald aan de hand van de vluchttijd.

Ook is het nog van belang om te bepalen in welk frame de bal wordt geslagen, het laatste moment van balcontact of het eerste moment van loslaten van de bal.

Nu zullen de mogelijke methoden worden uitgewerkt. Deze methodes zijn allereerst getest met een wedstrijd op professioneel niveau.

2.1 Methode 1

Bij deze methode wordt het lichaamszwaartepunt van de speler gevolgd. Hierbij moeten alle deelmassa's en deelzwaartepunten van de lichaamsdelen van de speler bekend zijn. Het gewogen gemiddelde van al deze zwaartepunten is het lichaamszwaartepunt van de speler. In Figuur 1 is de ligging van enkele deelzwaartepunten (gele stippen) en het lichaamszwaartepunt (witte stip) weergegeven.



Figuur 1: Enkele deelzwaartepunten en het lichaamszwaartepunt.

De beelden zijn gemaakt tijdens een officiële volleybalwedstrijd, hierdoor was het niet mogelijk markers te plaatsen op de spelers. Het exact volgen van het lichaamszwaartepunt is dus onder die omstandigheden een onmogelijke opgave. Om toch het lichaam te kunnen volgen is er voor een punt op de romp gekozen, ter hoogte van de scheiding tussen het (witte) shirt en de (rode) broek. Deze duidelijke kleurverandering maakte het klikken van het punt op de romp gemakkelijker.

Het klikken van het gekozen punt op de romp wordt gestart wanneer de speler in de lucht is, vlak voor het slaan van de bal. Het klikken wordt gestopt bij een duidelijke daling van de speler na het slaan van de bal. Zie Figuur 2.



Figuur 2: Bepalen van hoogste punt met behulp van het volgen van het lichaamszwaartepunt.

Een nadeel bij deze methode is het perspectief van de camera. Wanneer de speler zich in één vlak beweegt (loodrecht op de camera) is er niks aan de hand, maar wanneer de speler van de camera af of naar de camera toe springt, wordt het beeld vertekend. Zoals in Figuur 2 te zien is, ligt de achterste zijlijn van het veld hoger dan de voorste zijlijn van het veld. In werkelijkheid liggen deze uiteraard in hetzelfde horizontale vlak. Wanneer een speler een stap van de camera afzet, lijkt het alsof zijn lichaamszwaartepunt stijgt. Dit gevaar treedt ook op wanneer een speler van buiten naar binnen aanvalt. Hierdoor kan het op de video lijken dat de speler op een punt blijft hangen wanneer hij daalt en van de camera af beweegt. Tijdens het bepalen van het hoogste punt van de volleyballer, moet hier rekening mee gehouden worden.

2.2 Methode 2

Een andere methode is het bepalen van het hoogste punt van de speler door gebruik te maken van de duur van de vluchttijd. Deze vluchttijd wordt uitgedrukt in het aantal frames.

Bij een sprong geldt altijd: stijgtijd = valtijd. Hier is uit te concluderen dat het hoogste punt van de speler zal liggen in het midden van de totale vluchttijd. Een voorwaarde hierbij is wel dat de houding van het lichaam bij de afzet en het neerkomen gelijk is.



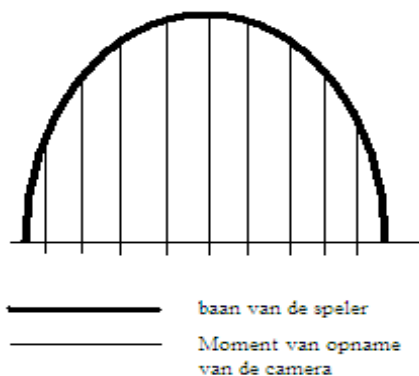
Figuur 3: Bepalen van hoogste punt met behulp van het aantal frames.

In Figuur 3 is een sprong weergegeven. Frame 1 is het moment van loskomen en frame 37 het moment van neerkomen. Als de speler de bal slaat op zijn hoogste punt, zou dit moeten zijn in frame 19 ($38/2 = 19$). In het beeldmateriaal kan worden gezocht naar frame 19 en kan er gekeken worden of de speler de bal op zijn hoogste punt slaat.

3. Onnauwkeurigheden beeldmateriaal

Een nadeel bij beide methoden is dat het echte moment van raken van de bal niet op film hoeft te staan. De camera die gebruikt is voor de opnames, filmt met 25Hz. Het programma Silicon Coach maakt van deze opnames, door middel van de-interlacing, 50Hz. De tijd tussen de beelden bedraagt dus 0,02s. Het kan voorkomen dat de camera de speler niet op zijn hoogste punt filmt. Dit kan de metingen negatief beïnvloeden, waardoor het lijkt dat een speler meerdere frames op dezelfde hoogte blijft hangen.

In het ideale scenario wordt de speler precies gefilmd, wanneer hij zich op het hoogste punt van zijn sprong bevindt. Dit is in Figuur 4 weergegeven. Maar het is ook mogelijk dat het raster wat verschoven is. De tijd tussen de beeldjes is 0,02s. In het uiterste geval is het raster 0,01s verschoven ten opzichte van het hoogste punt van de speler.



Figuur 4: Opnamemomenten camera.

Er moet dus gekeken worden naar de meetfout, die op kan treden tijdens het analyseren van de beelden en er moet berekend worden wat het hoogteverschil is in het uiterste geval.

De valversnelling bedraagt $9,81 \text{ m/s}^2$. Vanaf het hoogste punt dat de speler bereikt, maakt hij een vrije val naar beneden. De luchtweerstand kan in dit geval verwaarloosd worden. Met de volgende formule kan de afstand worden berekend tussen het hoogste punt van de speler en de positie van de speler één frame later:

$$s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 + v(0) \cdot t$$

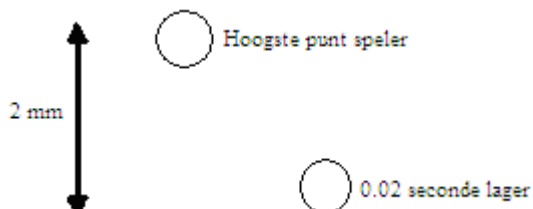
$$a = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$t = 0,01 \text{ sec } (\frac{1}{2} \cdot 50 \text{ Hz})$$

$$v(0) = 0$$

$$\text{In dit geval is } s = 0,00049\text{m oftewel } 0,05\text{cm}$$

De maximale meetfout die optreedt doordat het hoogste punt niet wordt gefilmd is dus altijd kleiner dan een halve millimeter.



Figuur 5: Maximale meetfout.

De meetfout is dus zeer klein en het voordeel van een camera met meer beeldjes per seconde is dus in dit geval minimaal. Er kan gesteld worden dat het optische verschil dat optreedt door het "capture moment" van de camera, verwaarloosd kan worden.

Voor beide methoden is het van belang om te bepalen wanneer de bal daadwerkelijk geslagen wordt. Er moet van te voren vastgesteld zijn op welk moment het slaan van de bal plaatsvindt. Dit kan op meerdere momenten:

- Het moment waarop de bal nog aan de hand vastzit
- Het moment waarop de bal net los is van de hand

In deze analyse zal gekozen worden voor het moment waarop de bal net los is van de hand.

4. Foutenanalyse

Een groot nadeel van de eerste methode is dat iedere keer als er op het punt op de romp geklikt moet worden er een meetfout kan optreden door onnauwkeurigheid. Dit is tevens een zeer tijdrovend proces. Ook is er nog het probleem met betrekking tot het perspectief. Het is beter om deze methode toe te passen wanneer er gebruik is gemaakt van markers.

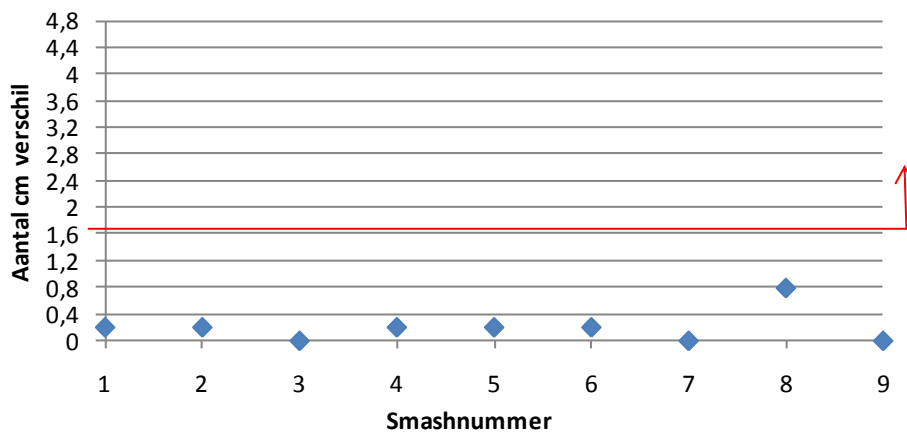
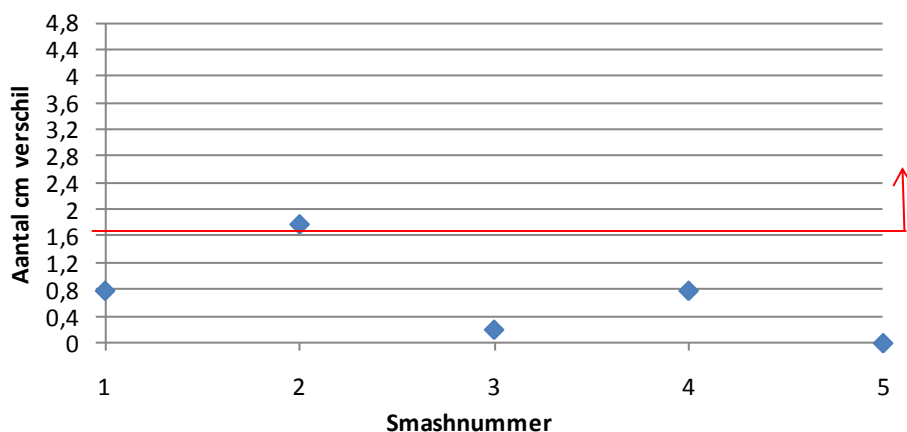
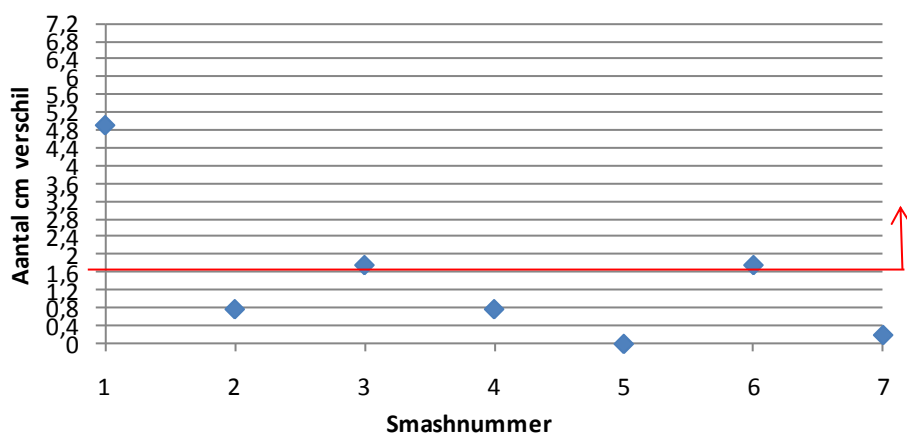
Methode twee is een minder tijdrovend proces en de kans op onnauwkeurigheden is kleiner. Bij beide methoden treedt het probleem op dat het moment van raken van de bal en het hoogste punt van de sprong niet altijd op film staat.

