

Masteroppgave ved Norges Idrettshøgskole 2007



Beskrivelse av tyngdepunktets frem/bak dynamikk i slalåm sett opp mot prestasjon ved hjelp av en 3 dimensjonal kinematisk analyse.

Seksjonen for fysisk prestasjonsevne



September 2007

Denne oppgaven er gjennomført som en del av studiet ved Norges Idrettshøgskole. Dette innebærer ikke at Norges Idrettshøgskole går god for de metoder som er anvendt, de resultater som er fremkommet, eller de konklusjoner som er trukket.

Foto forside fra www.ronlemaster.com. Copyright 2006 av Ron LeMaster. Gjengitt med tillatelse fra forfatteren.

Forord

En oppgave på denne størrelse er umulig å gjennomføre uten å være en del av et større team. Jeg vil rette en stor takk til Robert Reid ettersom jeg har fått lov til å delta i hans prosjekt. Etter å ha jobbet med Robert gjennom flere år har jeg lært han å kjenne som en person med mye innsikt, hardt arbeidende og veldig hjelpsom. Det har vært et privilegium å jobbe sammen med han. Per Haugen har veiledet meg gjennom oppgaven, med kunnskap og engasjement har oppfølgingen vært optimal og går langt over hva som er forventet av en veileder. Selvsagt må jeg rette en stor takk til Tron Moger, gjennom studietiden har han blitt en god kamerat og samarbeidspartner. Å kunne gå utdanningsløpet sammen med han har vært helt uvurderlig. Gjennom arbeid med denne oppgaven har jeg blitt kjent med Matthias Gilgien. Han har gjort det mulig å gjennomføre denne studien med sin erfaring fra ulike felt. Nicolas Lemyre har også vært en fin støttespiller. Må også få takke Gerald Smith for hans bidrag til studien.

Norges Skiforbund som har gjort det mulig for meg å fullføre utdanningen samtidig som jeg har kunnet jobbe på lag som har løpere på høyt norsk og internasjonalt nivå, dette har bidratt til motivasjon og inspirasjon. Gjennom jobben i skiforbundet har jeg også hatt mulighet til å diskutere problemstillinger med trenere der. Derfor retter jeg en stor takk trenere og kollegaer som har tatt seg tid til å komme med innspill i min oppgave.

Takk til Olympiatoppen for økonomisk støtte.

Også takk til Trond Eiken fra Geografisk Institutt som bidro i arbeidet med teodolitten.

Vil benytte anledningen til å takke mine foreldre som opp igjennom årene har støttet meg på mange måter, uten dem hadde denne masteroppgaven ikke vært mulig.

Håvard Tjørhom

September, 2007

Oslo, Norge

INNHALDSFORTEGNELSE

FIGURLISTE	vi
TABELLISTE	viii
VARIABELLISTE	ix
SAMMENDRAG	xi
1.0 INTRODUKSJON	1
2.0 TEORI	7
2.1 Utstyr	7
2.1.1 Ski konstruksjon	7
2.1.2 Ski geometri	9
2.1.3 Plater	12
2.1.4 Støvler	13
2.2 Rammebetingelser	14
2.2.1 Løypesetting	15
2.2.2 Utstyrsbestemmelser på ski, bindinger og støvler	15
2.3 Krefter som virker i alpint	16
2.3.1 Krefter i en sving	16
2.3.2 Krefter på løperen	19
2.4 Krefter som har innvirkning på frem/bak dynamikk	23
2.4.1 Reaksjonskreftenes samspill med tyngdepunktplassering	23
2.4.2 Posisjon til TP	25
2.5 Beskrivelser av frem/bak dynamikk	27
2.6 Tidligere forskning	29
3.0 PROBLEMSTILLINGER	31
3.1 Metodens nøyaktighet	31
3.2 Beskrivelse av frem/bak dynamikk	31
3.3 Sammenhenger mellom tyngdepunktets forflytning og plassering sett opp mot prestasjon	32
3.4 Begrepsavklaring	34
4.0 METODE	35
4.1 Teori bak valgt metode	35
4.2 Oppsett i bakken	37
4.2.1 Gjennomføring	38
4.2.2 Kontrollpunkt	38
4.2.3 Teodolitt	42
4.2.4 Kamera	43
4.2.5 Timing	44
4.2.6 Løypestikking	45
4.3 Utvalg	45
4.3.1 Utvalget av løpere	45
4.3.2 Utvalg av trial	46
4.3.3 Godkjenning og informasjon	46
4.4 Databehandling	47
4.4.1 Innfanging	47
4.4.2 Digitalisering	47
4.4.3 Kalibrering	51
4.4.4 Synkronisering	51
4.4.5 Interpolering	52

4.4.6 Filtrering.....	52
4.5 Beregninger knyttet til problemstillinger	52
4.5.1 Definisjon av globalt koordinatsystem.....	53
4.5.2 Metodens nøyaktighet	53
4.5.3 Tyngdepunkt.....	54
4.5.4 Inngangshastighet.....	54
4.5.5 Definisjon av svingstart og slutt.....	54
4.5.6 Beregning av switch	55
4.5.7 Beregning av port passering.....	56
4.5.8 Faser i svingen.....	57
4.5.9 Frem/bak dynamikk.....	57
4.6 Statistiske metoder	60
4.7 Feilkilder	60
4.7.1 Systematiske feilkilder	60
4.7.2 Tilfeldige feilkilder	61
4.8 Pilotforsøk	62
4.8.1 Oppsett/ gjennomføring.....	62
4.8.2 Digitalisering.....	65
5.0 RESULTATER	67
5.1 Prestasjon	67
5.2 Metodens nøyaktighet	67
5.3 Resultater frem/bak dynamikk	69
5.5 Tyngdepunktets forflytning og plassering sett opp mot prestasjon	76
6.0 DISKUSJON	77
6.1 Prestasjon	77
6.2 Metodens nøyaktighet	77
6.3 Beskrivelse av frem/bak dynamikk	78
6.4 Sammenhenger mellom tyngdepunktets forflytning og plassering sett opp mot prestasjon.....	81
6.5 Oppsummerende diskusjon	81
6.6 Veien videre	82
7.0 KONKLUSJON	84
8.0 REFERANSELISTE:	87
Vedlegg 1	i
Vedlegg 2	i
Vedlegg 3	i
Vedlegg 4	i
Vedlegg 5	i
Vedlegg 6	i

FIGURLISTE

Figur 1.1. Skisse over oppgavens plassering i en skiteknisk helhet.....	2
Figur 1.2. Skiensbane gjennom 2 porter.	5
Figur 2.1. Trykk som fordels ulikt når ski har forskjellig lengdestivhet.....	8
Figur 2.2. Ubelastet ski sett fra siden.	9
Figur 2.3. Ski sett ovenifra.	9
Figur 2.4. Ski som en del av en sirkel	10
Figur 2.5. Et frontalt tverrsnitt av en ski ved punkt x som skjærer	17
Figur 2.6. Løper sett rett fra siden i kjøring rett ned.	19
Figur 2.7. Kreftene i travers.	21
Figur 2.8. Momentene som har innvirking på frem/bak balansen sett fra siden.	24
Figur 2.9. Plassering av tyngdepunktets komponent vil påvirke frem/bak balansen.....	26
Figur 4.1. Forholdet mellom object space og image plane.	36
Figur 4.2. Skisse over oppsettet i bakken.....	44
Figur 4.3 Skjematisk fremstilling av punktene som ble digitalisert.....	48
Figur 4.4 Tyngdepunktets svingradius.....	55
Figur 4.5 Definisjon av switch.	56
Figur 4.6 Beregning av port passering.	56
Figur 4.7. Faser i svingen.	57
Figur 4.8. Local coordinate system.	58
Figur 4.9. Beregning av frem/bak bevegelse.....	59
Figur 4.10. Beregning av frem/bak bevegelse.....	59
Figur 5.1. Segmentlengde venstre overarm.....	69
Figur 5.2. Gjennomsnitt av 6 løpere.....	70
Figur 5.3. Trial 45	71

Figur 5.4. Trial 46	71
Figur 5.5. Trial 47.	72
Figur 5.6. Trial 48	72
Figur 5.7. Trial 49.	73
Figur 5.8. Trial 55.	73

TABELLISTE

Tabell 4.1. Oversikt over utvalgte segmenter og punktene segmentene besto av.....	49
Tabell 4.2. Oversikt over populasjonen i denne undersøkelsen.....	54
Tabell 5.1. Oversikt over rangering av prestasjon i den analyserte sekvensen.....	67
Tabell 5.2. Oversikt over de ulike segmenters	68
Tabell 5.3. Oversikt over segmenters RMSE og antall prediksjoner	68
Tabell 5.4 Gjennomsnitt av 2 svinger.	70
Tabell 5.5 Total bevegelse og posisjoner i switch - start sving.....	74
Tabell 5.6 Total bevegelse og posisjoner i start sving – port.....	74
Tabell 5.7 Total bevegelse og posisjoner mellom port – utgang sving.....	75
Tabell 5.8 Total bevegelse og posisjoner i utgang sving – switch.....	75
Tabell 5.9 Total bevegelse og posisjoner i ulike deler av svingen korrelert mot prestasjon. ..	76

VARIABELLISTE

Variabel	Målenhet	Beskrivelse
R_{SC}	Meter	Radius på sirkelen som innsvingen på skien er en del av
R_t	Meter	Radius på svingen som en kantet ski utfører
θ	Grader	Vinkelen mellom ski og underlag
F_{load}	Newton	Belastningen løperen utøver mot underlaget
F_{loadN}	Newton	Kraften som presser/ skjærer skien gjennom snøen. Normalkomponenten av F_{load} .
F_{loadP}	Newton	Komponent av F_{load} som presser skien sideveis parallelt til snøens overflate.
F_R	Newton	F_R er motkraften til F_{load} , og er ”svaret” fra underlaget etter å ha blitt belastet av F_{load} .
F_{RN}	Newton	Komponent av F_R og er motkraften til F_{loadN} . Kan forstås som snøens motstandsdyktighet.
F_{RP}	Newton	Komponent av F_R og motkraften til F_{loadP} . Kan forstås som snøens evne til å motstå shearing.
D_p	Newton	Dybden av skiens gjennomtrenging av snøen.
β	Grader	Traverseringsvinkel. Vinkelen mellom løperens fartsretning og horisonten.
α	Grader	Helningsvinkel. Vinkelen på bakken

Fallinje	Grader	Den retningen ned en bakke der helningsvinkelen er størst.
F_G	Newton	Tyngdekraften
F_{GN}	Newton	Komponent av tyngdekraften som virker normalt mot underlaget.
F_{GP}	Newton	Komponent av tyngdekraften og virker som vår primære motor.
F_W	Newton	Luftmotstand
F_{fs}	Newton	Friksjon mellom ski/ underlag
F_{GTR}	Newton	Komponent av F_{GP} som virker i fartsretningen i en travers
F_{GLA}	Newton	Komponent av F_{GP} som virker vinkelrett mot skiene, skaper reaksjonskraft fra snøen som gir støtte i en travers.
M_{Ff}	Newton	Momentet av friksjon rundt tyngdepunktet.
M_{Fw}	Newton	Momentet av luftmotstand rundt tyngdepunktet
M_{FR}	Newton	Momentet av reaksjonskraften rundt tyngdepunktet. Retningen avhenger av størrelsen til M_{Ff} og M_{Fw} .
ROM	Cm	Range og motion. Fremste tyngdepunkt plassering punkt minus bakerste tyngdepunkt plassering i svingen

SAMMENDRAG

Alpin skikjøring er en kompleks idrett og det er flere ulike variabler som spiller inn for gode prestasjoner. I treningsarbeidet er det viktig for løpere og trenere å ha klare tekniske mål å jobbe mot. Dette tekniske arbeidet er ofte erfaringsbasert. Ved hjelp av vitenskapelige studier kan man forankre den filosofien en jobber ut fra. Denne studien er resultat av et samarbeid mellom Norges Skiforbund, Olympiatoppen og Norges idrettshøgskole og har gjennom en bevegelsesanalyse sett nærmere på svingteknikken til et utvalg løpere på høyt nivå.

Studien har undersøkt hvordan tyngdepunktet beveger seg i sagitalplanet over skien. Tyngdepunktsbanen ble målt ved hjelp av en DLT – basert 3 dimensjonal kinematisk analysemetode som tillot panning, tilting og zooming med kameraene. Denne metoden er blitt brukt i tidligere studier innenfor alpin skikjøring (Nachbauer m.fl., 1996, Mössner m.fl 1996, Schiefermüller m. fl, 2005)

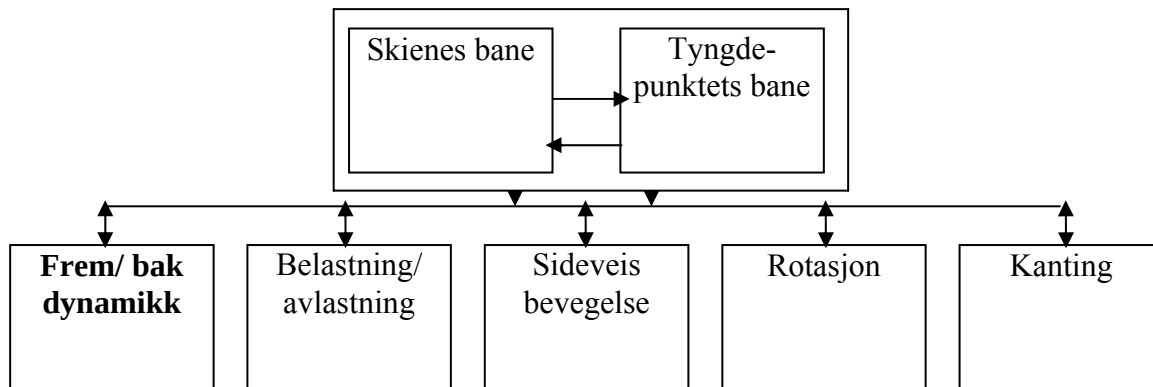
Først og fremst var målet med oppgaven å se om denne metoden var nøyaktig nok til å kunne gi svar på de problemstillingene som ble reist rundt tyngdepunktets frem/bak dynamikk. Feilmarginen i målingene ble estimert til 15 mm, og var dermed tilfredsstillende for denne undersøkelsen. I andre omgang var det et mål å beskrive hvordan tyngdepunktet beveget seg gjennom en svingssyklus. Tyngdepunktets bevegelse og plassering er blitt kvantifisert i ulike deler av svingen. I gjennomsnitt ($\pm$ SD) hadde utvalget en forflytting frem $26,7 \pm 4,8$ cm, og forflyttet seg $23,6 \pm 4,9$ cm bak. Dette er en betydelig bevegelse når en tenker på hastigheten løperen har, lengden på skiene (165 cm) og tidsrommet det foregår i. Plasseringen av tyngdepunktet ble korrelert mot prestasjon og viser et signifikant forhold mellom gjennomsnittlig tyngdepunktplassering over ankelen og prestasjon ($r=0,98$, $p<0,05$). Løpere som har en gjennomsnittlig posisjon som er nærmere midten av skien har en bedre prestasjon. Men det er viktig å poengtere at de ikke er en statisk posisjon, men et gjennomsnitt av frem/bak bevegelse som ligger mer rundt senter av skien. Ellers viser undersøkelsen ingen signifikante sammenhenger på andre forhold som ble undersøkt, men viser tendenser på ulike sammenhenger.

Nøkkelord: alpint, 3 dimensjonal kinematisk analyse, DLT, teknikk, tyngdepunkt, bevegelse i sagitalplan

1.0 INTRODUKSJON

Alpin konkurransekjøring er en kompleks idrett. Det er flere ulike variabler som spiller inn på en god prestasjon i renn. Fra en treners perspektiv er det løperens teknikk og taktiske valg en først og fremst tenker på når en snakker om gode prestasjoner. Mens fra en servicemann sitt ståsted tenker man mer i retning av utstyr og valg av skimodell, struktur i belegg, gli og oppbygging av sko. I tillegg spiller den fysiske og psykiske formen til løperen inn. Den er også kompleks i den forstand at man kjører på varierende underlag med tanke på konsistens på snøen og terreng variasjoner. Man kan også innenfor regelverket i de fire svært så ulike disipliner sette varierende løyper. Dette betyr at en aldri vil kjøre en sving under like forutsetninger og derfor må man hele tiden tilpasse seg. For å kunne forstå alpint bedre må man systematisk jobbe med de ulike deler av idretten og bygge opp kunnskap som kan bidra til fremtidige gode prestasjoner. Det har vært et gradvis tettere samarbeid mellom Norges Idrettshøgskole (NIH) og Norges Skiforbund (NSF) spesielt de siste 4 årene. Og det har blitt jobbet med ulike problemstillinger for å belyse og få bedre kunnskap rundt idretten. Dette har vært et godt samarbeid fordi man fra NSF sin side har stilt med trenere med lang erfaring og stor kompetanse. NIH har bidratt med personer som har teoretisk og praktisk kunnskap knyttet opp mot idretten.

Gruppen ved NIH har jobbet med ulike prosjekt og disse har etter hvert blitt større i omfang. Det har hele tiden vært fokus på teknikk og prosjektet som denne oppgaven ligger under er en videreføring av dette. Prosjektet involverer en doktorgradsavhandling og to master oppgaver. Med de ulike problemstillinger går svingteknikk igjen som en rød tråd i prosjektet. I figur 1.1 ser man samspillet mellom tekniske elementene som ligger under svingteknikk, og man ser denne oppgavens plassering i en større skiteknisk helhet. Denne oppgaven vil ta for seg tyngdepunktets bevegelse frem/bak over skien. Sammen med de andre oppgavene kan man få en relativt bred mekanisk utredning av skikjøring, og oppgavene kan brukes som et supplement til teknikk arbeidet som skjer rundt i ulike alpine lag.



Figur 1.1. Skisse over oppgavens plassering i en skiteknisk helhet. De 5 skitekniske elementene som har innvirking på skien- og tyngdepunktsbanen. Disse påvirker hverandre.

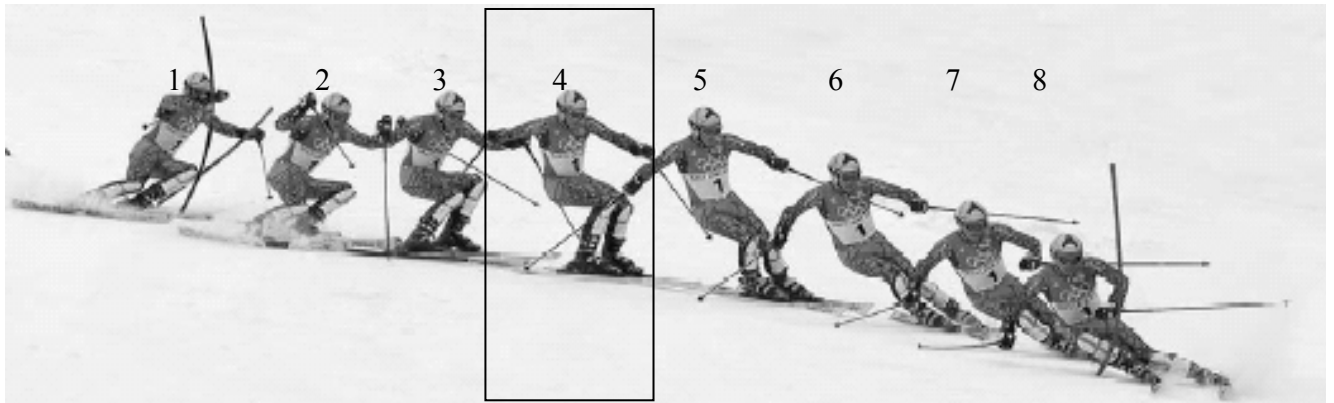
Utstyr og teknikk er gjennom en stadig utvikling og spesielt i de siste årene har alpint utstyr forandret seg mye. Fédération Internationale de Ski (FIS) har spesifisert minste tillatte skilengde i slalåm (SL) i 2006/2007 sesongen til å være 165 centimeter for seniorer (www.fis-ski.com) som er 35 cm mindre enn var det var for få år siden. I tillegg har man mer innsving på skiene som betyr at teknikken må tilpasses det nye utstyret. Ikke siden leddstauren kom tidlig på 1980 tallet har man sett så mye forandring i teknikk som man har hatt de siste 4 årene (McNichol, 2002). Skilengden og innsvingen har betydning for hvor mye en kan bevege seg frem/bak over skien uten å komme i ubalanse siden skiene utgjør en del av støtteflaten til løperen. Med lengre ski hadde man flere cm bak støvelen som kunne støtte når en kom i bakvekt. Man kan ikke si at man ser mer ubalanse frem/bak hos løpere i dag, men løpere har ikke den samme støtten i korte ski med innsving. Man ser tilfeller med ”carving skyt”, det vil si når løperen kommer i en posisjon med mye kanting og press på bakerste del av skien slik at skien svinger mye mens tyngdepunktet er på vei rett frem.

Når rammebetingelsene forandres oppstår det nye tekniske løsninger på hvordan en skal tilpasse seg til det nye utstyret. Opp gjennom årene har det vært ulike tilnærminger for hvordan dette skal løses og alle har ikke vært like godt begrunnet. Man bygger dette ofte på erfaringer og hva man visuelt oppdager i bakken, men det er også viktig å kunne begrunne de valgene en gjør med støtte i litteratur og forskning. En måte å studere teknikk på er dagens World - Cup (WC) løpere og gjennom systematiske kvalitative analyser vil man kunne gi et svar på hva verdens beste skiløpere gjør.

Det er ulike syn på hvor mye frem/bak dynamikk en skal ha. I følge ”Retningslinjer for teknikkarbeid i klubber i Norge” (www.skiforbundet.no) som Norges Skiforbund har gitt ut skal man bevege seg slik at en til enhver tid er i midtbalanse. Begrunnelsen for dette er at for mye trykk fremme på skien gjør at skien graver ned i snøen og bremser. Ved å være i midtbalanse vil hele kanten av skien være i snøen og svinge optimalt ved at innsvingen utnyttes. Når trykket flyttes bakover vil skien svinge mindre. McNichol (2002) skriver at dersom man prøver å lage en rundere bue en skiene klarer å støtte, faller man bakover. Han mener også at man med dagens utstyr er mer i midtbalanse og har mindre frem/bak bevegelse over skien enn tidligere. Noe som er motsatt av det en undersøkelse som tok for seg forskjeller i tyngdepunktets bevegelse på carving - og paralellsvinger viste (Schiefermüller m. fl, 2005). I denne undersøkelsen beveget løperen seg mer frem/bak med carvingski, og dermed flyttet løperen tyngdepunktet med et større utslag i sagitalplanet enn med lengre ski med lite innsving.

Gjennom kvalitative videoanalyser i SL fra WC renn kan man legge merke til at løpere til tross for redusert støtteflate har mye bevegelse frem/bak. Det kan se ut som enkelte kjørere ”slipper” skiene fremfor seg i utgangen av svingen slik at skien svinger mindre og linjen blir rettet ut. Det kan føre til at en ikke holder svingen for lenge slik at man kjører på tvers av fall linjen, som kan resultere i lavere fart. Som en konsekvens av en slik teknikk kan man tenke seg at det vil se ut som i figur 1.1. Her ser man Bode Miller komme fra midtposisjon ved porten og gradvis slipper skiene foran seg. Legg spesielt merke til at i bilde nummer 4, som er i overgangen mellom to svinger, ligger tyngdepunktet relativt langt bak. Samtidig som han frem til bilde nummer 8 er på vei fremover og ved porten står tilsynelatende i god posisjon over skien. Man kan se at den ytre skien har snø kontakt fra tuppen og bakover, hvilket kan bety at han står i midtposisjon.

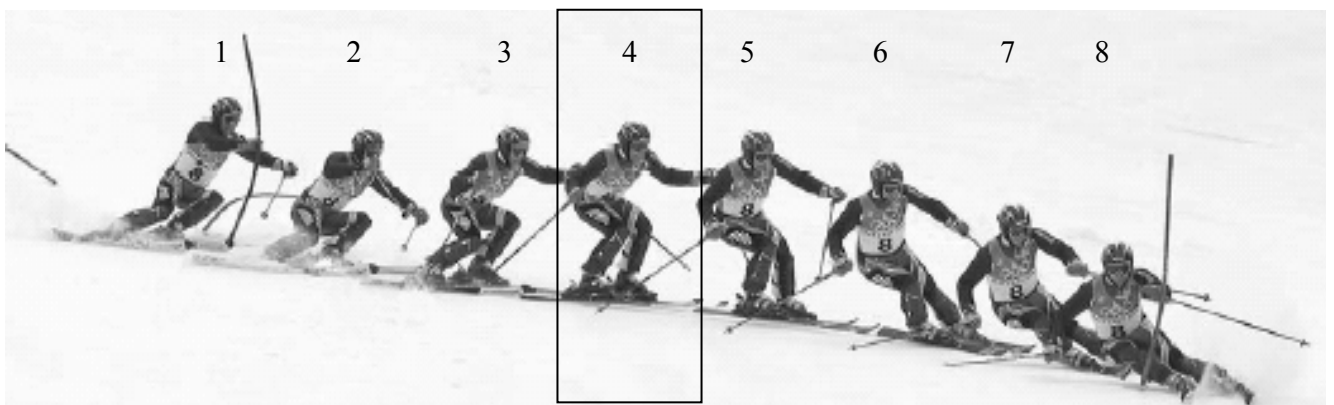
LeMaster (1999) skriver om frem/bak dynamikk i sin bok og mener at man kan justere denne bevegelsen enklest ved å justere på beina frem eller tilbake. Og det ser man i figur 1.1 der overkroppen er stabil og i ro, mens beina flytter seg under kroppen.



Bilde 1.1

Bode Miller i en slalomsving syklus under OL i Salt Lake City 2002. Copyright 2004 av Ron LeMaster. Gjengitt med tillatelse fra forfatteren (www.ronlemaster.com, 18/04/2006)

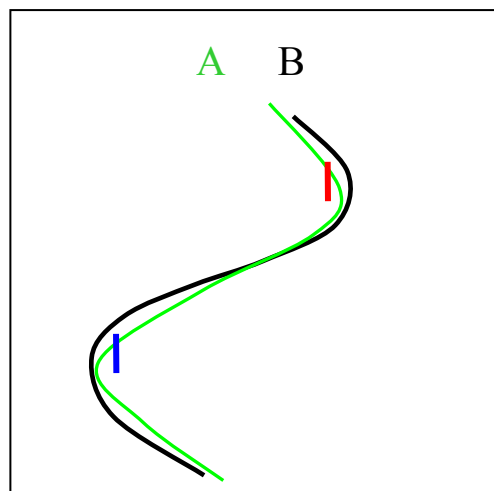
I figur 1.2 ser man Kjetil André Aamodt i de nøyaktig samme to porter, men med en annerledes tyngdepunkts plassering. Man ser lite forskjeller på de to løperne i de 2 første bildene, mens i bilde nummer 3 er det stor forskjell i vinkelen i kneleddet. Miller avlaster skiene ved nedavlastning mens Aamodt oppavlaster og blir stående i en posisjon midt over skien i overgangen og denne posisjonen følger frem til porten. I bilde 7 og 8 ser man igjen at de to løperne er relativt like. Dette er to etablerte løpere i WC og viser store likhetstrekk ved portpassering, mens det er ulik teknikk i overgangen. Det viser at man kan nå langt med forskjellige teknikker.



Bilde 1.2

Kjetil André Aamodt i en slalomsving syklus under OL i Salt Lake City 2002. Copyright 2004 av Ron LeMaster. Gjengitt med tillatelse fra forfatteren (ibid)

I figur 1.2 er det et forsøk på å illustrere hva disse to forskjellige løsningene kan si på skiens bane. Linje B som er Aamodt går en lengre vei og er mer på tvers av fallinja, dette kan føre til lavere hastighet. Tyngdepunktsbanen er ikke tegnet inn i denne figuren, men man kan tenke seg at tyngdepunktsbanen til linje A som er Miller går en kortere vei og vil gradvis minske/øke avstand til skiens bane i overgangen. Som igjen kan føre til at han har bedre kontroll fordi man er mer i fallinja og hele tiden vil ha kontakt med skien. Spesielt mellom portene der man veksler til ny ytterski vil man få en gradvis oppbygning av avstand mellom skienes - og tyngdepunktsbanen.



Figur 1.2. Skiensbane gjennom 2 porter.
Linje A- Bode Miller, linje B- Kjetil André Aamodt.

Man kan si at NSF sitt sitat er tatt ut av en sammenheng fordi retningslinjene er ment som en generell veiledning for unge løpere. Allikevel ser man at det er ulike syn på frem/bak dynamikk og hvor stor den bevegelsen er. Disse ulike oppfatninger har allikevel en fellesnevner, det er at man er i midtbalanse der svingbuen har mest avbøyning.

Målet i denne bevegelsesanalysen er å se på teknikken til et utvalg norske Europa - Cup (EC) kjørere i slalåm. Oppgaven vil se nærmere på hvordan tyngdepunktet beveger seg i sagitalplanet relatert til skiene til et utvalg av løpere. Det er gjort få studier på dette området derfor vil det i kapittel 2.0 bli presentert teori som er relevant for de skitekniske problemstillingene. Med denne bakgrunnen vil problemområdet med de ulike problemstillinger komme i kapittel 3.0. I tillegg vil det være en begrepsavklaring knyttet til oppgaven. Metoden blir grundig beskrevet i kapittel 4.0 ettersom det har vært en stor del av

denne oppgaven. I kapitlet 5.0 blir resultatene presentert i tabeller og figurer som igjen vil bli diskutert i kapitel 6.0. Avslutningsvis vil kapitel 7.0 inneholde konklusjoner på problemstillingene.

2.0 TEORI

Ut fra oppgavens problemområde blir det en avgrensning i hva teori kapitlet vil omhandle. Det vil være en gjennomgang av utstyr som en viktig del av teknikken og knytter løperen sammen med underlaget. I tillegg blir det sett på hvilket rammeverk trenere, løpere og skifabrikker må forholde seg til. Det blir også sett på hvordan frem/bak dynamikk er beskrevet. Mange av bøkene som er skrevet om alpin skiteknikk baserer seg på å studere verdens beste løpere for så å gi en beskrivelse av teknikken. De beste løperne man ofte ser på er de som deltar i World Cup. Det er ikke mange undersøkelser som omhandler tyngdepunktets bevegelse i alpint, men det vil sett nærmere på en studie som tar for seg frem/bak dynamikk.