5. Conclusie

De methode die gebruikt zal worden tijdens dit onderzoek is de tweede methode, door middel van de duur van de vluchttijd. Voor het moment van slaan van de bal zal gekozen worden voor het moment dat de bal net los is van de hand.

Bijlage III: Grafieken van de spelers op professioneel niveau

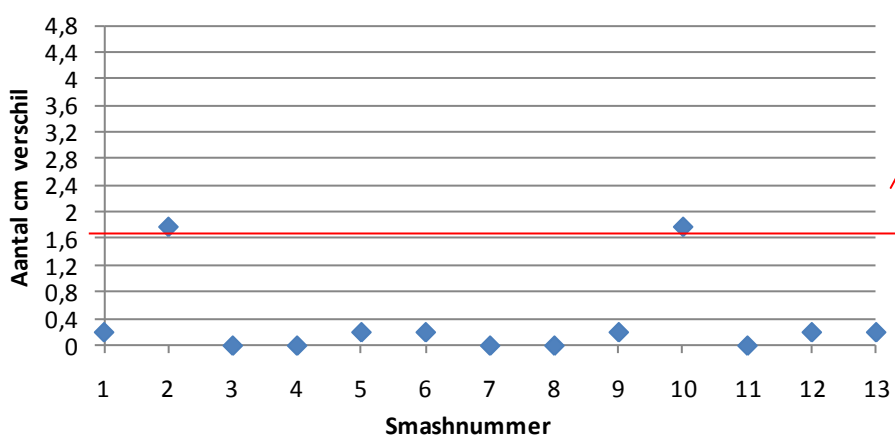
Grafieken van de verschillende spelers van de wedstrijd op 13 maart. Iedere grafiek geeft voor iedere smash aan, hoeveel frames de bal na het hoogste punt geslagen wordt.

Speler 1**Speler 2****Speler 5**

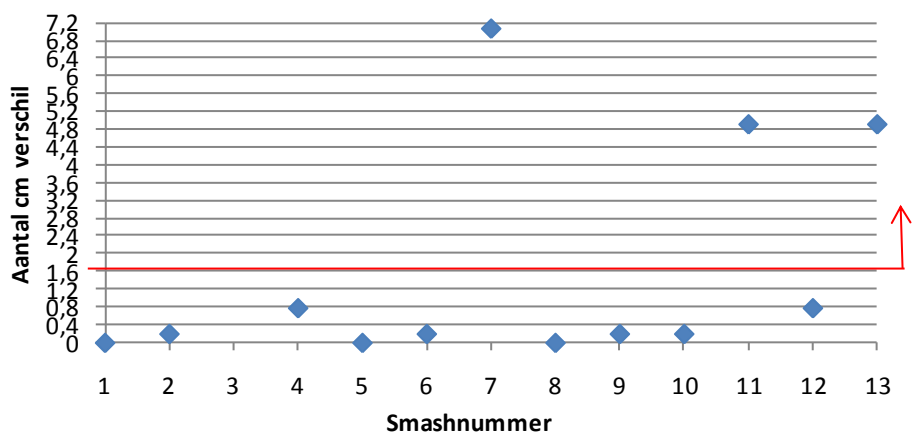
Speler 7



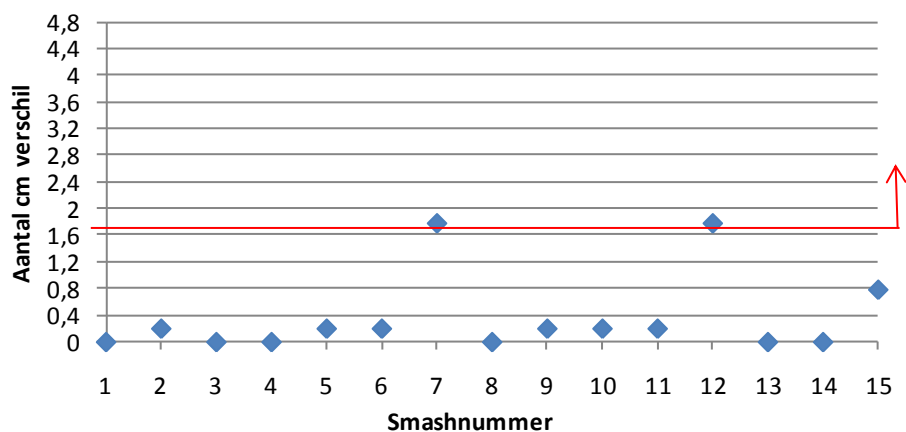
Speler 9



Speler 11

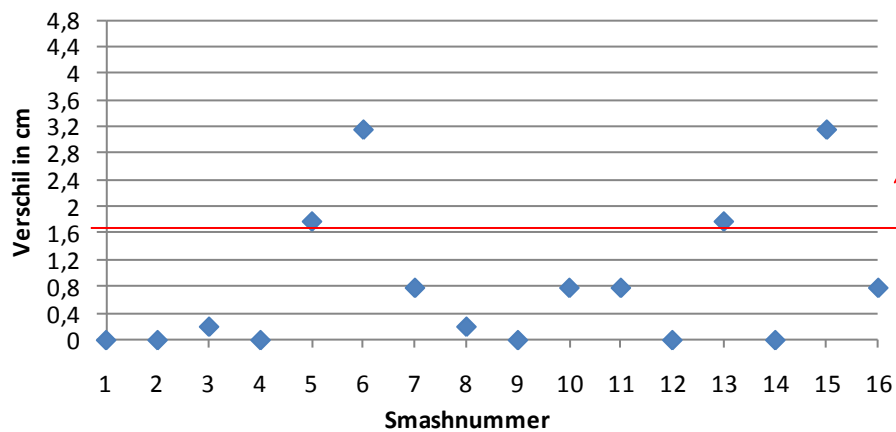


Speler 12

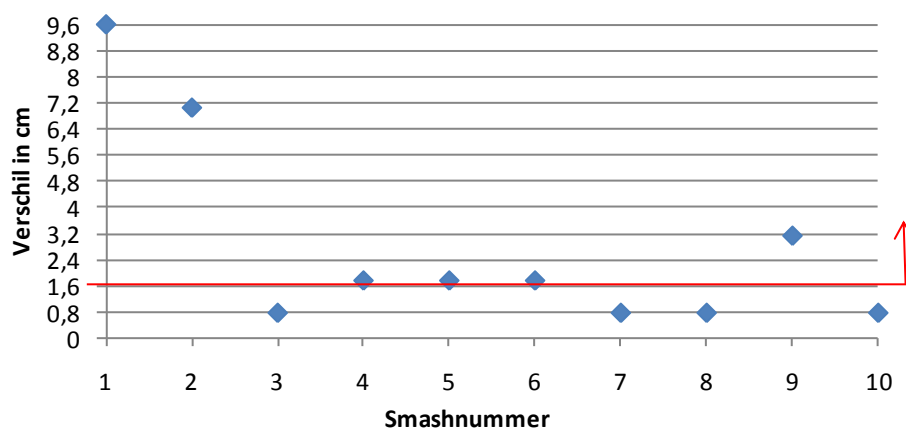


Grafieken van de verschillende spelers van de wedstrijd op 27 maart. Iedere grafiek geeft voor iedere smash aan, hoeveel frames de bal na het hoogste punt geslagen wordt.