2.1 Utstyr

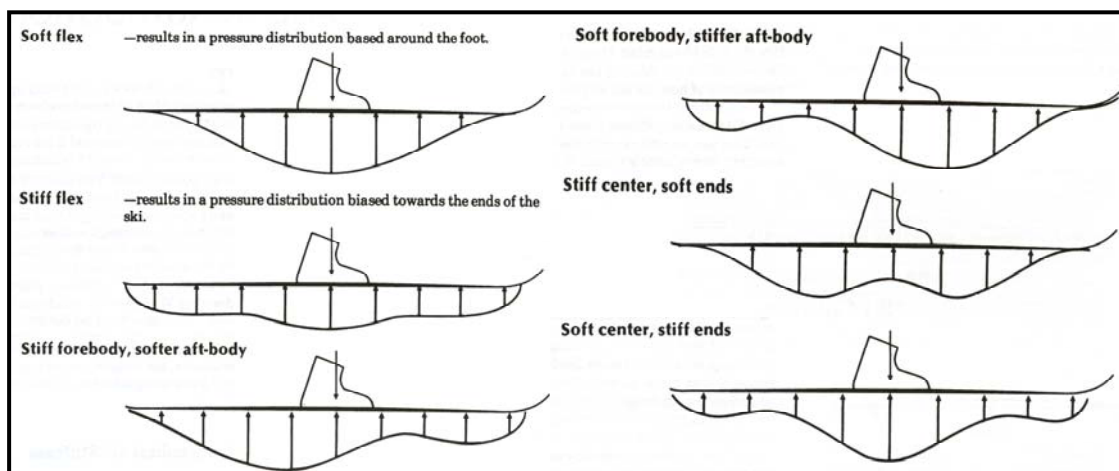
Dette kapitlet vil ta for seg en generell beskrivelse rundt skikonstruksjon. Utstyret er av stor betydning for teknikk utvikling. Som nevnt i innledningen har carving skiene ført til at man har andre muligheter enn tidligere. Man har i alpint 4 ulike disipliner og derav 4 ulike typer ski med mange ulike modeller innenfor hver disiplin. Enhver ski har ulike egenskaper, spørsmålet er om man skal tilpasse teknikken utstyret eller gjøre endringer i oppsett på utstyret slik at man får utnyttet det best mulig sammen med den teknikken man har. Dette kapitlet gå nærmere inn på ski konstruksjon og geometri, samt plater og støvler. Dette er egenskaper som spiller inn på frem/bak dynamikken.

2.1.1 Ski konstruksjon

I skifabrikkene jobbes det systematisk for å komme frem til gode ski, dette er et samspill mellom materiale og egenskaper. Egenskaper som vil bli tatt opp her er lengdestivhet, spenn, og torsjonstivhet. Utover dette er det vanskelig å innhente mer informasjon om utstyr, ettersom de ulike produsentene har sine egne løsninger for å komponere en konkurransedyktig ski.

Lengdestivhet

Lengdestivhet beskriver hvor stiv en ski er i lengderetningen. Dette er viktig av utøvernes individuelle ulikheter, både antropometriske og tekniske. Denne stivheten er avgjørende for å kunne fordele det ønskede trykket på snøen i forhold til terrenget, snøforholdene, utøverens vekt og hastighet. For eksempel kan en ski være for stiv for en lett utøver i ujevnt terreng, mens den samme skien kan være for myk for en tyngre utøver som prøver å kjøre en presis høyhastighetssving på isete underlag (Howe, 2001). Stivheten vil også kunne påvirke den dempende effekten på vibrasjoner i lengderetningen.



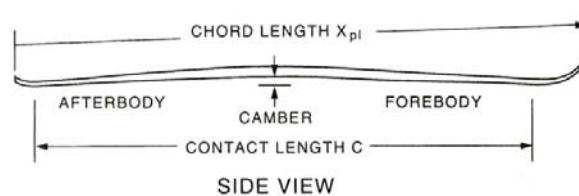
Figur 2.1. Trykk som fordels ulikt når ski har forskjellig lengdestivhet. (Howe, 2001. s 10-11)

Figur 2.1 anskueliggjør Howe sammenhengen mellom trykkfordeling og lengdestivhet. Denne ulike fordelingen kan gjøre at løpere opplever forskjeller i inngang, sving og utgang.

Spenn (ski camber)

I en ubelastet posisjon er en ski formet som en bue. Figur 2.2 er en ski sett rett fra siden, og man kan se buen, eller spennet, i skien. De er formet på denne måten for å kunne gi en initieringskraft i ekstremitetene av skiene mot underlaget, slik at man lettere kan få utnyttet skienes *self-steering effect*. Det vil si at ved å kante skiene vil de starte å svinge av seg selv (LeMaster, 1999). I tillegg øker stabiliteten i kjøring på flate ski. Dette spennet er i direkte samspill med lengdestivheten av skiene. En myk ski med stort spenn er bedre for varierende terreng og snøforhold. En stivere ski med mindre spenn har mindre mulighet for avbøyning

uavhengig av kraften som blir tilført. En slik type ski vil derfor være bedre egnet for høye hastigheter og lange svinger (Howe, 2001).



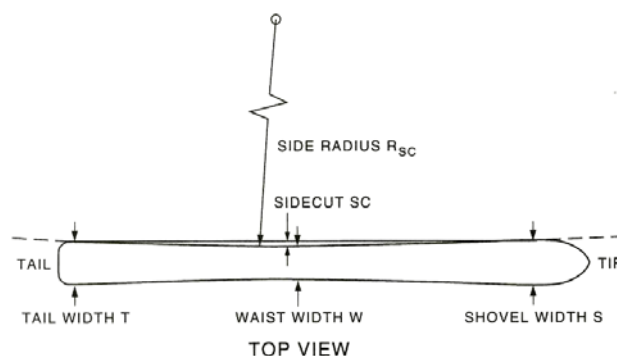
Figur 2.2. Ubelastet ski sett fra siden.
(Lind & Sanders, 1996, s 45)

Torsjonsstivhet

Hvor torsjonsstiv en ski er et uttrykk for skienes evne til å motstå vridning. Torsjonsstivheten er viktig for å kunne opprettholde nok støtte fra underlaget og skjære svingen presist (Howe, 2001). Denne egenskapen er kanskje den som varierer mest fra skiprodusent til skiprodusent og fra ski til ski. I samspill med skiens innsving bestemmer torsjonsstivheten hvor aggressivt tuppen og enden på skien vil interagere med snøen når den er kantet (LeMaster, 1999). Denne stivheten er med på å påvirke den dempende effekten på vibrasjoner i torsjonen.

2.1.2 Ski geometri

Skigeometri må sees i sammenheng med skikonstruksjon fordi de vil være avhengig av hverandre. Geometrien sier noe om formen på skien og gir forklaring på hvorfor den er slik. I figur 2.3 ser man en innsvingt ski med faktorer som spiller inn på denne formen.



Figur 2.3. Ski sett ovenifra.

(Lind og Sanders, 1996, s 45)

S = bredeste punkt på tuppen.

T = bredeste punkt på enden.

Sc = side camber, buen innsvingen er en del av.

L = lengden mellom S & T .

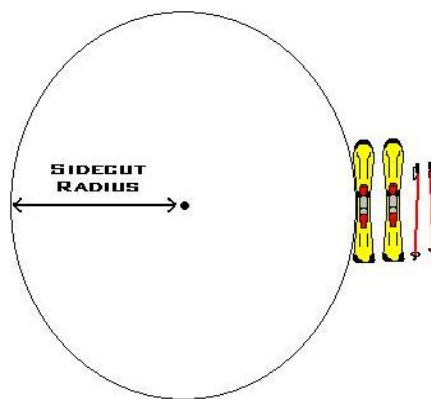
W = smaleste punkt mellom S og T .

R_{SC} = innsvingen på skiene (sidecut).

Det vil bli sett nærmere på innsving, bredde og høyde i dette kapitlet.

Innsving (sidecut)

Ski med innsving er formet som et timeglass, og det er denne formen som er innsving. Det er denne delen av skienes konstruksjon som er av størst betydning for hvordan skiene vil svinge. På grunn av denne timeglassformen er skiene allerede en del av en sirkel når de ligger flatt mot underlaget som vist i figur 2.4.



Figur 2.4. Ski som en del av en sirkel

Det er allerede nå mulig å få et relativt uttrykk for hvor mye innsving det er på skiene:

$$R_{SC} = \frac{L^2}{(S + T - 2W)} \quad \text{Formel 2.1}$$

hvor R_{SC} er innsvingradius på skiene, L er lengden mellom S og T , S er det bredeste punktet på tuppen, T er det bredeste punktet på enden og W er det smaleste punktet på midten. Denne formelen sier bare noe om hvor stor sirkelen, som innsvingen på skiene er en del av, er når skiene ligger flatt på et plant underlag. I alpint har alle disiplinene, utenom SL, en minste tillat innsvingradius som er forankret i reglementet som beskrives i kapittel 2.3.

I det en ski er satt på kant og blir presset mot snøen, vil innsvingen tvinge skien til å bøye av i en motsatt bøy og dernest skjære eller skrense svingen. Hvis man tar med denne vinklingen av skien, får man uttrykket:

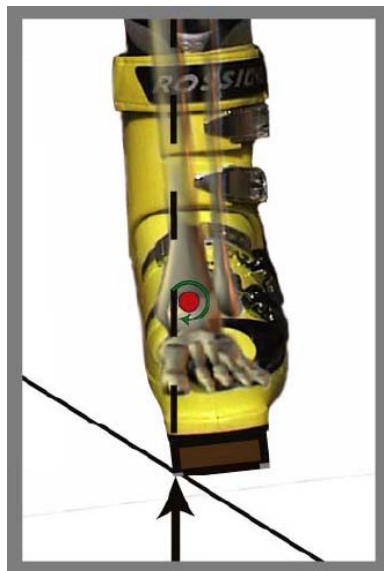
$$R_t = \frac{L^2 \cos \theta}{2(S + T - 2W)} \quad \text{Formel 2.2}$$

Hvor R_t er svingradius, L er lengden mellom endene på skien, $\cos \theta$ er skiens vinkel mot underlaget, S er det bredeste punktet på tuppen, T er det bredeste punktet på enden og W er det smaleste punktet på midten. Dette er en teoretisk beskrivelse av noen av forholdene som løperen utfører (Howe, 2001).

Bredde

Et sentralt punkt som blir styrende for kantvinkel (θ) er hvor bred skien er og hvor bred den har lov til å være. Det er kommet regelendringer i minste tillatte bredde som man finner i kapittel 2.4.

Grunnen til at disse målene blir styrende for innsvingen og den tekniske løsningen, er på grunn av at kreftenes angrepspunkt fra underlaget danner et moment rundt ankelleddet. Som vist i bilde 2.1 vil bredden på skiene være med å skape dette momentet, hvorpå dette momentet vil prøve å flate ut skiene.



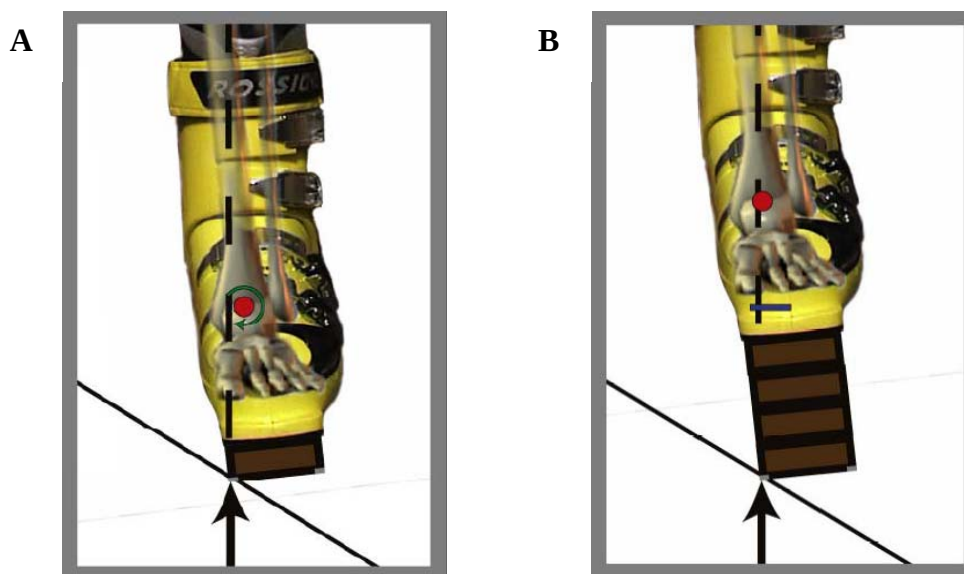
Bilde 2.1

Frontalt tverrsnitt av forholdet mellom angrepspunktet til F_R og rotasjonspunktet rundt ankelen som et resultat av skiens bredde. Copyright 1999 av Ron Lemaster. Gjengitt med tillatelse fra forfatteren (www.ronlemaster.com, 20/06/2006)

Bredden på skiene vil også være med på å påvirke kantvinkelen(θ) og størrelsen på denne. En bredere ski vil tillate en større vinkel mellom ski og snø fordi avstanden fra skiens kant til bindinger vil være lenger på en bredere ski.

2.1.3 Plater

Oppbyggingen måles på to steder. Første målinger skjer fra underkant av glisåle mot høyeste punkt på bakbindingen. Dette inkluderer altså ski, plater og bindingselementer. Det andre målet er tykkelsen på støvelsåle som måles fra underkant av støvelsåle til hælsens underlag. Inkludert alle harde og myke deler i støvelen. Høyden har i likhet med bredden på skiene avgjørende betydning for hva skiene tillater og dermed tekniske utfordringer for utøveren. Grunnen til dette er at høyde- og breddereguleringen er med på å forsterke dette momentet rundt ankelleddet. I bilde 2.2 ser man hvilken effekt en høyere oppbygning vil få på F_R 's angrepspunkt i motsetning til en lavere oppbygning.



Bilde 2.2

Frontalt tverrsnitt av kreftene om ankelleddet med forskjellig høyde. I perspektiv A ser man hvordan en lavere oppbygning skaper et moment om ankelleddet. I perspektiv B ser man hvordan en høyere oppbygning bidrar til minsket moment om ankelleddet. Copyright 1999 av Ron Lemaster. Gjengitt med tillatelse fra forfatteren (www.ronlemaster.com, 20/06/2006).

Det man kan se ut av dette er hvordan man kunne fått et mer balansert forhold mellom F_R og rotasjonspunktet i ankelen ved å tillate høyere oppbygning. Man kunne dermed fått utnyttet kreftene enda bedre fordi man ikke ville hatt et moment som ville flate ut skiene. En kunne da fått en enda større reverse camber og dermed en enda større avbøyning på tyngdepunktsbanen (Lemaster, 1999). I tillegg kunne man ved å tillate høyere oppbygning oppnådd større vinkel mellom ski og snø, fordi støvler og bindinger ville blitt hevet høyere fra bakken og man kunne dermed hatt en spissere vinkel mellom ski og snø uten at andre ting av utstyret gikk nedi snøen.