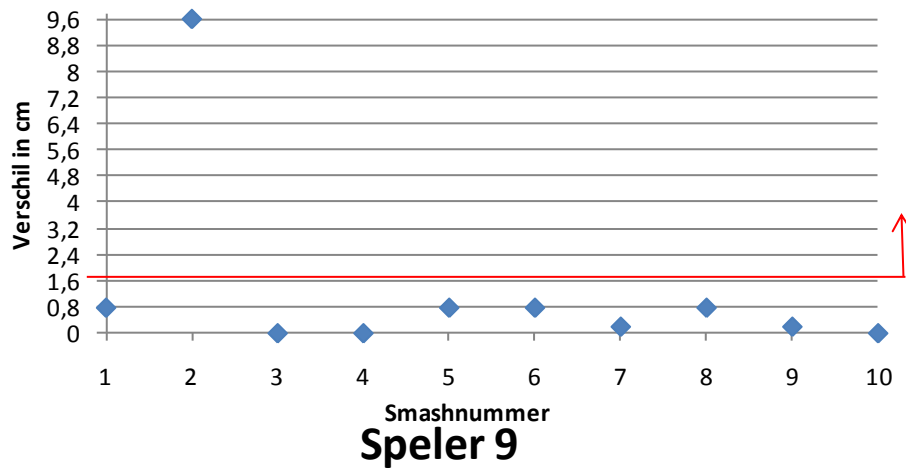
Speler 2



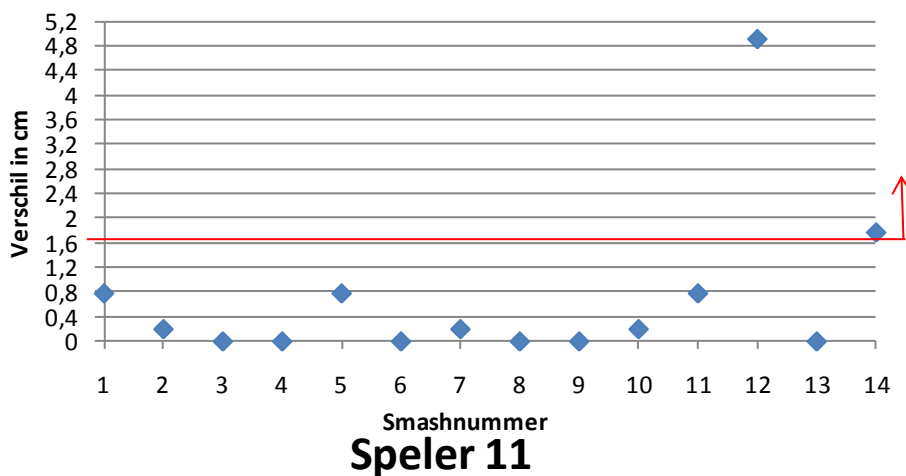
Speler 5



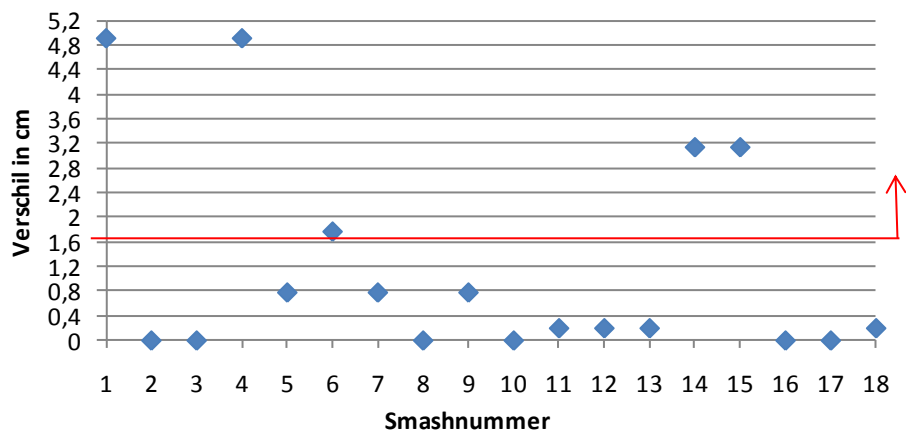
Speler 7



Speler 9



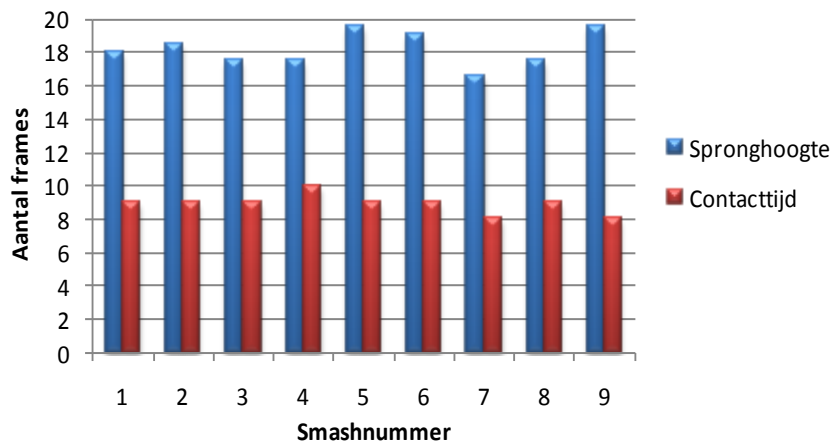
Speler 11



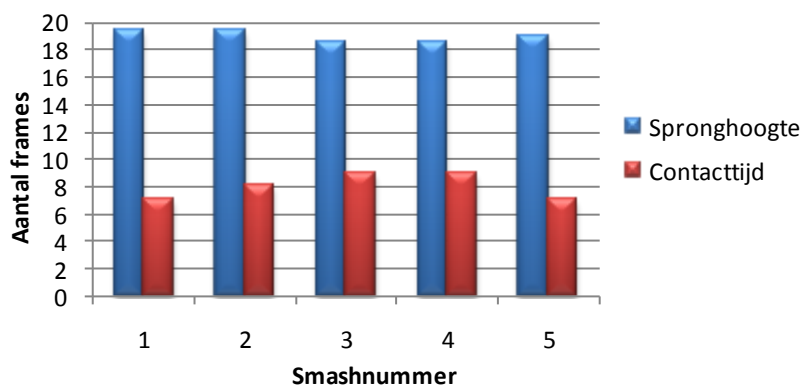
Bijlage IV: Grafieken contacttijd en spronghoogte