Denne oppbygningen skjer gjerne ved hjelp av plater. Disse platene gir også andre effekter som dempet vibrasjon på røft underlag eller større hastigheter. Platene skaper også forutsetninger for at skien skal kunne bøye seg opp i en jevn bue når skiene kantes og belastes.

2.1.4 Støvler

I alpint på høyt nivå ser man at mye tid går med til å tilpasse støvler. Det er støvlene som knytter sammen bevegelser til utstyret. Som et utgangspunkt bør man når en står på et flatt underlag kunne bevege seg ned slik at hofta er under kneet, dersom man ramler bakover viser det at skoen ikke har en gunstig vinkel på skaftet og/eller er for stive. (Joubert. 1967; LeMaster. 1999).

Det er mange løper som legger stor vekt på tilpassning av sko. På NSF sitt trenerseminar i juni 2007 forklarte en av tidenes mestvinnende alpinister Lasse Kjus hva han la vekt på i utstyrstilpassning og trakk frem støvler som en viktig del. Støvlene overfører bevegelsene til resten av utstyret derfor er det viktig å tilpasse skoene slik at de sitter godt og at en har bevegelsesfrihet. Det vil si at en kan bevege seg i de retninger som er nødvendig uten at skoene hindrer løperen.

Siden alpinstøvler er laget av plastikk kan man oppleve at de skifter egenskaper avhengig av temperatur. Plastikken er stivere midtvinter med 20 minus grader enn renn i sesongavslutningen der en opplever sol og pluss grader.

Rampangle

Ramp angle er vinkelen mellom hælen og fremre del av foten, som blir bestemt ut fra oppbygging av sko og binding. Bindingene danner denne vinkelen ved at det er forskjellig høyde fremme og bak. I skoene har man som regel en plastikksåle som er utskiftbare og som ligger under innerskoen. Disse sålene finns i ulike høyder (LeMaster, 1999)

Vinkling av støvelskaftet

Når man har en linje normalt til underlaget sier fremover vinkling noe om graden mellom denne linjen og skaftet til skistøvlen. Man har fremover vinkling for at tyngdepunktet skal kunne være sentrert over føttene når man strekker og bøyer i beina. Dette har stor innvirkning på frem/bak balanse ettersom for lite fremover vinkling vil føre til bakvekt i lave posisjoner, og for mye fremover vinkling kan føre til mye trykk på fremre del av skien.(ibid)

Stivhet

En har to ulike former for stivhet når det gjelder støvler, lateralt og fremover. Det er ønskelig at en sko er stiv, det vil si at bevegelser en gjør blir overført direkte i skien. Det er først og fremst den laterale stivheten en tenker på da. Når det gjelder stivhet fremover blir dette en mer individuell tilpassning. Og avhenger av kroppsbygging, skiferdigheter, underlag, ski og disiplin. Det blir ofte brukt mykere sko i fartsdisipliner (UT, SG) enn i tekniske disipliner. Grunnen til det er at svinger i fart går over lengre tid og at en må være mer fintfølede for å opprettholde fart. Men i tekniske (SSL, SL) disipliner er man avhengig av mer direkte kontakt og kraftoverføring over et kortere tidsrom

2.2 Rammebetingelser

I alpin konkurransekjøring er det FIS som er øverste organ. De har et definert regelverk som omhandler ulike sider ved idretten og for de ulike disiplinene. Ettersom det er slalåm som blir tatt for seg i denne oppgaven vil fokuset være på relevante regler i denne disiplinen for herrer. Under regelverket finner man også føringer til skiprodusenter på hvordan utstyret skal være. For 2007/2008 sesongen er det nye regler som gjelder.

2.2.1 Løypesetting

I slalåm er de spesifisert at høydeforskjellen i nasjonale renn for junior- og seniorklassene må ha løyper med høydeforskjell mellom 100 og 180 meter. En port skal være minimum 4 m og maksimum 6 m bred. Avstanden fra svingstaur til svingstaur skal ikke være mindre enn 0,75 m og ikke lenger enn 13 m. Antall retningsendringer/svinger skal være fra 30 % til 35 % +/- 3 svinger av høydeforskjellen. Den ideelle slalåmløypa skal inneholde en rekke retningsendringer som løperen skal kunne klare med størst mulig hastighet når rett svingteknikk og presisjon binder svingene sammen. I slalåmløypa skal korrekt og hurtig utførelse av alle svinger være mulig. Løypa må ikke gjøre det nødvendig med "akrobatiske" øvelser. Det skal være en terrengmessig og teknisk klok sammensetning av kombinasjoner, bundet sammen ved enkle og doble porter til en løype som skal gi god flyt med rytmevariasjoner. Det skal også være en mest mulig allsidig prøve på skiteknisk ferdighet gjennom retningsendringer med forskjellige svingradier. Portene skal ikke plasseres bare i løypas fallinje, men også slik at løperen må utføre fulle svinger med mellomliggende traverser. En slalåmløype skal inneholde åpne (horisontale) og lukkede (vertikale) porter. For senior og junior skal det være minst 1 vertikal og maksimum 3 vertikaler bestående av tre til fire porter og minst 3 hårnåler (www.skiforbundet.no).

2.2.2 Utstyrsbestemmelser på ski, bindinger og støvler

En av hensiktene med bestemmelser for utstyr er å redusere skader, spesielt kors- og sidebåndene i knærne. Det er de siste årene blitt registrert kneskader som kan være en følge av skienes innsving, oppbygging med plater, foringer og bindinger. Derfor ble det under FIS møte i Vilamoura mai 2006 vedtatt nye spesifikasjoner for konkurranseutstyr. Disse er gjeldende for WC og EC i 2007/2008 sesongen. For FIS renn og nasjonale renn gjelder disse reglene fra 2008/2009 sesongen (www.skiforbundet.no).

FIS har spesifisert minste tillatte skilengde på konkurranseski. Minimum lengde må være i overensstemmelse med normen den internasjonale standardiseringsorganisasjonen (ISO) har definert, det vil si at en måler langs glisålen til skitupp. Det er en toleranse grense på +/- 1 cm. Skilengden skal være merket på skiene og i SL er minste tillatte lengde 165 cm for herrer (ibid).

Skibredde måles ved bindingene og angir minste tillatte bredde. Denne regelen er blitt forandret i alle disipliner. Før var regelen 60 mm bredde i alle grener, mens de nye reglene har gjort at skiene er blitt 3 – 7 mm bredere. For SL er 63 mm minste tillatte bredde (ibid).

Man har i alle disipliner minste tillatte innsving regler. For slalåm har det og forblir det fri innsving regel.

Oppbyggingen måles altså på to steder. Høyden fra underkant glisåle til underside av støvelsåle kan ikke overstige 50 mm. Tykkelsen på støvelsåle kan ikke overstige 43 mm. Dette betyr at en maksimalt kan ha en høyde på 93 mm. Her er det gjort endringer slik at en til sammen har 7 mm mindre oppbygging enn tidligere (ibid).

2.3 Krefter som virker i alpint

Dette kapitlet vil ta for seg mekanikken i alpin skikjøring relatert til krefter som er relevante for denne oppgaven. Oppbygningen er ut fra LeMasters (1999) måte å forstå skikjøring, at den forgår fra snøen og opp. Derfor vil det først bli redegjort hvilke krefter som får skien til å svinge, dernest hvilke krefter som virker på løperen.

2.3.1 Krefter i en sving

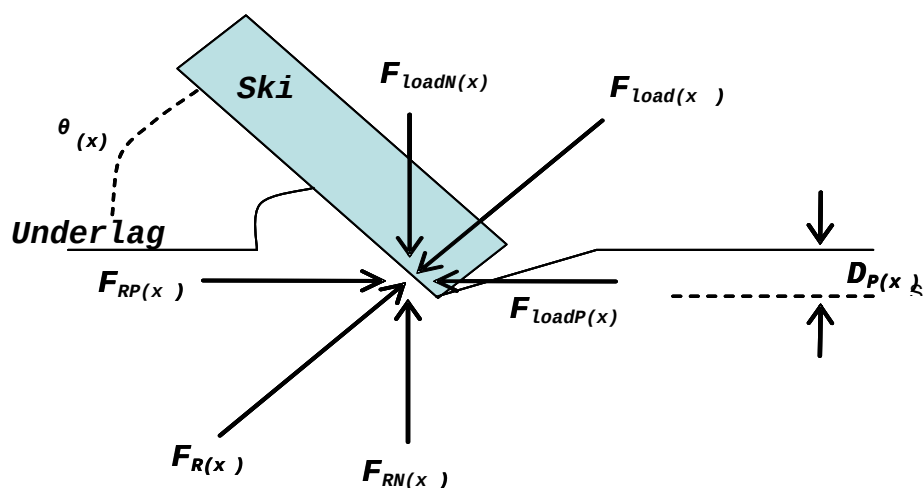
Det er skiene som får oss til å svinge ved at skiene får støtte i snøen og vi kan få en lateral bevegelse av tyngdepunktet (TP). Størrelsen av denne sideveis forflytningen av TP avhenger av hvor mye vi vil svinge. I sving er målet for løperen å skape nok sentripetalkraft slik at man skal få den ønskede retningsforandringen på tyngdepunktet. Denne kraften skapes gjennom å få vinkel mellom TP fartsretning og skiens lengderetning, i tillegg må man kante og belaste skiene. Noen faktorer som er med på å bestemme dette samspillet mellom ski og snø er skiens egenskaper, snøens karakteristika/ egenskaper, skiens belastning og skiens orientering.

Man kan grovt dele inn i skjærende eller skrensende svinger etter hvordan skien forflytter seg. LeMaster (1999) trekker frem to faktorer som avgjørende for at en sving skal være en skjærende sving:

- Skien svinger av seg selv mens den forflytter seg fremover. Så lenge skien har snøkontakt, vrir ikke løperen på skiene.
- Skien forflytter seg kun fremover, og ikke sideveis.

En annen måte å forklare en skjærende sving er hvordan den fremre delen av skien skjærer gjennom snøen og skaper et spor som resten av skien følger gjennom. Det som en felles oppfatning av en skjærende sving, er at skien overhodet ikke forflytter seg sidelengs. Det vil allikevel være noe skrens fordi underlaget i mer eller mindre grad vil gi etter, denne sideveis forflytningen marginal og ikke like lett å oppdage. Med dette som utgangspunkt vil alle svinger, uansett nivå, inneholde noe skrens. Allikevel opererer man med dette uttrykket for å ha et begrepsapparat som gjør at man kan skille de to svingtypene. En skrensende sving derimot kjennetegnes ved at skien sklir sideveis på snøen mens den forflytter seg framover (ibid). Det er dette som utgjør hovedforskjellen mellom skjærende og skrensende sving. Det er ikke slik at en sving er enten eller av disse to. Når en løper kjører en løype finner man ulike kombinasjoner av disse to måtene å svinge på, som for eksempel skrens i inngang før port og skjær ut.

Ved kantet og belastet ski vil skiens egenskaper og orientering, samt snøens karakteristika fordele kraften i lengden av skiens kant som er i kontakt med snøen. Denne fordelingen av krefter kalles running surface pressure distribution (RSPD).



Figur 2.5. Et frontalt tverrsnitt av en ski ved punkt x som skjærer (adaptert fra Federolf, 2005).

Figur 2.5 viser et frontalt tverrsnitt av en ski som kjører en skjærende sving. F_{load} er kraften fra løperen gjennom støvelen, bindingen, plata og ski til punkt x langs skien.

Denne belastningen tilfører løperen ved hjelp av enten en heving av tyngdepunktet, en senkning med påfølgende oppbremsing av tyngdepunktet eller ved hjelp av terrenget. Så denne kraften er et resultat av løperens masse, bevegelse og svingradius.

F_{loadN} er komponenten av F_{load} som virker normalt mot snøens overflate ved punkt x . Det er denne kraften som presser skien ned i snøen og dermed muliggjør den interaksjonen mellom ski og snø slik vi kjenner den. F_{loadP} er komponenten av F_{load} som virker parallelt mot snøen. Denne kraften vil prøve å skyve skien parallelt med underlaget. Den totale belastende kraften (F_{load}) er lik summen av de fordelte kreftene ($F_{load(x)}$) langs hele skien som er i kontakt med snøen. Dette gir uttrykket:

$$F_{load} = \sum_{x=0}^C F_{load(x)} \quad \text{Formel 2.3}$$

hvor F_{load} er den totale kraften fra utøveren som belaster skien, x er posisjonen langs skien og C er lengden av skien som er i kontakt med snøen.

$F_{R(x)}$ er reaksjonskraften fra underlaget som er et resultat av snøens evne til å stå i mot skiens forsøk på å skjære gjennom snøen på punkt x . F_R er summen av alle de fordelte reaksjonskreftene ($F_{R(x)}$) langs lengden av skien som er i kontakt med snøen. Dette gir uttrykket:

$$F_R = \sum_{x=0}^C F_{R(x)} \quad \text{Formel 2.4}$$

hvor F_R er den totale reaksjonskraften fra snøen langs skien, x er posisjonen langs skiens lengde og C er lengden av skien som er i kontakt med snøen. Ettersom skien blir presset ned i snøen av $F_{loadN(x)}$ vil snøen gradvis bli mer kompakt helt til $F_{RN(x)}$, komponenten av $F_{R(x)}$ som virker normalt på snøen og motstår gjennomtrenging er lik $F_{loadN(x)}$ og stopper skien fra videre gjennomtrenging av snøen. $D_{P(x)}$ er dybden av gjennomtrengingen på dette punktet. Denne dybden er avhengig av størrelsen på $F_{loadN(x)}$, snøens hardhet/ kompaktet og skiens vinkel mot snøen ($\theta_{(x)}$) (Federolf m. fl., 2005). $F_{RP(x)}$ som virker parallelt med snøen og motsatt av

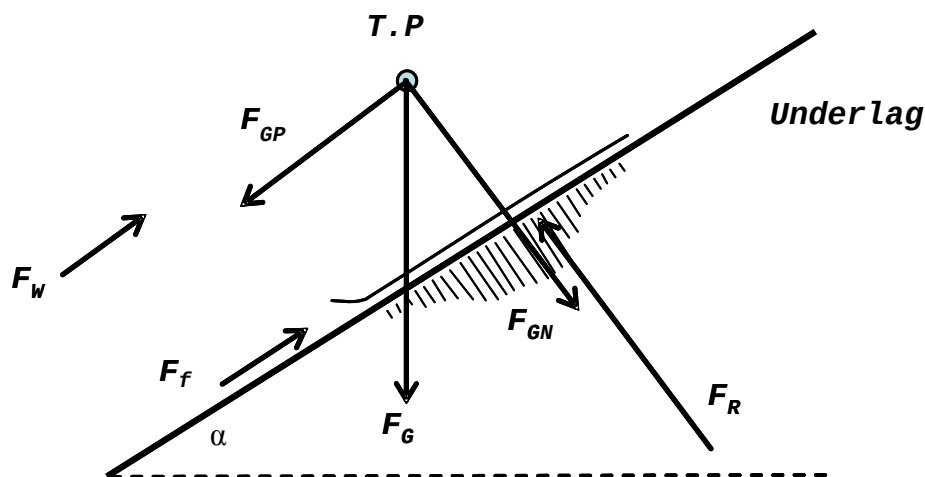
$F_{\text{loadP}(x)}$, representerer komponenten av $F_{R(x)}$ som motstår avskraping. Hvis $F_{\text{loadP}(x)}$ overgår snøens evne til å motstå avskraping, vil skien begynne å skli sideveis ved punkt x og man har en skrensende sving. $F_{RP(x)}$ er komponenten av $F_{R(x)}$ og er sentripetalkraften som akselererer utøveren inn i en kurvet bane. Dette er med andre ord den kraften som utøveren er ute etter å skape for å kunne forandre retning.

2.3.2 Krefter på løperen

Hittil har man sett på krefter som virker på utstyret og hva som får utstyret til å svinge. I dette kapitlet vil det derfor bli sett nærmere på kreftene som virker inn på løperen i fallinja, i travers og i sving.

I fallinja

Fallinja er den retningen i en bakke hvor helingen er brattest og dermed akselererende krefter størst. Fallinja er den retningen komponenten av tyngdekraften (F_{GP}) trekker deg. Figur 2.6 illustrerer en løper som kjører rett ned fallinja og de ulike kreftene som virker inn på løperen.



Figur 2.6. Løper sett rett fra siden i kjøring rett ned.
(adaptert fra Howe, 2001).

F_G er tyngdekraften som trekker oss inn mot jordas sentrum. F_{GP} er komponenten av F_G som virker parallelt med underlaget. Det er denne som skaper farten. F_{GN} er komponenten av F_G som virker normalt mot underlaget.

Ved kjøring rett utfor er det F_{GP} som bestemmer hastigheten. Denne komponenten består av løperens masse (F_G) og helningsvinkelen på bakken (α). Løperen vil akselerere i henhold til Newtons andre lov ($\Sigma F = ma$), hvorpå denne akselerasjonen hovedsakelig vil bremses av friksjon (F_f) og luftmotstand (F_w). Normalt uttrykkes friksjonen ved $F_f = \mu F_{GN}$, hvor μ er friksjonskoeffisienten for f. eks snø og F_{GN} er normalkraften som virker fra underlaget på systemet (løperen).

Luftmotstand (F_w) er en annen faktor som er med på å påvirke løperen. Og det er flere faktorer som er med å generere luftmotstand. En av disse faktorene er det som kalles luftmotstandskoeffisienten (C_D). Et annet uttrykk for dette er det engelske ordet *drag*. Denne er ikke konstant, og vil variere av geometriske ulikheter. En annen faktor som vil generere luftmotstand er frontalarealet eller tverrsnittsarealet (A) til løperen. Hvis det er en hastighet på luften (V) som passerer løperen vil det også spille inn. Dette på grunn av luftmolekylene vil komme tettere. Den siste faktoren som er med på å generere luftmotstand er lufttettheten (Q). Det lufttettheten sier noe om er tettheten av luftmolekyler (Rønningen 2002; Howe 2001). Løperen vil akselerere til kreftene som virker i motsatt retning er like store som de som trekker løperen nedover bakken. På bakgrunn av dette kan vi nå få et uttrykk for maksimal hastighet rett utfor:

$$v = \sqrt{\frac{2(F_G \sin \alpha - \mu F_G \cos \alpha)}{C_D Q A}} \quad \text{Formel 2.5}$$

Andre bremsende faktorer.

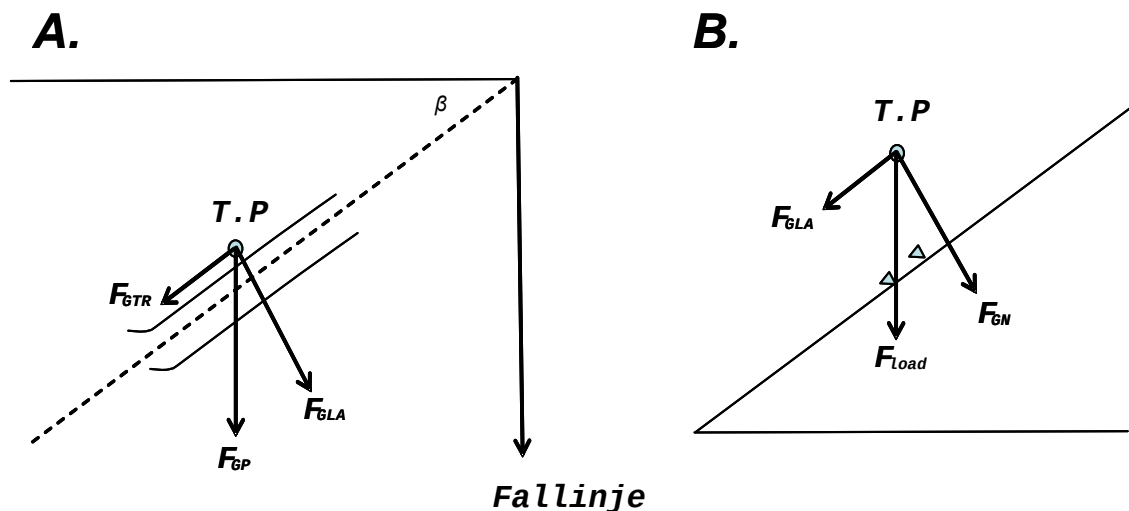
Utstyret vil også ha bremsende krefter. På grunn av skienes konstruksjon vil skiene ha en plogende effekt når man glir på flat ski. Fra skienes smaleste punkt, som er omtrent midt på skien, og bakover til enden på skia vil det oppstå friksjon og bremsende krefter.

En lignende effekt oppstår også på tuppen av skia ved at tuppen brøyter seg frem. Dette gir løperen en utfordring med tanke på hvordan man må balansere rundt skienes midtpunkt for å minimalisere denne plogende effekten.

Travers

Når man kjører rett utfor, i fallinja, er det ofte snakk om økende hastighet eller tilnærmet konstant hastighet. Hvis denne hastigheten avtar, er det snakk om en senkning av størrelsen på kraften som akselererer tyngdepunktet, eller momentum. En slik bremsende effekt vil kun oppstå hvis løperen møter en kraft som virker delvis eller i helt motsatt retning av retningen man kjører (Lemaster, 1999). Å traversere er en slik endring av hvordan kreftene møtes. Det å traversere vil si å gli med en viss vinkel på fallinja. Dette blir målt som vinkel til horisonten (β).

For å best beskrive kreftene som virker i traversering, kan det være greit å definere de utefra to perspektiver. I figur 2.7 ser man i perspektiv B bakken rett forfra med løperen traverserende. I perspektiv A ser man vinkelrett på bakken. De små trekantene i perspektiv B er skituppene til løperen.



Figur 2.7. Kreftene i travers.

Perspektiv A er bakken sett rett forfra, mens perspektiv B er bakken sett 90° fra siden (adaptert fra Howe, 2001).

Perspektiv A

I en travers kan F_{GP} deles i to komponenter. Komponenten F_{GTR} som virker i fartsretningen til tyngdepunktet (momentum) langs traversen. F_{GLA} er kraften som utvikles vinkelrett mot skiene og parallelt med underlaget og er lik $F_G \sin \alpha \cos \beta$. Og det er motkraften til F_{GLA} som skaper støtte til skiene slik at løperen kan kjøre med den ønskede traverseringsvinkelen. Hvis skiene er flate mot snøen eller har en vinkel mindre enn $\theta = \alpha$, får man ikke nok støtte fra skiene til å motvirke F_{GLA} . F_{GLA} påvirkes kun av helningsvinkelen (α), traverseringsvinkelen (β) og løperens masse (F_{GP}).

Perspektiv B

Perspektiv B i figur 2.9 viser bakken rett fra siden og løperen rett forfra. F_{load} er kraften fra løperens tyngdepunkt gjennom skia og er en resultant av F_{GLA} og F_{GN} . Dette er den totale kraften som blir utøvd mot underlaget. Da ender man opp med uttrykket $F_G \sin \alpha \sin \beta$ for akselerasjonen til tyngdepunktet i traverseringsretningen, mens de bremsende kreftene fortsatt er F_w og F_{fs} . Hvis man ser bort i fra krefter som løperen skaper, negative eller positive, ender man med uttrykket:

$$v = \sqrt{\frac{2(F_G \sin \alpha \cos \beta - \mu F_G \cos \alpha)}{C_D Q A}} \quad \text{Formel 2.6}$$

Dette er uttrykket for maksimal hastighet i travers. Komponentene som vil være mest styrende for hastigheten er β . Denne kan variere fra 0 (når $\beta = 90^\circ$ og løperen står vinkelrett på fallinja) til 90 ($\beta = 0^\circ$ og løperen kjører rett ned fallinja). Ved å kontrollere β kan man kontrollere farten.

F_{GLA} er altså kraften som prøver å presse skiene sideveis parallelt til løypa og vinkelrett til fartsretningen. Hvis man ikke hadde hatt en tilsvarende motkraft (Newtons 3. lov), ville skien sklidd ut og vekk fra løperens tyngdepunkt. De kreftene som hindrer dette, er F_{RP} og F_{GN} . F_{GN} presser skiene vinkelrett ned i underlaget. Kanten på skien graver seg da ned i snøen og lager dermed et spor å svinge på. Det er dette som fremprovoserer en tilsvarende og motsatt kraft (F_{RP}) til F_{GLA} . Denne kraften kalles lateral adhesjon eller grep (Howe, 2001).

Dette betyr:

1. Ved lav helningsvinkel (α) eller liten traverseringsvinkel (β) får man ikke store problemer med lateral adhesjon. Dette fordi F_{GN} er stor eller F_{GLA} er liten.
2. Ved stor helningsvinkel (α) eller stor traverseringsvinkel (β) blir F_{GN} liten og F_{GLA} stor. Med andre ord er størrelsen på kraften som prøver å få skien til å slippe (F_{GLA}) større sammenlignet med kraften som prøver å få skien til å sitte i snøen (F_{GN}) (ibid).

2.4 Krefter som har innvirking på frem/bak dynamikk

Det vil bli sett nærmere på aspekter som har innvirking på frem/bak dynamikk når en kjører i fallinja. For å se på samspillet som skjer for å oppnå en balanse i kreftene som virker frem/bak. Utgangspunktet for dette kapitlet er at løperen er i balanse, derfor er summen av momentene som har innvirking forover eller bakover på løperen null.

2.4.1 Reaksjonskreftenes samspill med tyngdepunktplassering.

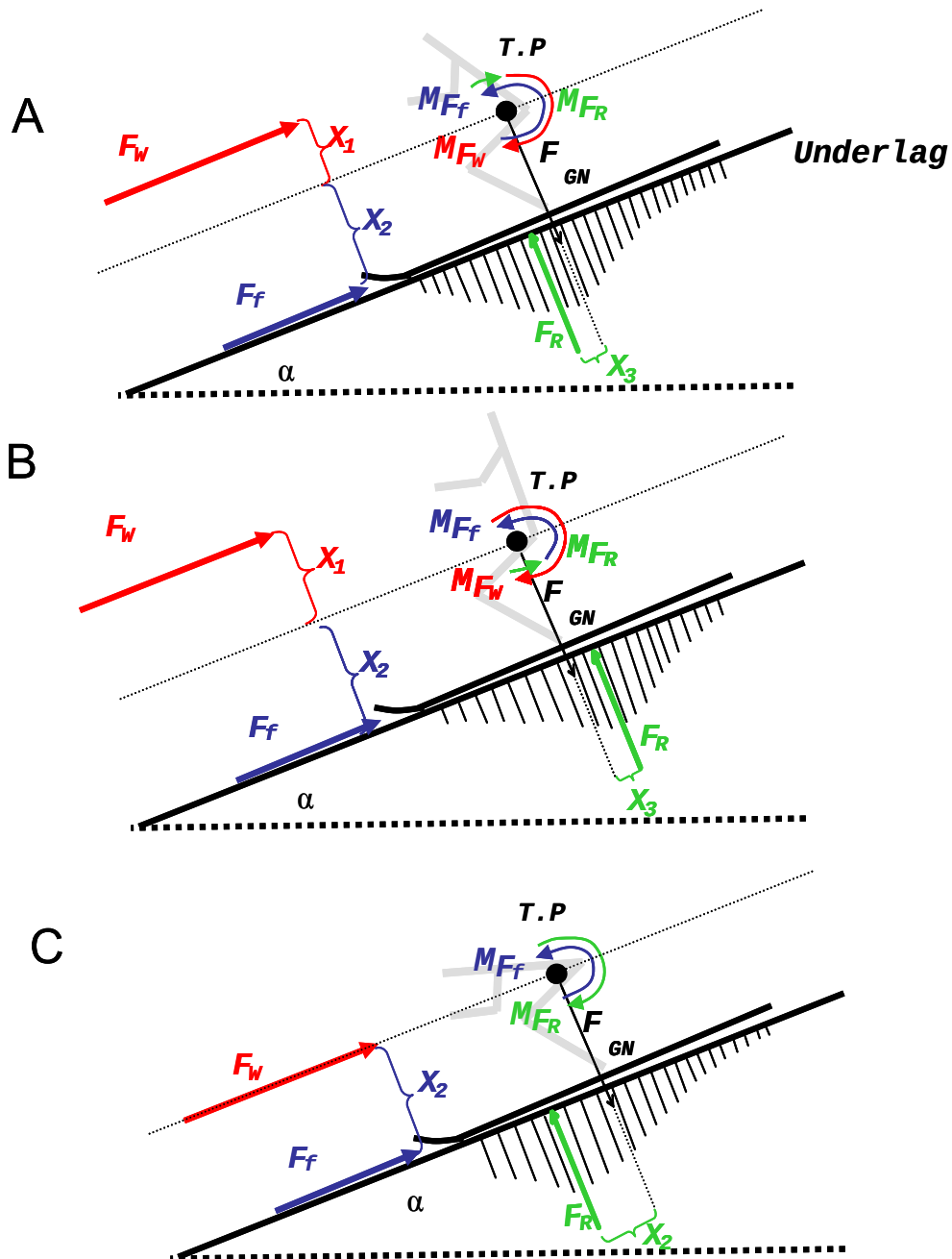
Reaksjonskraften (F_R) representerer en kraft som står for hele trykkfordelingen mot skien. Plasseringen avhenger av tyngdekraften (F_G), luftmotstand (F_W) og friksjon (F_f). Dersom man antar at løperen er i likevekt er størrelsen og plassering på F_W og F_f med på å bestemme om F_R virker bak eller foran F_{GN} fordi summen av momentene rundt tyngdepunktet er null (ibid).

Figur 2.8 viser hvordan momentene av F_W og F_f påvirker i hver sin retning på TP. F_R er med på å balansere momentene, og på den måten avgjørende for hvor på skien reaksjonskraften vil virke (ibid). I virkeligheten vil det være flere muligheter for at summen av momentene rundt TP blir null. Figuren viser tre ulike situasjoner, i A ser man en løper i nøytral posisjon. For å balansere F_W og F_f virker reaksjonskraften fremfor ankelen som betyr:

$$M_{F_f} = M_{F_w} + M_{F_R} \quad \text{Formel 2.7}$$

Hvor M_{F_f} er momentet til F_f , M_{F_w} er momentet til F_w og M_{F_R} er momentet til F_R .