Grafieken van de wedstrijd op 13 maart

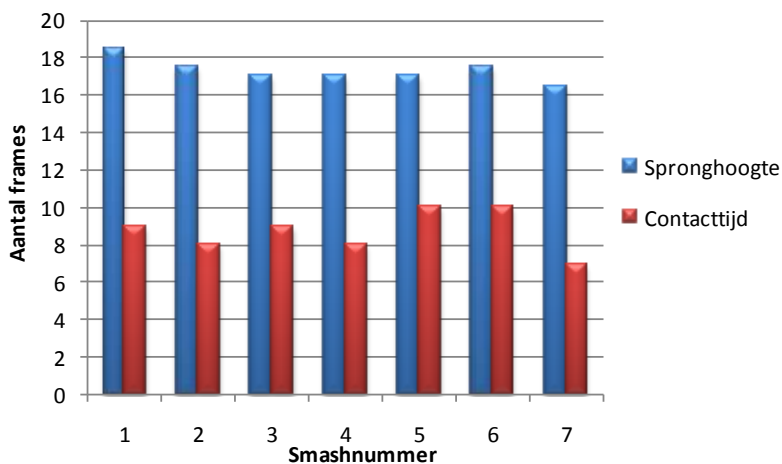
Speler 1



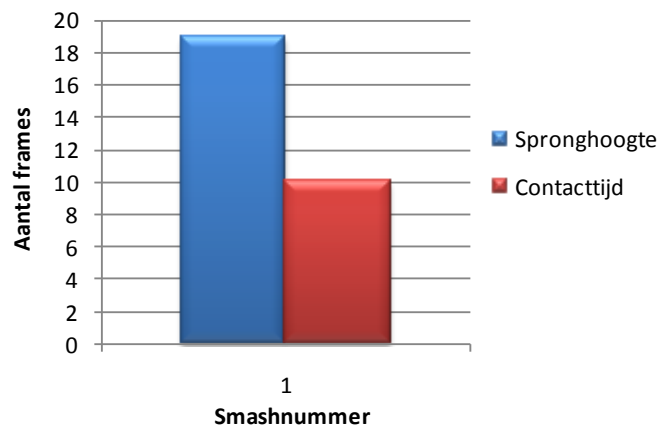
Speler 2



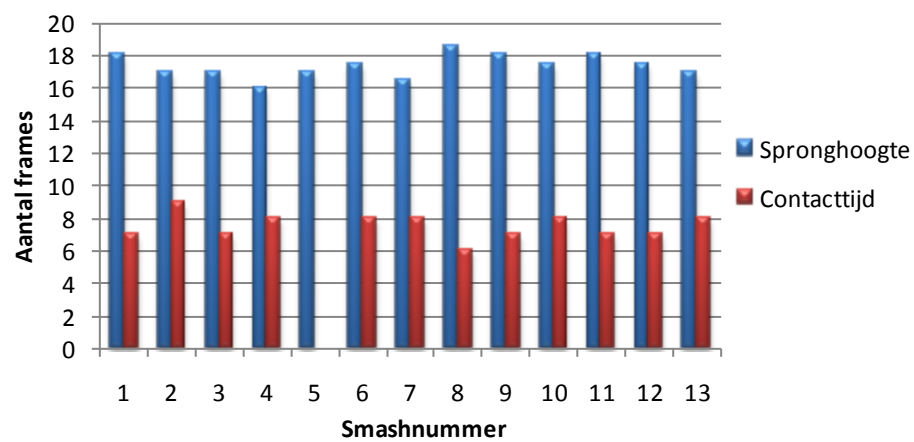
Speler 5



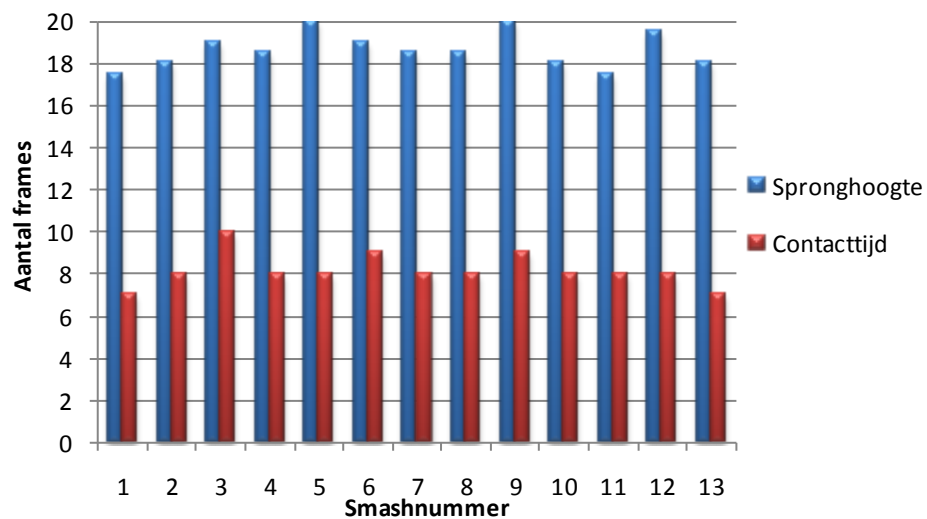
Speler 7



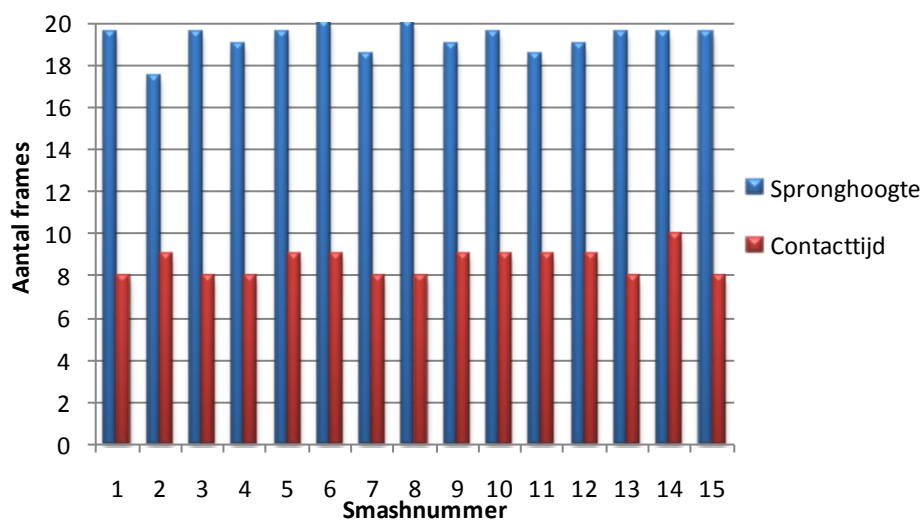
Speler 9



Speler 11

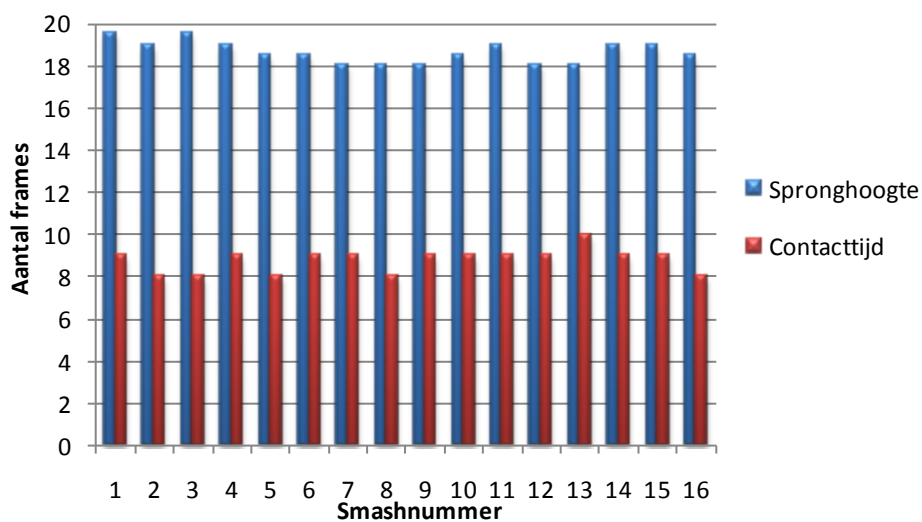


Speler 12

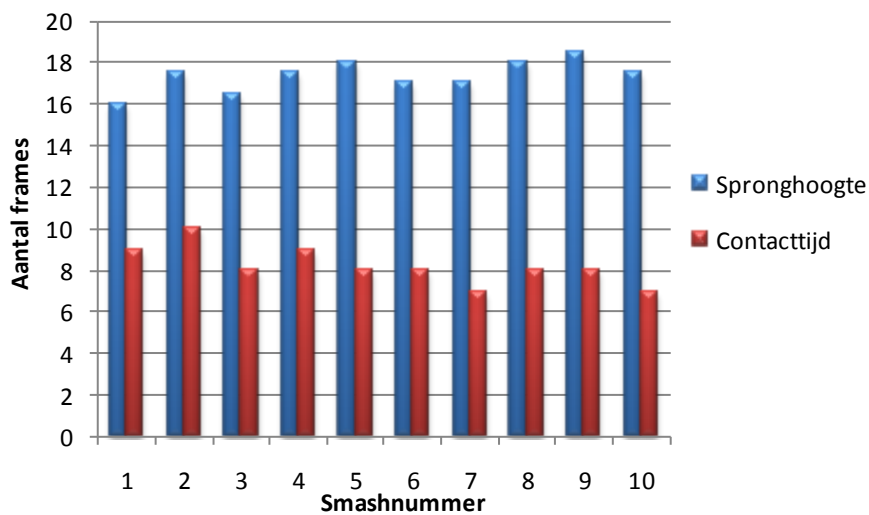


Grafieken van de wedstrijd op 27 maart

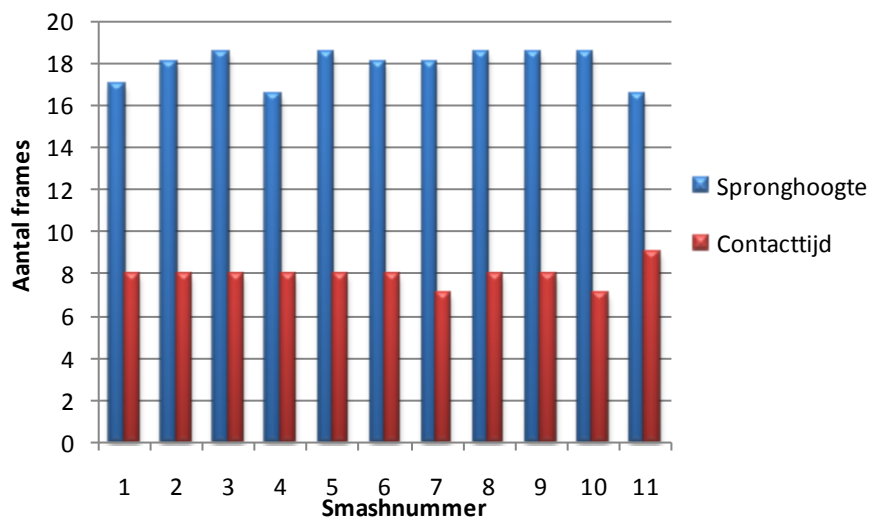
Speler 2



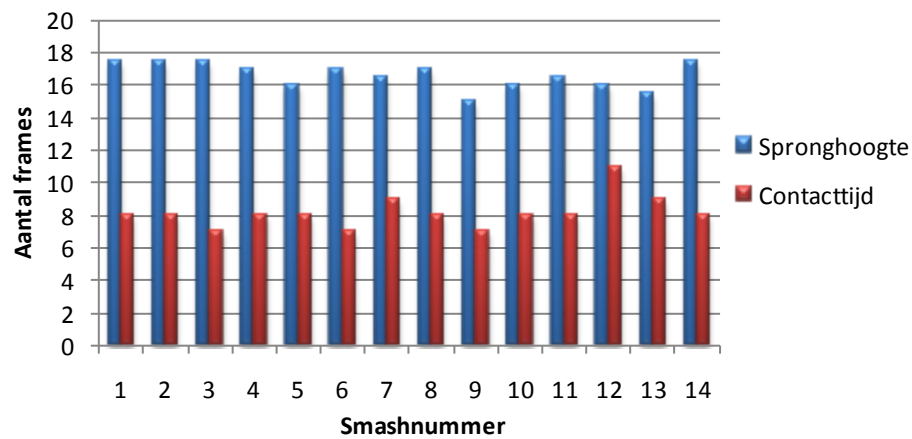
Speler 5



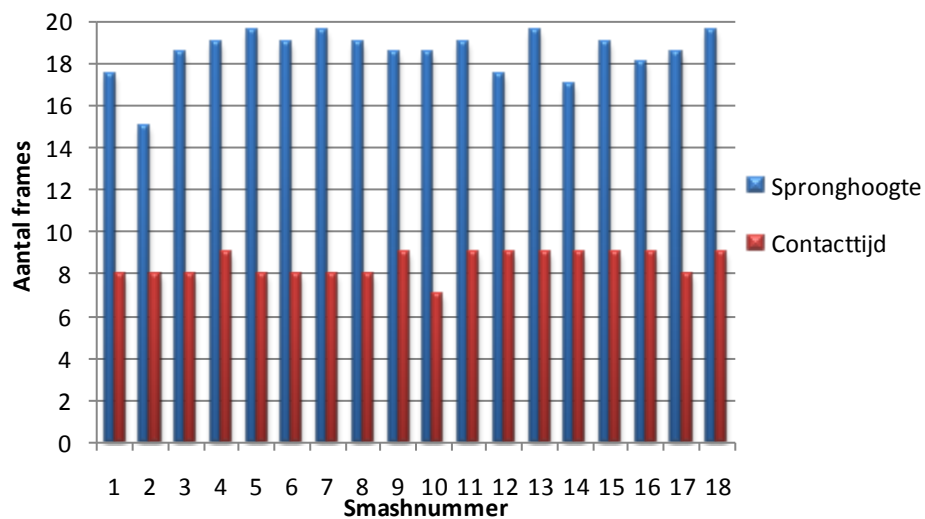
Speler 7



Speler 9

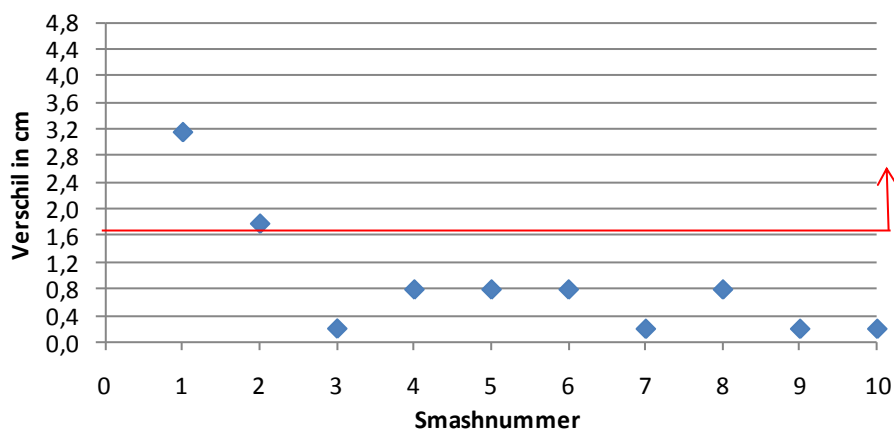
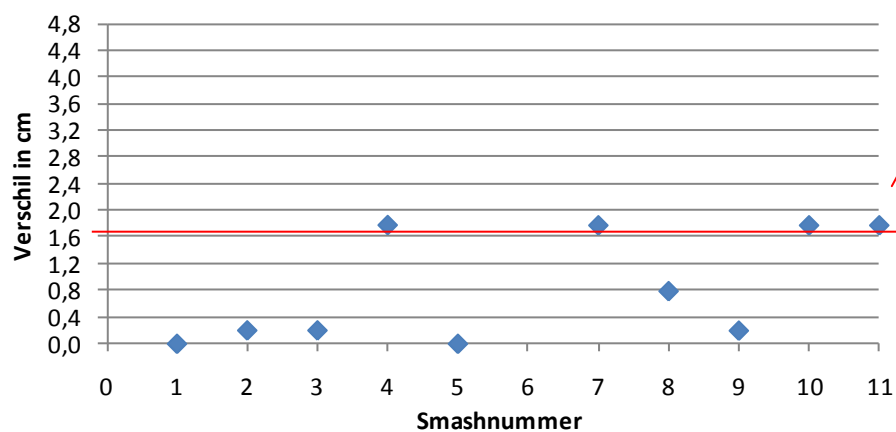
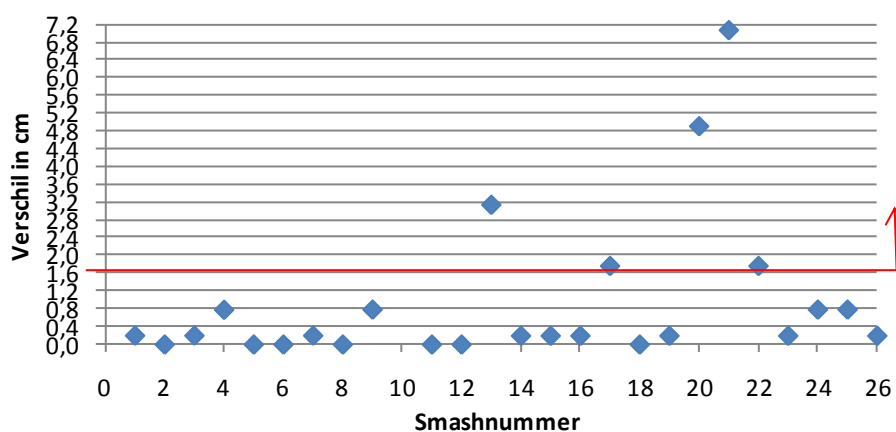


Speler 11

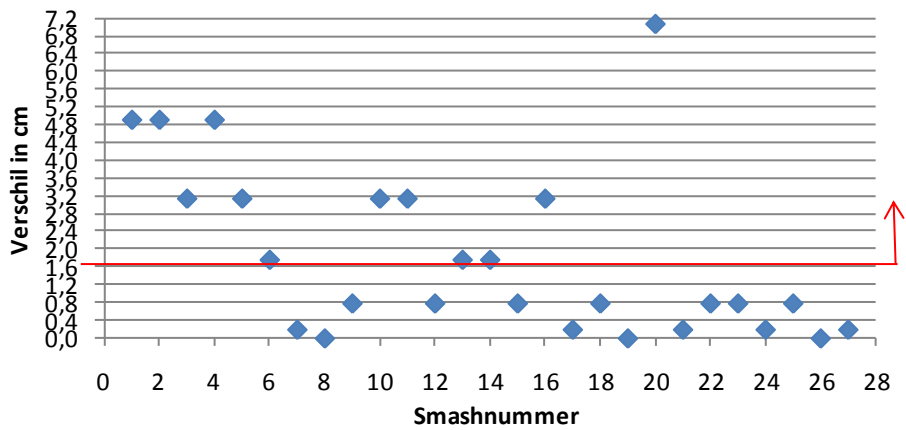


Bijlage V: Grafieken van de spelers op amateurniveau

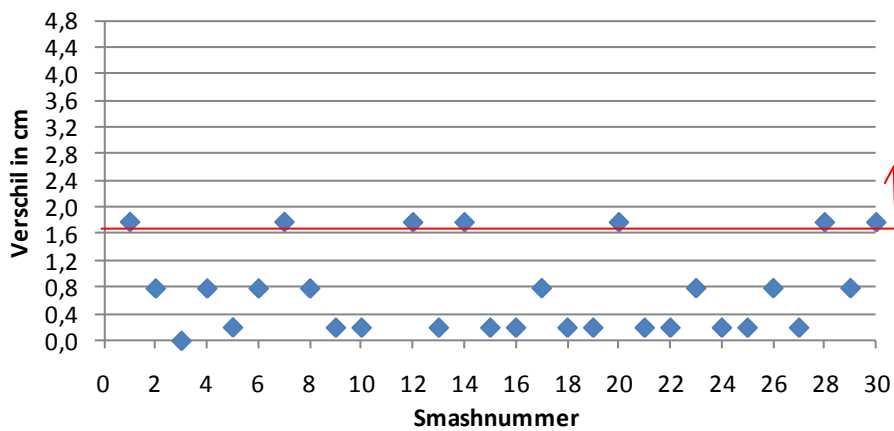
Grafieken van de verschillende spelers. Iedere grafiek geeft voor iedere smash aan, hoeveel frames de bal na het hoogste punt geslagen wordt.