M_{Ff} vil være momentet friksjonen påvirker TP med. M_{Fw} er luftmotstanden og M_{FR} reaksjonskraften og virker i motsatt retning av M_{Ff} . Gjør at summen av kreften er null og løperen er i balanse (ibid)



Figur 2.8. Momentene som har innvirkning på frem/bak balansen sett fra siden. Luftmotstand F_w , friksjon F_f , reaksjonskreftene R_R og deres vektarmmer. Resultatet blir ulik trykkfordeling i de 3 ulike situasjonene (A, B og C).

I situasjon B har løperen en mer oppreist posisjon hvilket betyr lengre vektarm og større flate som gjør at M_{F_w} er større. M_{F_R} virker da bak ankelen for å skape balanse. For at summen av momentene skal bli null får man formelen:

$$M_{F_f} + M_{F_R} = M_{F_w} \quad \text{Formel 2.8}$$

I situasjon C ser man at løperen minker M_{F_w} ved å ha en lav posisjon på overkroppen som gjør at det ikke skapes noe moment fordi kreften virker på TP. Det betyr at F_R må virke langt fremme for å skape balanse (ibid). Og man får denne formelen:

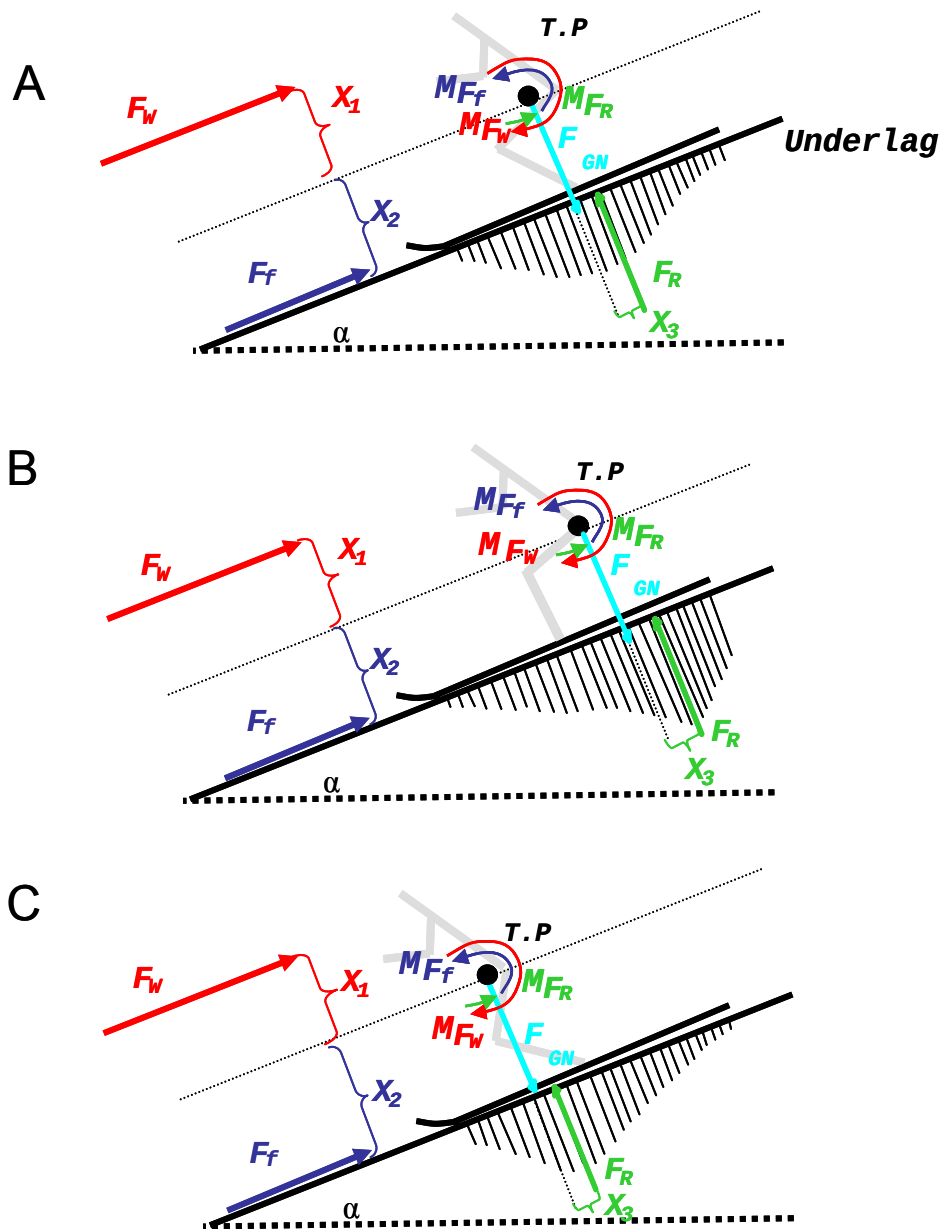
$$M_{F_f} = M_{F_R} \quad \text{Formel 2.9}$$

2.4.2 Posisjon til TP

Plassering av TP vil også være med på å bestemme hvordan trykket blir fordelt. Man antar at forholdet mellom F_w og F_f er lik i alle tre situasjoner i figur 2.9. Det betyr at F_R virker bak F_{GN} , men vil endre plassering når TP forandrer posisjon. Dersom F_{GN} virker gjennom ankelen som i A vil man få en trykkfordeling som ligger rundt senter av skien (ibid).

Situasjon B og C viser henholdsvis en løper i bakvekt og fremvekt. Og man ser hvordan trykkfordelingen forandres når TP skifter plassering.

Figuren viser ikke effekten av at det er avstand mellom F_{GN} og ankelleddsenter. En slik situasjon så vil F_{GN} danne et moment rundt ankelleddet som F_R motvirker. Dermed øker presset på støvler og bein.



Figur 2.9. Plassering av tyngdepunktets komponent vil påvirke frem/bak balansen sett fra siden. Luftmotstand F_w , friksjon F_f , reaksjonskreftene R_R og deres vektarmner. Resultatet blir ulik trykkfordeling i de 3 ulike situasjonene (A, B og C)

2.5 Beskrivelser av frem/bak dynamikk

En sentral person i utvikling av moderne skiteknikk har vært Georges Joubert. Han har skrevet flere bøker som omhandler alpin skiteknikk for nybegynnere og opp til ypperste nivå, World – Cup. Gjennom å se på datidens beste alpinister beskrev han deres teknikk og omsatte dette til skitekniske grunnelementer for alpin skikjøring. Disse grunnelementene er en basis for den skikjøringen vi ser i dag. På 1960 tallet var det flere franske løpere som regjerte i alpinsporten, man hadde Guy Périllat, Goitschel søstrene og Jean-Claude Killy. Disse franske løperne var ikke bare dominerende, de representerte også en ny måte å stå på ski, og derav kom boken ”How to ski the new french way” (Joubert, 1967). I bilde 2.1 ser man Killy i en sving med liten radius. Man ser i denne billedserien likheter med dagens teknikk med blant annet uavhengig overkropp og ben, slipper skiene i utgangen og stavissett.



Bilde 2.1

Jean – Claude Killy, WC vinner i 1967 i en sving med liten radius. (Joubert, 1976. S 114)

Om bevegelse i sagitalplanet skriver Joubert at en frem bevegelse sammen med en ned - opp bevegelse vil gjøre det lettere å svinge skiene. Når man setter kant på skiene med en lett fremoverbøyd posisjon vil det meste av trykket gå gjennom hælen. Etter å ha passert fallinjen vil man gradvis ha dette trykket frem på tåballene for å starte en ny sving lettere. Det betyr at man må ha en frembevegelse, den gjøres ved å flytte tyngdepunktet fremover. Samtidig beskriver han at man må passe på å ikke komme for langt frem fordi dette vil gjøre det vanskelig å vinkle opp skiene. Og det vil også være vanskelig å komme bak i en balansert posisjon hvor man får overført trykket i hælene slik at man får initiert oppbevegelsen til neste sving. Joubert skriver at man ofte kan havne i en halvveis foroverbøyd posisjon med dårlig balanse når en skal sette kant på skiene. Han mener at istedenfor å kompensere ved å bevege

kroppen bakover for å komme i balanse, bør man forsøke å presse beina under kroppen og fremover når man skal sette kant på skiene (ibid).

Media kan av og til gi en feil vinkling og Warren Witherell mener at bildene av Killy og Russel som ble trykket i pressen på den tiden ga et helt feil inntrykk av det som faktisk skjedde. Dette førte etter hans mening til at mange kastet seg på en teknikk bølge uten å vite hensikten. Det han tenker på er at bildene som gikk verden over, var når disse skikjørerne var i ubalanse med lav hofte sittende bak. Men bildene var spektakulære og derfor var det de som ble trykket. Han mener dette var redningsaksjoner og at de to alpinistene vant renn ved å være i perfekt balanse i 90 % av svingene. Killy og Russel brukte hele skien med framvekt for å initiere svingen, nøytral posisjon for å holde svingbuen og bakvekt for å utnytte skien best mulig mot slutten av kurven. Trykket på bakskien var som oftest rett bak senter på skien, på den måten mener han de utnyttet skien best mulig. Opptak som ble gjort av Russel viser også at han var selektiv i bruken av bakvekt, det forkom som regel i porter med lite retningsforandring i moderat bratt helling (Witherell 1972).

Ron LeMaster har skrevet flere bøker om ski teknikk og lager illustrerende fotomontasjer fra World Cup renn. Om frem/bak dynamikk skriver han at man bør starte svingen med trykk på fremskien fordi en ønsker å få tidlig støtte slik snøen får skiene til å svinge. Gjennom svingen vil tyngdepunktet gradvis plasseres over midten av skien som er stivere. Mot utgangen av svingen er det flere komponenter av tyngdekraften som jobber imot og man vil minimalisere disse så mye så mulig. Det er flere måter å gjøre det på. Med frem bak/dynamikk kan man flytte trykket så langt bak at skien fra bindingen og frem ikke har kontakt med snøen. Da vil en rette ut svingbuen og kjøre mindre på tvers av fallinjen. Det kan tenkes at man da har et dårlig utgangspunkt til neste sving. Men på grunn av at tyngdepunktsbanen går en kortere vei i initieringen til neste sving gjør at tyngdepunktet "tar igjen" skiene. Det er tre ting som LeMaster mener avgjør fordelingen av frem/bak trykket på skien:

1. Skiens konstruksjon
2. Plassering av tyngdepunktet frem/bak i forhold til skien
3. Om leggene presser mot støvelen fremme eller bak.

(Lemaster, 1999, s 54)

En kan justere frem/bak balansen ved å bevege overkroppen frem eller tilbake. Men med ski på beina er det best å justere denne balansen ved å bevege beina fremover eller bakover under kroppen. Det er i anklene det skjer. Grunnen til at dette er en god måte å justere balansen er at det er en raskere og mer presist måte å gjøre de justeringer som trengs. Alberto Tomba er en av de meste kjente alpinistene gjennom tidene. Han var ikke en spesielt høy alpinist, men allikevel en av de mest massive løperne i WC. På grunn av hans størrelse måtte han kjøre med en disiplinert overkropp slik at han ikke fikk store bevegelser som ville resultere i forandring på balansen. Han ble dermed kjent for sin karakteristiske posisjon over skiene som var mye lavere enn mange av konkurrentene. Fra denne posisjonen beveget han beina frem/bak under kroppen og utnyttet skien. Bilder av Tomba i utgangen av svingen viser at skien har snøkontakt fra støvelen og bakover (LeMaster, 1999).

2.6 Tidligere forskning

Det er gjort få studier som ser på tyngdepunktets bevegelse frem/bak i alpint. Det kan være flere grunner til det. En grunn kan være at det er vanskelig å gjennomføre slike undersøkelser fordi de krever mye ressurser. Dessuten er alpint en sammensatt idrett. Bakken, svingradius, snøforhold, utstyr er hele tiden i forandring og veldig sjelden likt.

En bevegelesanalyse som ble gjort av forskere ved universitetet i Salzburg undersøkte tyngdepunktets (TP) bevegelse og posisjon over tid i alpint (Schiefermüller, Lindinger, Müller, 2005). En løper kjørte med ski som hadde ulike egenskaper (32 meter innsvingte storslalåmski og 14 meter innsvingte slalåmski) i en løype med ulik svingradius. Det ble dannet koordinat system med ankelleddsenter som origo på indre og ytre fot (Z – høyde, Y – dybde, X – lengderetning). Bevegelse i sagittalplanet ble da målt i X- dimensjonen. I tillegg ble det brukt PEDAR trykksåler for å måle krefter og fordeling under foten. Studien delte svingen opp i initieringsfase og styringsfase. Og to typer svinger ble undersøkt, parallell sving (PS) som ble kjørt med 205 cm lange SSL ski og carving sving (CS) som ble kjørt med 160 cm SL ski.

I initieringsfasen ble ankelen på indre fot brukt som nullpunkt. I starten av fasen var tyngdepunktet i PS plassert 10-15 cm bak nullpunktet og bevegde seg frem slik at det var vertikalt over ankelen i slutten av fasen. Dette forklares ved at ski med mindre innsving har en større andel av skrens i svingen, og da er det nødvendig med mer trykk fra midten av skien og

fremover med denne teknikken. Og ved å være over ankelen har man et godt utgangspunkt til styringsfasen. I motsetning var TP plassert 20 cm bak ankelen i CS og beveget seg ikke like langt fremover. Dette forklares ved at skiene har større selvstyringsegenskaper, og man trenger derfor ikke være like langt fremme som i PS. Det er større utslag i frem/bak bevegelsen i CS fordi tyngdepunktet er plassert lengre bak (ibid).

I styringsfasen blir ankelleddsender i ytre fot brukt som origo. Løperen avsluttet initieringsfasen med TP over ankelen på ny ytterski, og denne posisjonen holder løperen i første del av styringsfasen i PS. TP holder seg rundt ankelleddsender, og etter passert fallinjen ligger TP rundt ankelen med en spredning på ± 8 cm. I CS ligger TP bak ankelleddsender og har en jevn bevegelse fremover. Mot slutten av denne fasen følger TP i denne typen sving samme mønster som i PS, balansert rundt ankelen. Det er allikevel en forskjell i at spredningen er mindre og TP ligger maksimalt 2 cm fremfor ankelen, med mesteparten av tiden bak ankelen (ibid).

Undersøkelsen rapporterer om samme karakteristikk for begge svingtyper både i venstre og høyre svinger. Med unntak av at i PS er spredningen mindre og nærmere ankelen i venstre svinger, grunnen til det er ikke diskutert. Ellers bekrefter PEDAR såler mer trykk fremme i støvelen i PS. Etter kantskifte i CS rapporteres det om trykk fremme i skoen på indre og ytre fot som brukes til å styre skien, i siste del av styringsfasen er hæl trykk dominant. Det ble sett på TP plassering både på indre og ytre fot i CS. Stort sett var det lik plassering med unntak av at TP beveget seg lengre bak på indre ankel når svingen nærmet seg slutten (ibid).

Undersøkelsen konkluderer med at mindre innsving på skien fører til at løperen har mer trykk fra midten av skien og fremover i styringsfasen. Derfor ligger TP plassert rundt midten i hele fasen. Carving ski tillater at løperen kan balansere TP bak ankelleddsender i styringsfasen. Det betyr at forskjellig materiale i ski, støvler og plassering av binding kan ha innvirkning på TP plassering (ibid).