Aanvaller Chen**Aanvaller Daan****Aanvaller Jeroen**

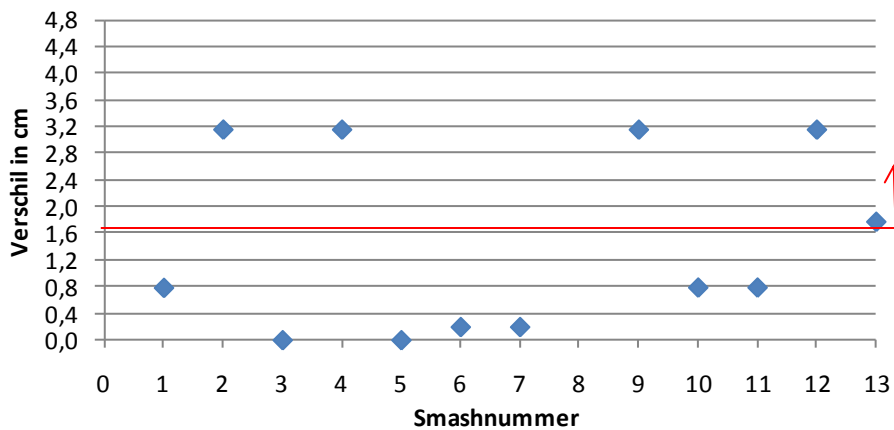
Aanvaller Jort



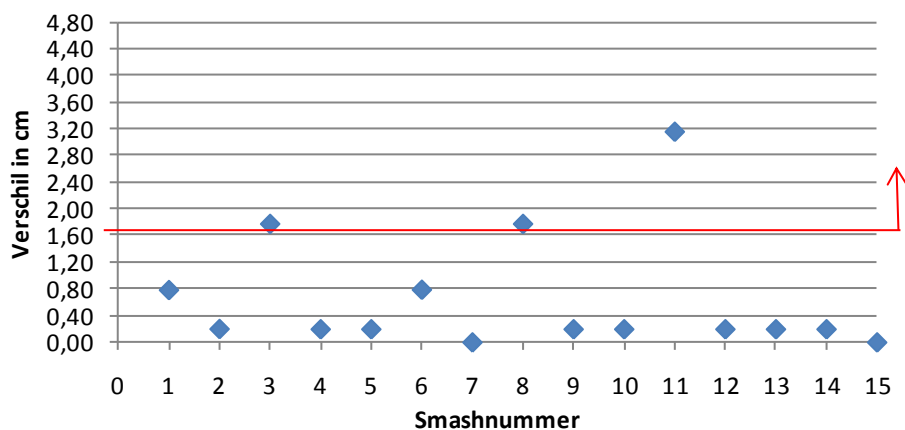
Aanvaller Quin



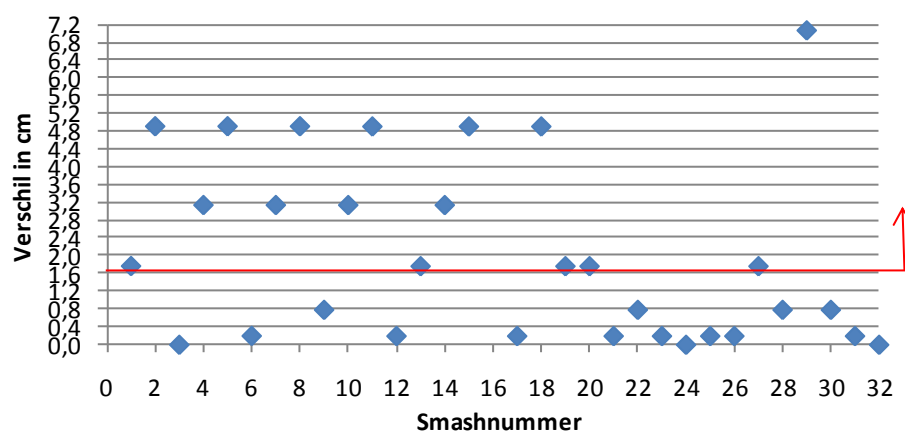
Aanvaller Robbert



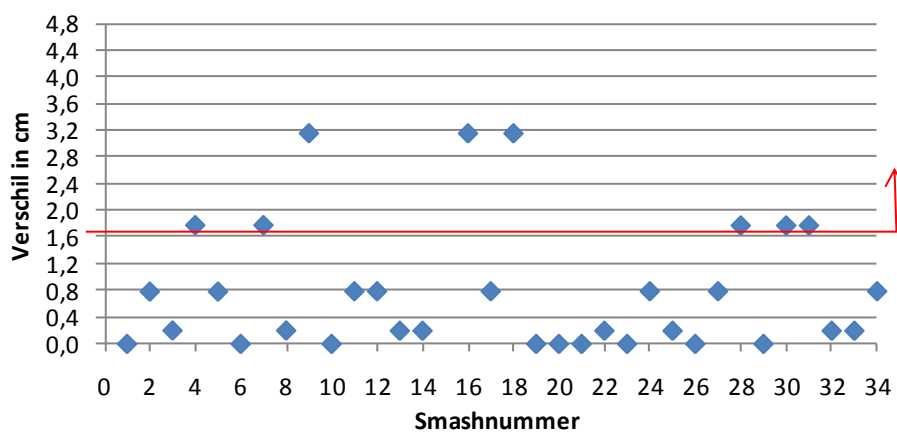
Aanvaller Vincent



Aanvaller Wout

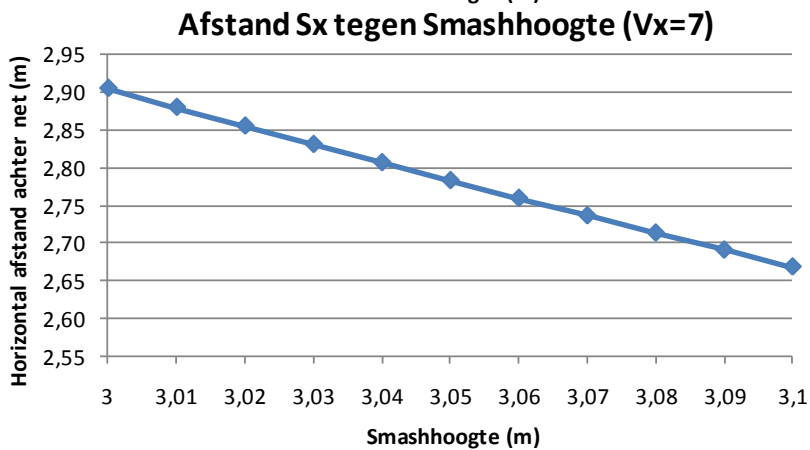
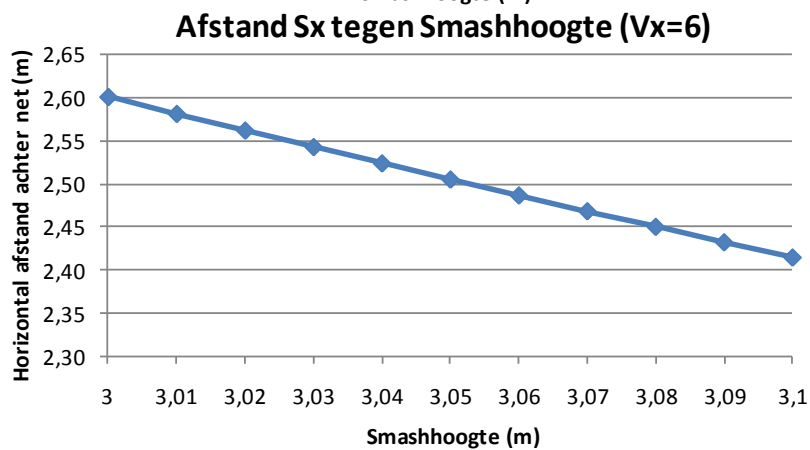
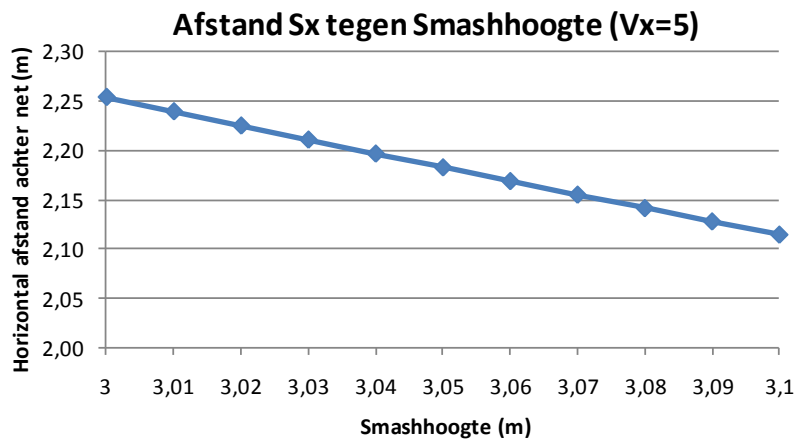


Aanvaller Youri

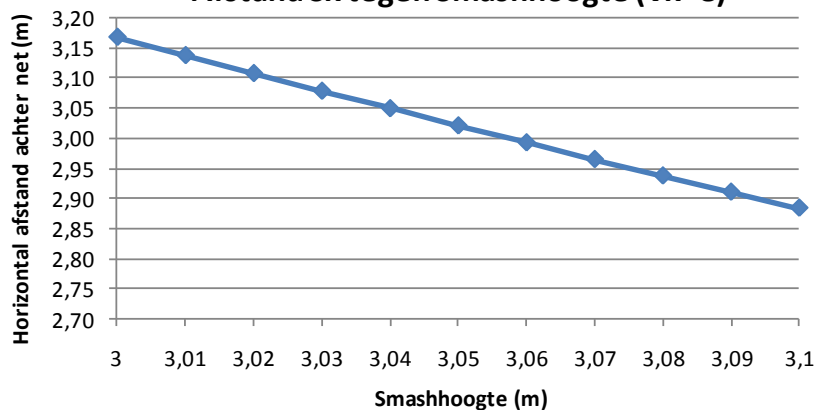


Bijlage VI: Grafieken met Sx uitgezet tegen smashhoogte

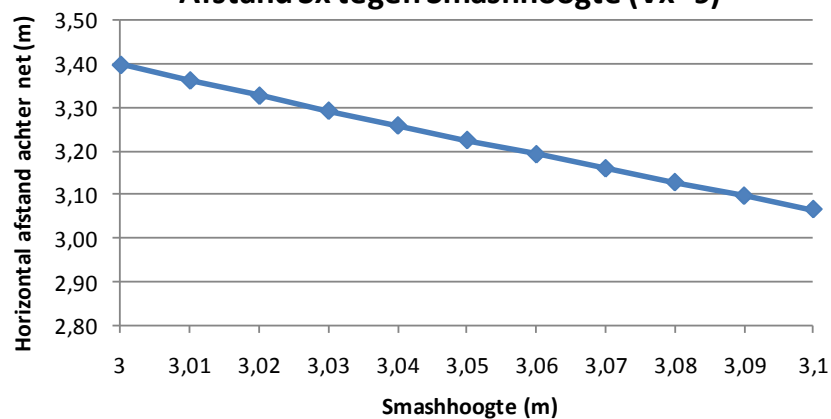
Bij de grafieken hieronder is de afstand tot het net 1m.