I likheter med Schieffermüller m. fl (2005) vil denne oppgaven også ta for seg ulike problemstillinger knyttet rundt frem/bak dynamikk og det vil være likheter i metoden. Utvalget vil bli utvidet til å gjelde en gruppe løpere på høyt nivå for å få et større sammenlikningsgrunnlag. Ettersom alle løpere i dag kjører med innsvingte ski vil også løperne i denne undersøkelsen benytte carving ski.

3.0 PROBLEMSTILLINGER

Man finner ulikheter og fellesnevner hos forskjellige personer og grupper når det snakk om hvordan løpere beveger seg frem/bak over skien. Denne oppgaven vil undersøke dette gjennom en biomekanisk undersøkelse. For utvalget vårt som består av norske alpinister på høyt nasjonalt og internasjonalt nivå skal denne oppgaven se nærmere på tyngdepunktets bevegelse i sagitalplanet.

Det er tre problemområder som blir tatt opp. Først vil metoden nøyaktighet bli undersøkt, ettersom det vil ha innvirkning på hvordan man kan tolke resultatene rundt tyngdepunktets bevegelse. Deretter vil oppgaven gi en beskrivelse av tyngdepunktets bevegelse i sagitalplanet, og til slutt knytte dette opp mot prestasjon.

3.1 Metodens nøyaktighet

- ”Er en 3 dimensjonal kinematisk analyse i feltet nøyaktig nok til å si noe om tyngdepunktets bevegelse frem/bak i sagitalplanet?”

For å kunne si noe om dette må data fra problemstilling 3.2 og 3.3 forligge. Dette fordi målet i de neste problemstillingene er å kvantifisere frem/bak bevegelsen. Dersom løperne beveger seg lite og metoden innebærer store feilkilder blir det vanskelig å besvare disse spørsmålene. Derfor er det valgt å ha dette som første spørsmål som en bakgrunn for de svarene en vil få i de neste spørsmålene. Med tanke på midler vi har til rådighet er utgangspunktet at dette er den beste metode som er tilgjengelig og at vi har nok data til å si noe om nøyaktigheten.

3.2 Beskrivelse av frem/bak dynamikk

- ”Hva karakteriserer tyngdepunktets bevegelse og posisjon i sagitalplanet i forhold til ankelleddsenter gjennom en SL svingsyklus?”

Området som skal undersøkes består av 2 svinger og 3 svingoverganger og målet er å gi en beskrivelse på bevegelse og posisjon til tyngdepunktet i sagitalplanet. Ankelen i ytre fot vil være nullpunkt og dermed være et referansepunkt i forhold til utstyret. Det som er ønskelig er

å finne ut hvor stor variasjonen frem/bak er i utvalget. Ut fra McNichol (2002) vil denne bevegelsen mellom fremste og bakerste punkt være liten. Basert på Schiefermüller m. fl (2005) og det som noen trener oppfatter i bakken kan det se ut som det er en relativt stor bevegelse.

Det vil også undersøkes hva som karakteriserer tyngdepunktet bevegelse og posisjon i de ulike fasene. Med bakgrunn i dokumentet til skiforbundet vil løperne trolig være i midtposisjon i fallinjen. Basert på LeMaster vil tyngdepunktet gravis plasseres lengre bak i forhold til ankel mot slutten av svingen. En kan tenke seg at gode løpere har mer bevegelse fra midten av skien og bakover enn dårligere løpere fordi man da retter ut svingbuen ved å ha trykk på bakerste del av svingen når bremsende krefter er størst.

3.3 Sammenhenger mellom tyngdepunktets forflytning og plassering sett opp mot prestasjon

Det vil i dette kapitlet bli tatt opp problemstillinger som skal se på sammenhengen mellom tyngdepunktet og prestasjon. Tyngdepunktets bevegelse blir målt i sagitalplanet over ytre ankel og prestasjon blir målt i tid. Det vil også bli presentert hypoteser som skal testes.

- *”Er det noen sammenheng mellom tyngdepunktets ROM i sagitalplanet over ankelleddsenter og prestasjon?”*

H^1 : det er en signifikant og positiv korrelasjon mellom tyngdepunktets ROM og prestasjon.

H^0 : det er ikke en signifikant og positiv korrelasjon mellom tyngdepunktets ROM og prestasjon.

Det kan tenkes at løpere som har stort bevegelses utslag får utnyttet skienes egenskaper best. Derfor vil en se på den totale frem/bak bevegelsen.

- *”Er det noen sammenheng mellom tyngdepunktets forflytning frem/bak i sagitalplanet og prestasjon?”*

H^1 : det er en signifikant og positiv korrelasjon mellom tyngdepunktets forflytning og prestasjon.

H^0 : det er ikke en signifikant og positiv korrelasjon mellom tyngdepunktets forflytning og prestasjon.

Ved å dele opp i bevegelsen i forflytning fremover og bakover kan man se om periodene har innvirkning på prestasjon. Det kan tenkes at det er viktig med en forflytning bakover i siste del av svingen, ettersom de bremsende kreftene er størst

- *”Er det noen sammenheng mellom tyngdepunktets gjennomsnittsposisjon i sagitalplanet og prestasjon?”*

H^1 : det er en signifikant og positiv korrelasjon mellom tyngdepunktets gjennomsnittsposisjon og prestasjon.

H^0 : det er ikke en signifikant og positiv korrelasjon mellom tyngdepunktets gjennomsnittsposisjon og prestasjon.

En gjennomsnittsposisjon kan gi et bilde av hvor tyngdepunktet i sum vil være plassert.

- *”Er det noen sammenheng mellom tyngdepunktets plassering i ulike posisjoner i sagitalplanet og prestasjon?”*

H^1 : det er en signifikant og positiv korrelasjon mellom tyngdepunktets plassering i ulike posisjoner og prestasjon.

H^0 : det er ikke en signifikant og positiv korrelasjon mellom tyngdepunktets plassering i ulike posisjoner og prestasjon.

Som nevnt i kapittel 3.2 kan en forvente ulike posisjoner til tyngdepunktet gjennom en sving. Det kan også her ventes å finne variasjoner i siste del av svingen.

3.4 Begrepsavklaring

FIS: Internasjonale skiforbund

WC: World cup

EC: Europa cup

Reverse camber: Når en ski ligger flatt på bakken uten belastning vil tuppen og enden ha kontakt med bakken, resten av skien ligger i en spent konveks bue. Når man belaster skien vil man reversere dette spennet slik det vil være en konkav bue.

Running surface pressure distribution (RSPD): Trykket som er fordelt på delen av skien som er kontakt med snøen.

Switch: det punktet hvor gjennomsnittet av skienes bane krysser tyngdepunktets bane

Slalåmsving syklus: fra switch til switch

Bakfot: Utrykk som skitrenerne bruker og det kan defineres ved at senter av ytre fot er lengre bak enn indre fot i X-aksen.

Start svingfase: der svingradiusen er mindre enn 15 meter.

Slutt svingfase: der svingradiusen er større enn 15 meter

GCS X- dimensjon: lengderetningen av området som ble kalibrert.

GCS Y- dimensjon: bredderetningen av området som ble kalibrert

GCS Z- dimensjonen: høyderetningen av området som ble kalibrert

LCS X: lengderetningen av det lokale koordinatsystem i ankelen.

LCS Y- dimensjon: bredderetningen av det lokale koordinatsystem i ankelen.

LCS Z- dimensjonen: høyderetningen av det lokale koordinatsystem i ankelen.

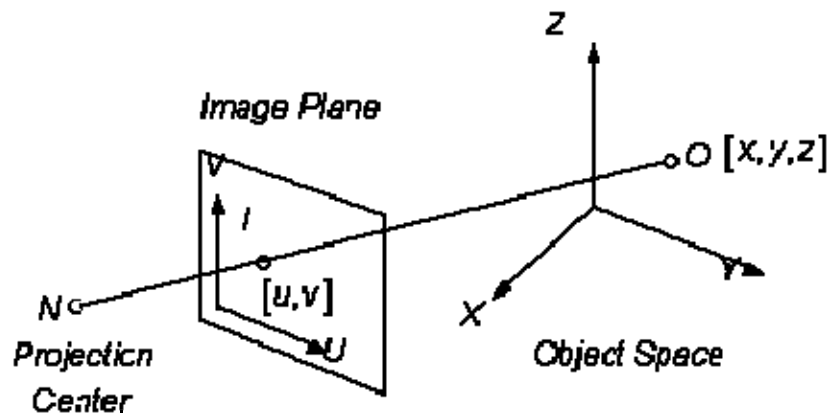
4.0 METODE

Ettersom det har vært mye metode utvikling i dette prosjektet er dette kapitlet relativt omfattende. Det har blitt jobbet mye for å teste metoden og gjøre teamet kjent med den. Målet har vært få klare å kvantifisere ulike deler ved alpin skikjøring, det er i dag bare en metode som er aktuell for denne oppgave med tanke på de ressurser som er tilgjengelig. Det er brukt en 3 dimensjonal kinematisk analysemetode. Siden forskningsfeltet er utendørs vil en ikke klare samme nøyaktighet som i et laboratorium, men med systematisk jobbing er feilkildene redusert. Denne metoden har i alpin skikjøring blitt brukt til ulike formål som prestasjons fremming, sikkerhets forbedring og for å studere friksjon mellom ski og snø (Nachbauer m. fl, 1996).

Kapitlet vil ta for seg metoden til dette prosjektet og inneholder bakgrunnen for valg av metoden, oppsett og gjennomføring i bakken, utvalget og databehandling. Det vil også være en gjennomgang av metoden som ble brukt for å kunne undersøke de problemstillinger som gjelder spesielt for denne oppgaven. I tillegg vil feilkilder og pilotforsøk bli beskrevet. Pilotene er tatt med for å gi et innblikk i arbeidet bak metoden og den kontinuerlige kvalitetssikringen.

4.1 Teori bak valgt metode

Et videokamera kan ansees som et verktøy som kartlegger et tredimensjonalt object space ("den virkelige verden") om til et todimensjonalt image plane. En metode for å gjøre dette kalles *Direct Linear Transformation*- metoden og ble først beskrevet av Abdel-Aziz og Karara i 1971 (Shapiro, 1978; Wood og Marshall, 1986). Denne metoden kan definere den direkte omformingen av koordinater mellom et tredimensjonalt object space og et todimensjonalt image plane gjennom bilder tatt fra 2 eller flere kameraer. Dette forholdet forklarer hvorfor flere kameraer må brukes for å rekonstruere bildene til tredimensjonalt. DLT- metoden er altså en metode for å rekonstruere dette forholdet. Som figur 4.1 viser vil hvert punkt innenfor kameraets dekning ha et unikt kartpunkt på image plane som blir uttrykt på skjermen. Men dette er ikke motsatt, for eksempel: et punkt som er tatt opp på video representerer ikke et unikt punkt i rom, men en linje.



Figur 4.1. Forholdet mellom object space og image plane.

Grunnleggende i DLT er at det er en lineær sammenheng mellom koordinater i den ”virkelige verden” og koordinater i bildet. Denne sammenhengens baseres på koordinat transformasjon, som består av 11 parametre som er satt opp i to uavhengige ligninger.

$$u = \frac{L_1 x + L_2 y + L_3 z + L_4}{L_9 x + L_{10} y + L_{11} z + 1}$$

$$v = \frac{L_5 x + L_6 y + L_7 z + L_8}{L_9 x + L_{10} y + L_{11} z + 1}$$

Formel 5.1

Hvor X, Y og Z er de tre space koordinatene til et punkt i object space. U og V er koordinatene til det samme punkt som er kartlagt i et bildets koordinatsystem og L_{1-11} er de 11 DLT- parametrene. Disse parametrene kan bli fastslått av de fotograferte projiseringene av såkalte kontrollpunkter. Disse punktene har kjente X, Y og Z koordinater som til sammen danner et referansesystem. Dette ligningssettet kalles DLT fordi det kan påvise at de 11 parametrene er proporsjonale mot en forsterkningsfaktor i kameraet. Gjennom en kalibreringsprosedyre tar den standardiserte DLT- metoden og bestemmer parametrene ved å ta bilder av noen kontrollpunkter i object space over deres kjente space koordinater. Så lenge det er minimum 6 punkter i bildet kan least- square metoden brukes til å bestemme de 11 parametrene. Grunnen til at dette antallet punkter må minimum være 6 er for å kunne få et overbestemt sett med ligninger. Men disse 6 er et minstemål som blir avhengig av hvordan de er fordelt for at det ikke skal bli en stor feilkilde. Flere undersøkelser peker i retning av jo

flere punkter man har i bildet, jo bedre nøyaktighet for punktrekonstruksjonen. Shapiro (1978) mener at antallet kontrollpunkter i bildet bør ligge mellom 12- 20 punkter, mens Chen, Armstrong og Raftopoulos (1994) mener at det bør ligge mellom 16- 20 punkter i hvert bilde. Et annet poeng denne gruppen trekker frem er hvordan punktene bør bli jevnt fordelt. Med jevnt fordelt menes det ikke bare langs ett plan, men i det 3 dimensjonale rommet. Hvis dette rommet ikke er stort nok til å dekke alle bevegelsene til utøveren, vil en form for ekstrapolering skje i DLT beregningene på disse tidspunktene. Denne ekstrapolering vil forårsake en stor feil i prediksjonene (Chen m. fl., 1994, Wood & Marshall, 1986).

Opprinnelig baserte denne metoden seg på at man filmet med fikserte kameraer, det vil si at kameraene sto i nøyaktig samme posisjon til enhver tid uten at man kan tilte eller zoome. En slik type løsning vanskeliggjør mobiliteten hvis man skal benytte seg av det i alpint på grunn av området bevegelsen foregår over og hastigheten bevegelsene foregår i. Med faste kameraer må man kanskje zoome så langt ut på løperen at digitaliseringsarbeidet i etterkant vanskeliggjøres. Mössner m.fl. (1996) videreutviklet denne metoden spesielt med tanke på alpint og den store fordelene med deres system, i motsetning til andre metoder, er at dette tillot panorering, zooming og tilting av kameraet. Hensikten var altså å skape et verktøy for å undersøke alpin skiteknikk. Denne metoden har blant annet blitt brukt under OL på Lillehammer i 1994 i utfor og utfordelen av kombinasjonen (Nachbauer m.fl. 1996). Det at man kan bevege kameraet tillater først og fremst at man kan zoome tettere på løperen og samtidig ha nok kontrollpunkter i bildet, noe som igjen gir bedre forutsetninger for å kunne digitalisere det man måtte ønske med større nøyaktighet. På den annen side kan denne metodens ulempe være at kontrollpunktene til enhver tid må være på sin innmålte plass under forsøket. Dette kan være et forstyrrende element for løperne. I tillegg krever denne metoden at man kalibrer hvert bilde i hver sekvens. Dette utgjør en ganske betydelig arbeidsmengde for forskerne.

4.2 Oppsett i bakken

I forkant av datainnsamling ble det gjort en rekke piloter for å avdekke eventuelle svakheter i oppsettet. Dette arbeidet forgikk over en periode på et år og gjorde at man ble godt kjent med den praktiske gjennomføringen av datainnsamlingen og dermed kunne redusere feilkilder. Dette kapitlet beskriver hvordan innsamlingen ble gjennomført i praksis og vil da ta for seg kontrollpunkter, bruk teodolitt, kameraer, timing og løypesetting.