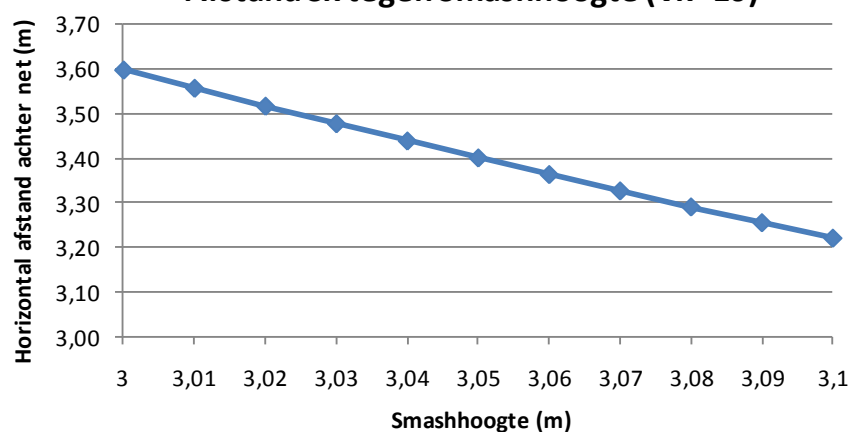
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=8$)



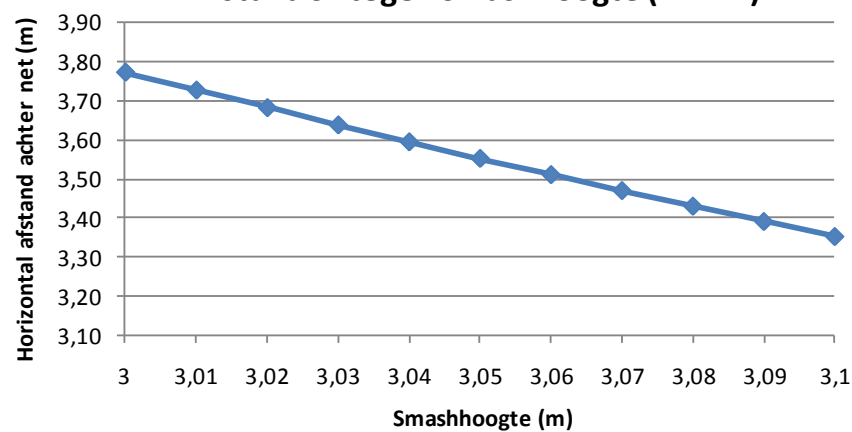
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=9$)



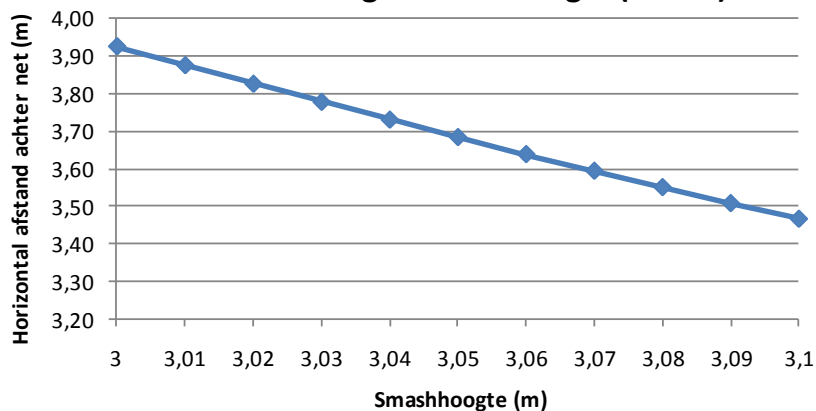
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=10$)



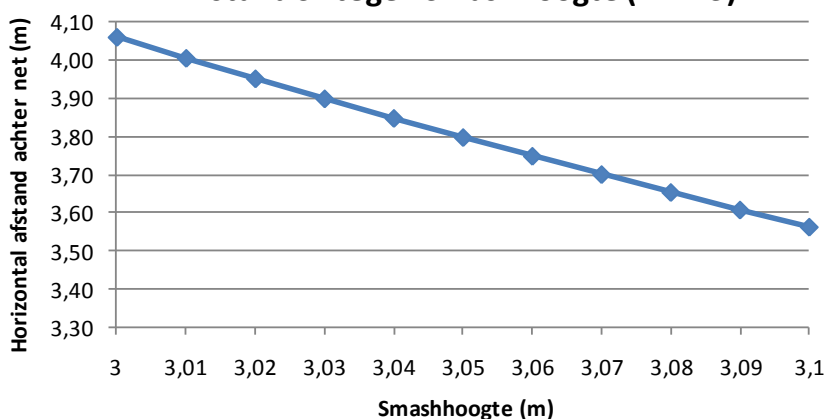
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=11$)



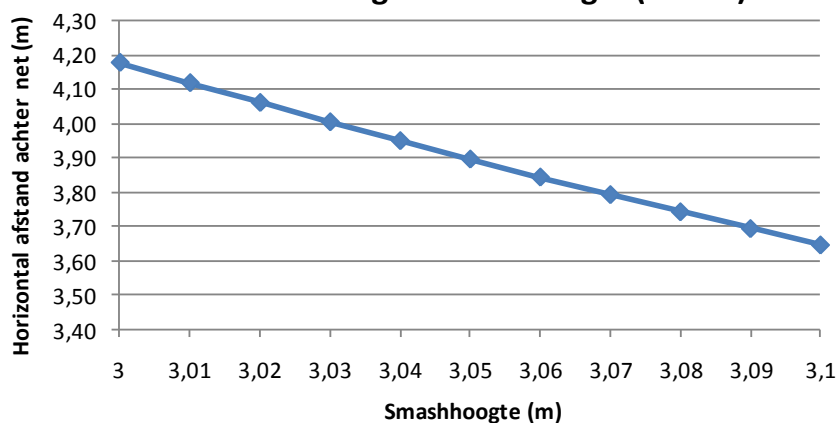
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=12$)



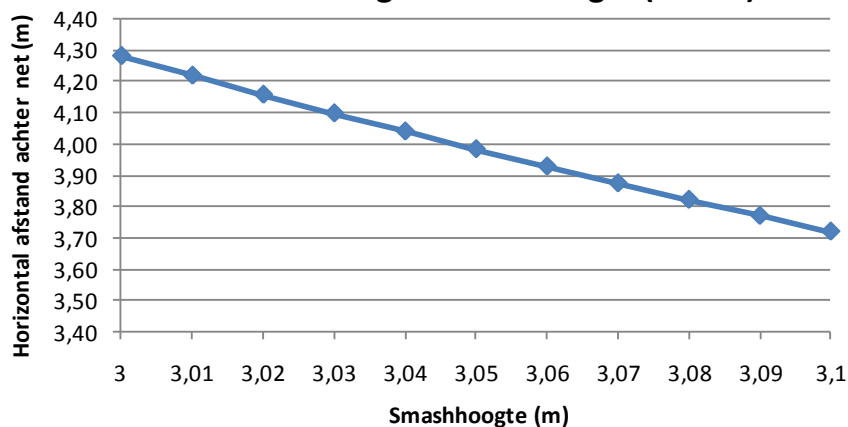
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=13$)



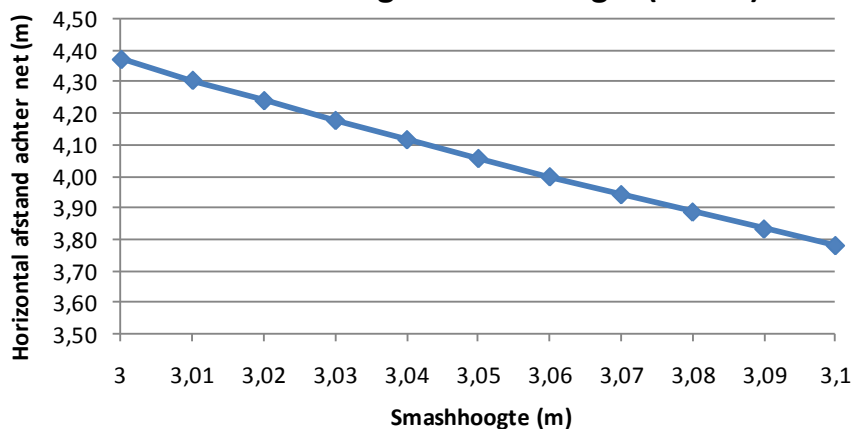
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=14$)



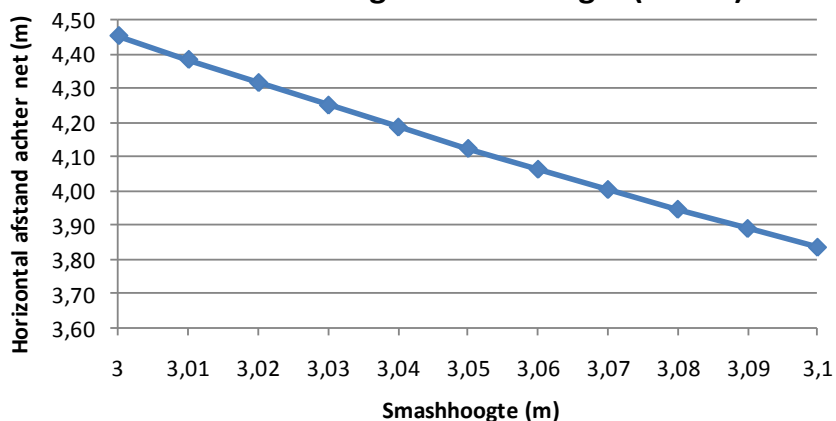
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=15$)



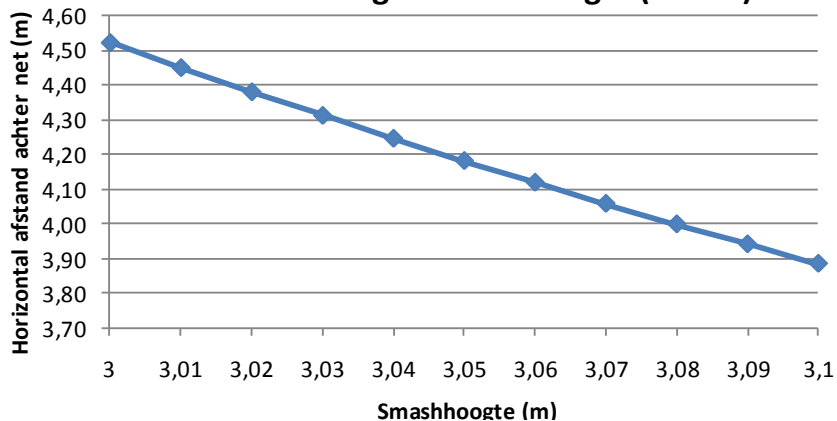
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=16$)



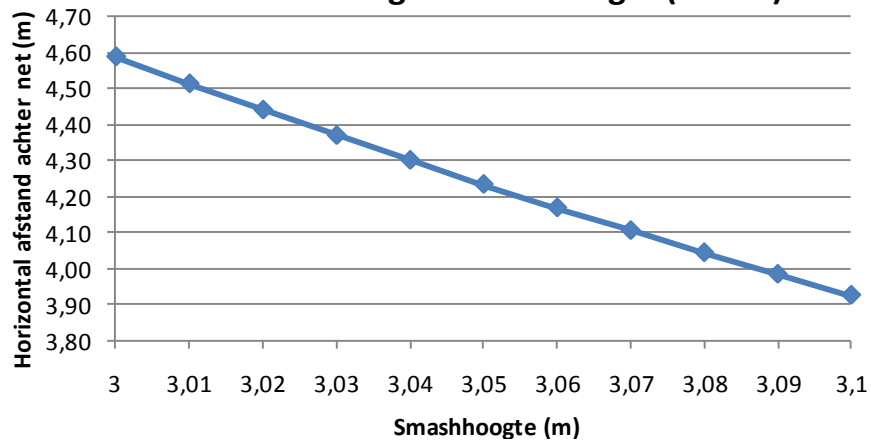
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=17$)



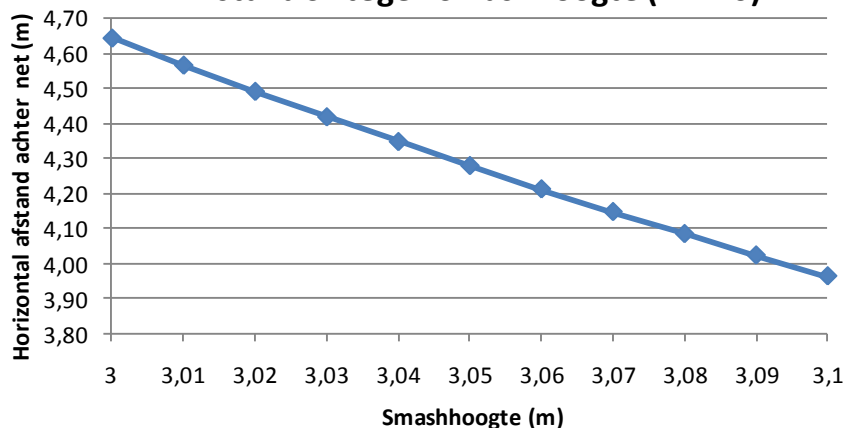
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=18$)



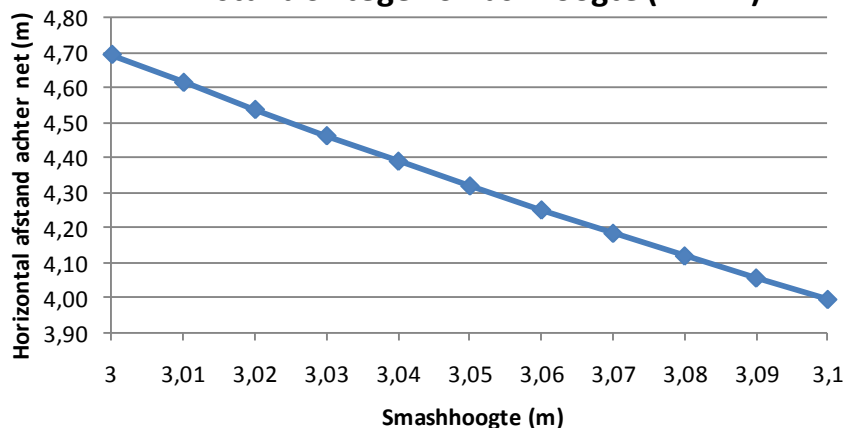
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=19$)



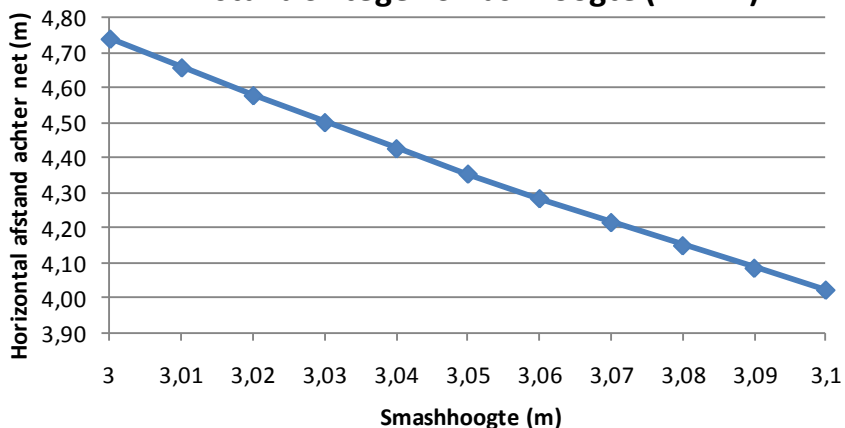
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=20$)



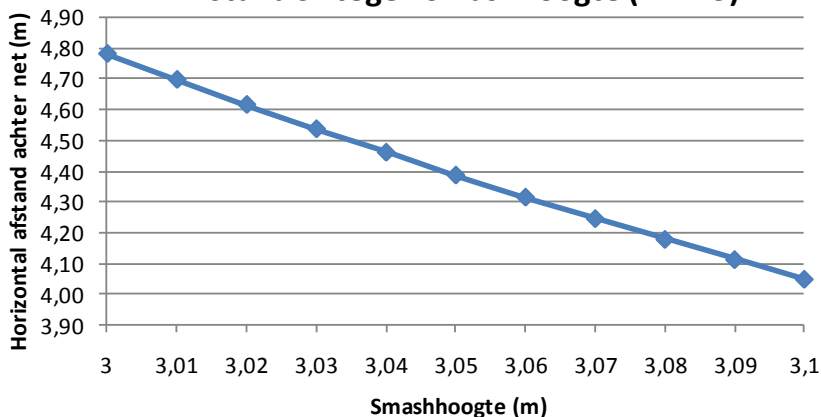
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=21$)



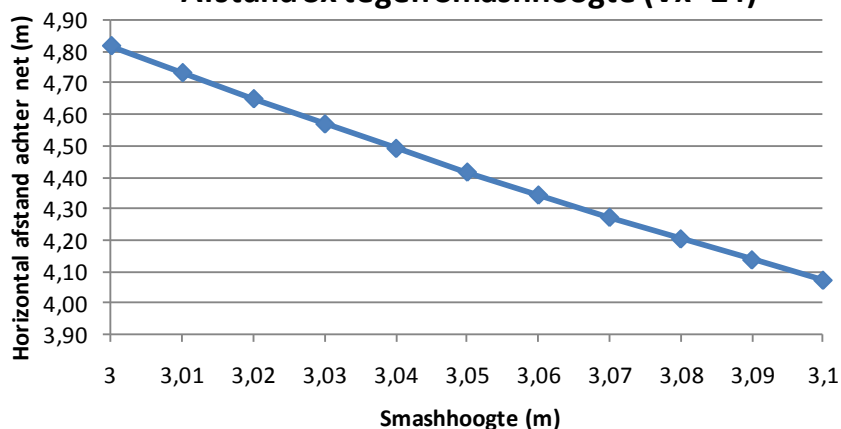
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=22$)



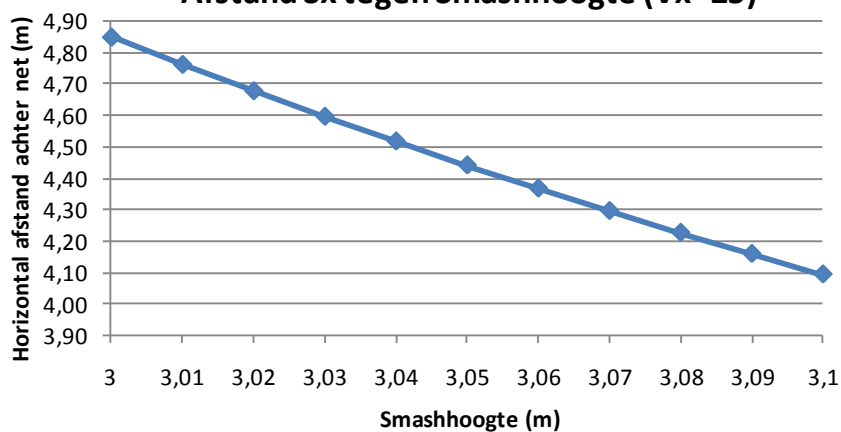
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=23$)



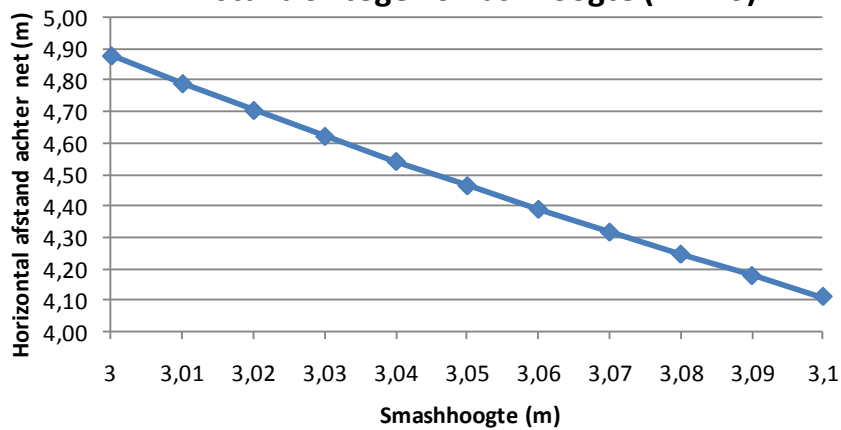
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=24$)



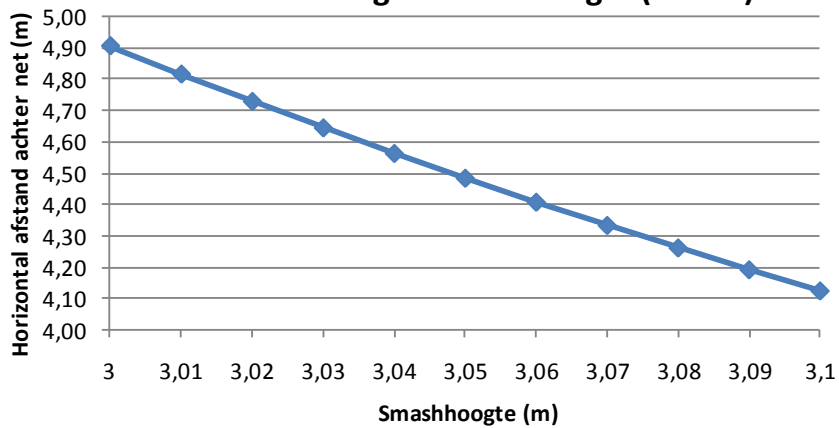
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=25$)



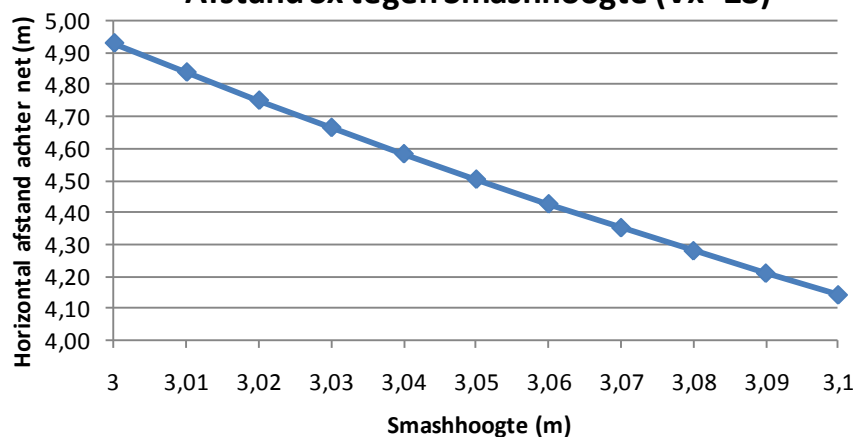
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=26$)



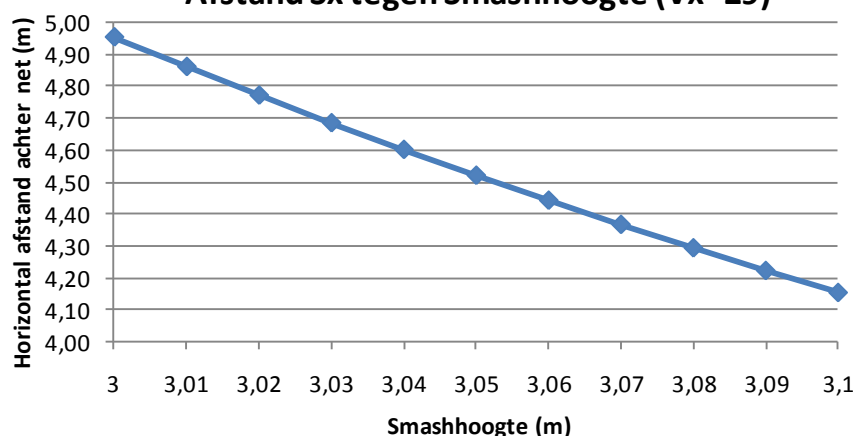
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=27$)



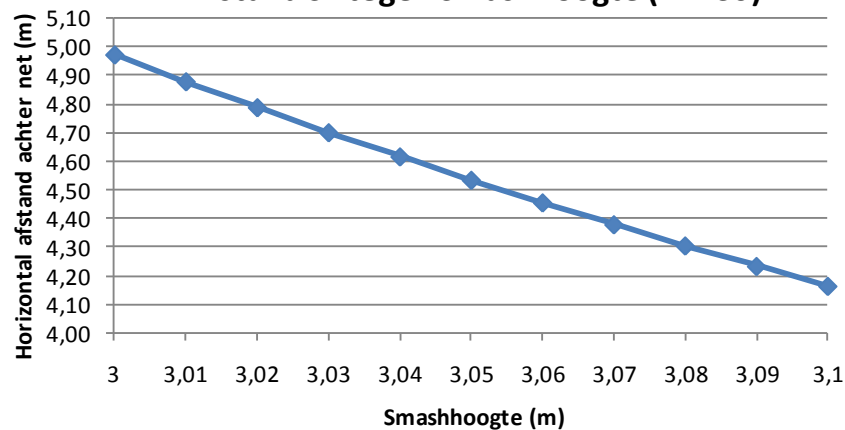
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=28$)



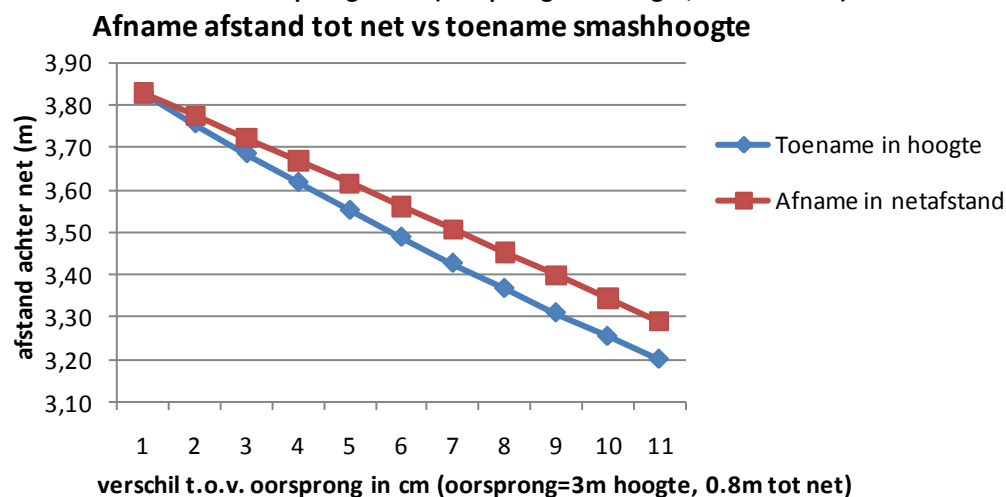
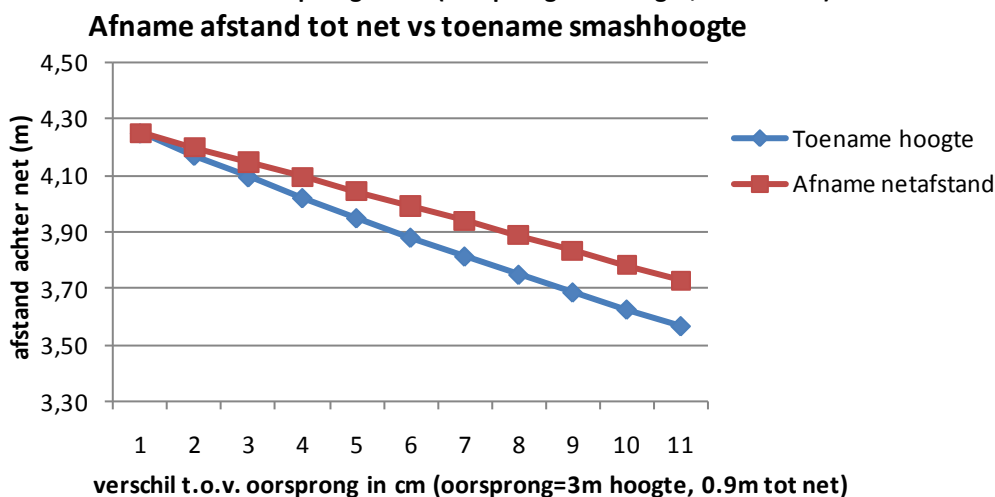
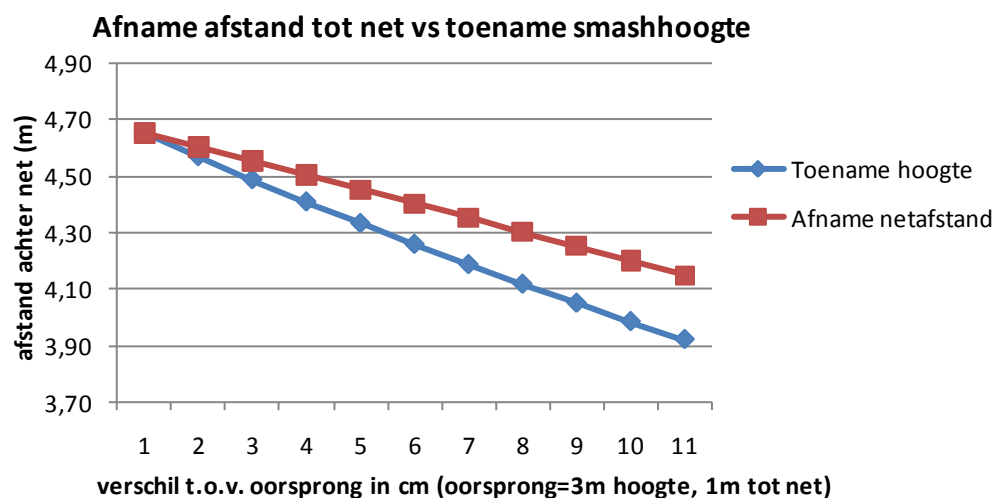
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=29$)



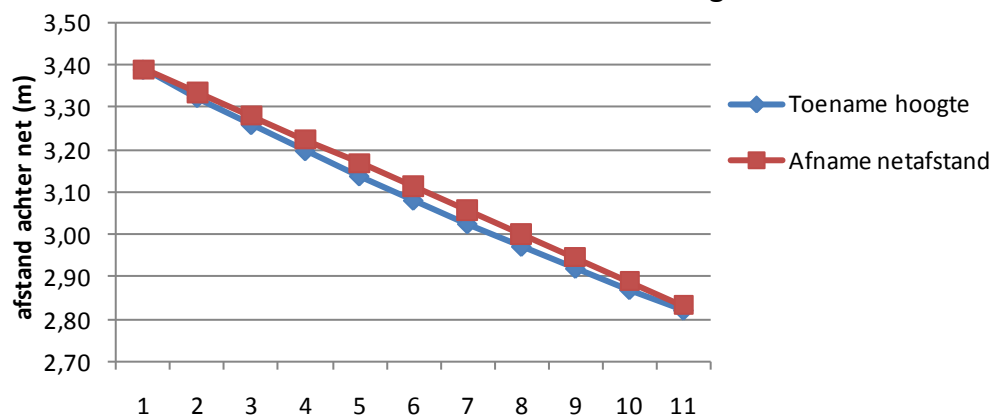
Afstand Sx tegen Smashhoogte ($V_x=30$)



Bijlage VII: Grafieken met afname afstand tot net uitgezet tegen toename smashhoogte

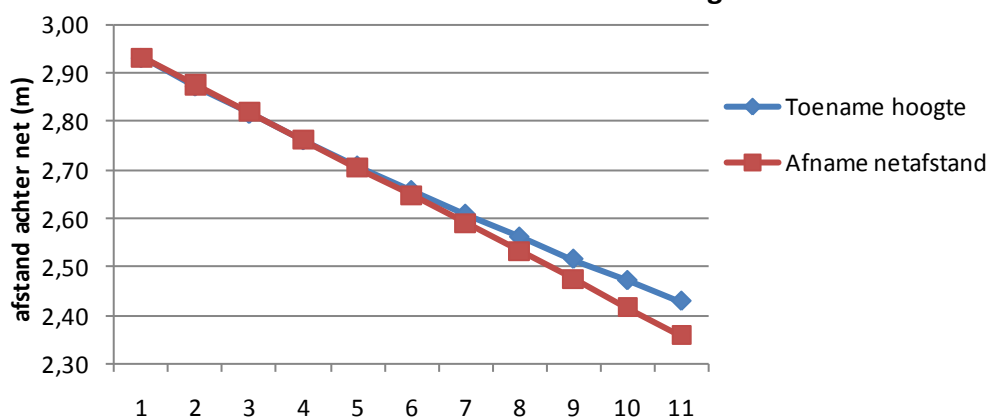


Afname afstand tot net vs toename smashhoogte



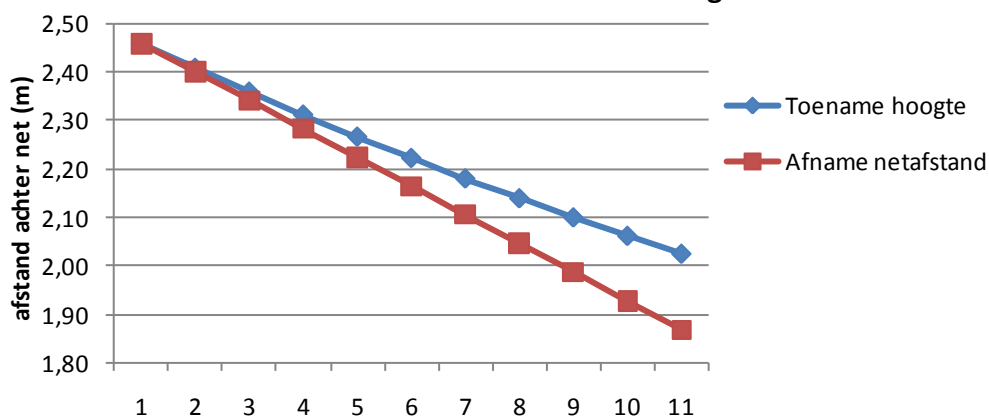
verschil t.o.v. oorsprong in cm (oorsprong=3m hoogte, 0.7m tot net)

Afname afstand tot net vs toename smashhoogte



verschil t.o.v. oorsprong in cm (oorsprong=3m hoogte, 0.6m tot net)

Afname afstand tot net vs toename smashhoogte



verschil t.o.v. oorsprong in cm (oorsprong=3m hoogte, 0.5m tot net)