4.2.1 Gjennomføring

I forbindelse med at skiforbundets Europa Cup (EC) lag var samlet i Oslo og tilgjengelige som forsøkspersoner ble bakken valgt på bakgrunn av flere kriterier. Varingskollen skisenter var det beste alternativ i nærområdet. Her har man i hovedtrasene et parti hvor det er jevn middels helling uten terrengoverganger og bakken ligger nord- østvendt slik at snøforholdene var bedre fordi snøsmeltingen er mindre. Størrelsen på forsøksfeltet var cirka 20 meter bredt og 40 meter langt med en helningsvinkel på 18, 6° i løypas generelle retning. Det var ønskelig å få rennlikt underlag, det vil si at snøen er kompakt og hard slik at det blir så like forhold som mulig for alle løpere fordi det ikke blir oppkjørt og sporete. En dag i forkant av forsøket ble det jobbet med å få dette til. Det ble satt opp sperring der løypa skulle stå slik at turister i anlegget ikke kunne ferdes der. Hele området ble sklidd flere ganger slik at det ble en jevn overflate. På denne tiden av året er det varmt i lufta som gjør at snøen er mer fuktig enn på vinteren. Derfor ble området grunnsaltet fordi saltet gjør at snøen binder seg og den blir mer kompakt. Dette i kombinasjon med at bakken ble sklidd og nattefrost gjorde at forholdene neste morning var optimale, tettpakket hard snø med godt grep. Salt var tilgjengelig under forsøket, men dette ble ikke brukt da forholdene holdt seg veldig bra.

Under selve forsøket var løperne klar over hva som var formålet med dette prosjektet. De la også merke til kontrollpunktene som var satt opp. Det ble i ettertid uttalt at disse ikke forstyrret de på noen måte under kjøringen. De hadde 3 turer i hver av løypene og pause mens trenerne satte om løypen. Startrekkefølgen ble rangert ut fra FIS punkter. Forskningsteamet var posisjonert ved ulike videoposisjoner. Timingsystemet ble også styrt fra den ene av disse posisjonene.

4.2.2 Kontrollpunkt

I forsøksområdet ble det satt ut kontrollpunkter som er kjente punkter i koordinatsystemet som teodolitten danner. Disse kontrollpunktene ble delt inn i tre kategorier:

- Kategori 1 (Bilde 4.1):

Ble kalt 200 og 300 serie og stod på henholdsvis skikjørers høyre og skikjørers venstre slik det er vist i bilde 4.3. Disse ble laget av skumgummi som var 5 millimeter tykk og skjært ut til en

rektangulær plate som var 20 centimeter bred og 21 eller 30 cm lang. For så å bli rullet etter en mal og limt sammen slik at det ble 4 cm i diameter, 13 cm i omkrets og mellom 21 eller 30

cm høye. Det ble brukt 117 punkter av denne kategorien. I bilde 4.1 ser man hvordan disse punktene ble seende ut og med markering på hvor dypt de ble plassert, ca 5 cm ned i snøen.

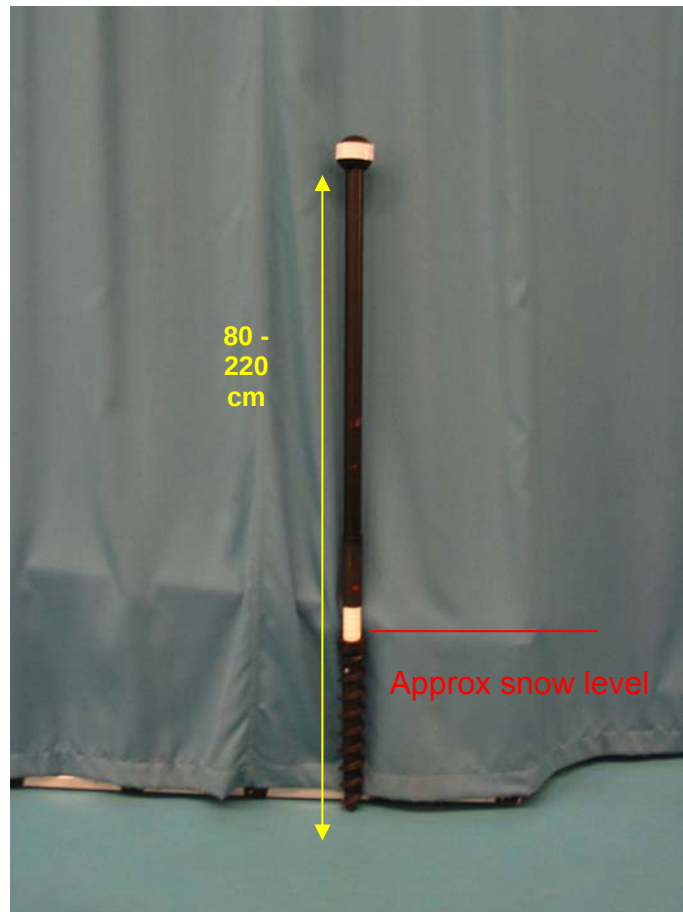


Bilde 4.1

Kontrollpunkt kategori 1 med høyde og markert hvor langt ned i snøen de stod.

□ Kategori 2 (Bilde 4.2):

Ble kalt 100 og 400 serie og stod på henholdsvis skikjørers høyre og skikjørers venstre som man ser i bilde 4.3. Kontrollpunktene var oransje og svarte tennisballer som ble skjært til slik at de holdt sin opprinnelige form med diameter på 6,5 cm og omkrets 20,5 cm. Disse ble satt på ledda slalåmporter som var mellom 80 og 220 cm høye og stod 40 cm ned i snøen. Det var 32 staur med 1-3 tennis baller pr. port avhengig av hvor høye de var, i bilde 4.2 ser man eksempel på en port med en tennisball. Det var i alt 80 baller på staur.



Bilde 4.2

Kontrollpunkt kategori 2 med en ball og markert hvor høyden ble målt

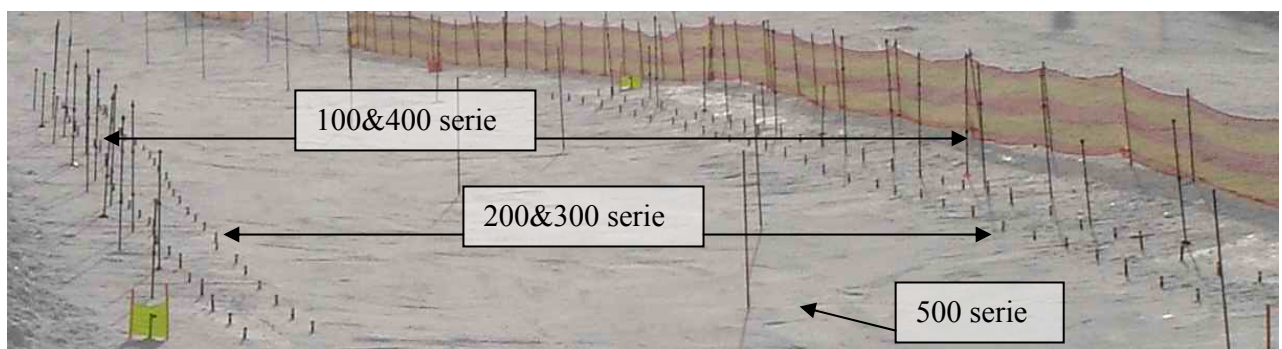
Kategori 3:

Ble kalt 500 serie og plassert på snøen innenfor svingstauren. Dette var tennisballer som stod på 15 cm høye skumgummistolper og var de som var nærmest løperne. Det var mellom 1 og 3 baller på snøen i hver sving. Til sammen var det 11 tennis baller som var plassert på innsiden av portene.

Det ble lagt stor vekt på sikkerhet i utforming av alle kontrollpunktet. De ble laget i mykt materiale slik at de ikke skulle skade løperne dersom de skulle falle i det området hvor de stod. Punktene som var på staur stod slik at leddet kunne bevege seg, samtidig som det var nødvendig at leddet var fast nok til at punktene ikke forflyttet seg. Alle punktene var runde i formen, dette fordi det vil være avstand inn til sentrum av punktet fra ulike vinkler.

Punktene ble satt ut på kvelden i forkant av forsøket. Grunnen til det var at det er tidkrevende å plassere ut disse, og ikke minst tar det tid å måle avstanden til disse som var nødvendig for å kalibrere volumet løperne kjørte i. For å unngå snøsmelting rundt punktene slik at de ville endre posisjon ble dette arbeidet gjort på kvelden/natten i forkant mens det var frost.

Til sammen var det 208 kontrollpunkter. For å holde oversikten på disse punktene når det skulle digitaliseres ble det gjort ulike tiltak. Hvert punkt fikk ett nummer og det ble tegnet inn på et kart slik at man fikk et oversiktsbilde av forsøksområde. Hver femte stolpe i kategori 1 ble malt oransje i tuppen, i tillegg ble det malt en rød strek i snøen etter hver 10 stolpe i denne kategorien. Dermed hadde man kontroll på kategori 1 og 2. Tennisballene i kategori 2 ble satt slik at det var annenhver oransje og svart. Det ble på den måten ingen stolper i nærheten av hverandre med lik farge sammensetning og på den måten var det enklere å skille de fra hverandre.



Bilde 4.3

Bilde av forsøksområdet i Varingskollen sett nedifra med markering av de ulike kategorier

Man ser i figur 4.3 plassering av de ulike kategorier. Legg spesielt merke til at kontrollpunktene ble satt slik at de dannet en kolonne på hver side av løypen. Bredden mellom disse kolonnene var ca. 11 meter. Dette gjorde det mulig å stikke om løypen uten å flytte punktene, i tillegg var ikke punktene så nærme at de forstyrret løperne. Samtidig som løperne skulle bli forstyrret i minst mulig grad var det ønskelig å ha punktene så nærme som mulig for å bedre nøyaktigheten (Shapiro, 1978; Chen, Armstrong og Raftopoulos, 1994). 200 og 300 hundre serien ble satt i et sikksakk mønster med en avstand på ca 1 meter, noe lengre avstand på 100 og 400 serien. De ble satt i et slikt mønster for å skape bedre definerte x og y akser i kameraet uansett vinkel, fordi de da ikke havne på en linje. 500 serien ble satt i en

halvsirkel på cirka en meters avstand fra svingbuen til skiene. Denne serien hadde to funksjoner, de ble brukt som kontrollpunkter for kalibrering og for å teste nøyaktigheten. (se kapittel 4.4.3 og 4.5.2) Alle punktene ble satt vertikalt ned i snøen ved å borre med et 40 mm borr.



Bilde 4.4

Detalj bilde av oppsett i bakken under et pilotprosjekt i Ål. Dette er identisk med oppsettet i Varingskollen.

I bilde 4.4 ser man et nærbilde av et oppsett med fotoceller til timing og kontrollpunkter. Legg merke til de røde markeringene i snøen som var til hjelp å skille punktene. Som nevnt ble det under innmålingen tegnet et kart over situasjonen, slik at man hele tiden hadde kontroll på nummereringen til hvert enkelt punkt. I tillegg til kontrollpunktene ble også portene og snøen målt inn. Snøen ble målt for å få et uttrykk for underlaget og forandringene i underlaget.

4.2.3 Teodolitt

For innmåling av punktene ble det brukt en teodolitt. Instrumentet som ble benyttet måler avstand til et punkt og punktets grader i x og y dimensjonene. Teodolitten som ble benyttet i dette forsøket var en Sokkia Set 2BII (Sokkia Co., Ltd. Kanagawa, Japan). Denne ble lånt av Geografisk institutt ved Universitet i Oslo.

I forkant av forsøkene ble det øvd på å bruke teodolitten. Dette ble gjort av ulike grunner. For det første for at man skulle være så effektiv som mulig under forsøket, for det andre at man var sikker på teodolittens innstillinger og at den var riktig kalibrert til enhver tid. Både Trond Eiken fra Geografisk Institutt og Matthias Gilgien som er utdannet landmåler fra Universitetet Fachhochschule beider Basel i Sveits sørget for at dette ble korrekt gjennomført.

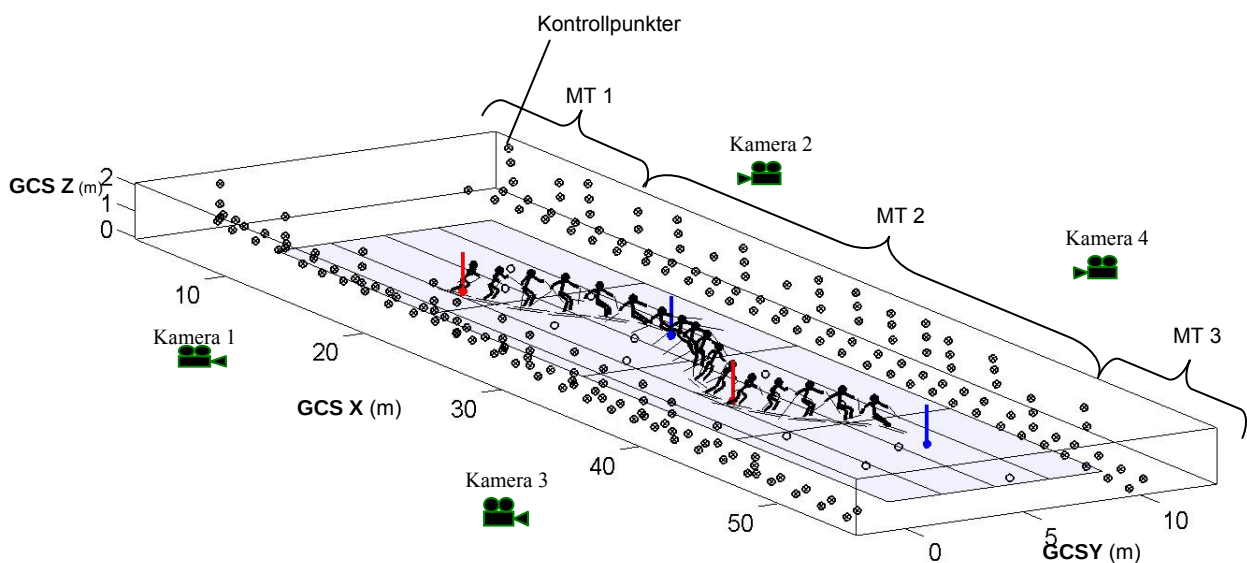
Kalibreringen ble gjort ved å kontrollere horisontalstillingen, høyden og nullretningen. Nullretningen var et egendefinert, entydig punkt som var ca 90^0 i forhold til fallinjen i området som skulle måles. Under forsøket ble trefoten som teodolitten står på gravd ned i snøen og snøen ble saltet. Dette for at man skulle få minst mulig bevegelse i trefoten. Teodolittens kalibrering ble sjekket på hvert femte punkt under forsøket. Ved innmålingen av punktene ble teodolitten styrt av to stykker. En stod for selve målingen og en styrte måleboka som var tilknyttet teodolitten og lagret dataene fortløpende. I tillegg var det en tredje person som skrev ned dataene. Dette var en forsikring i tilfelle det skulle skje noe galt med måleboka. Elektronisk utstyr kan være sårbart i utendørsbruk om vinteren. For at teodolitten skal kunne måle må den ha noe å reflektere mot. Derfor gikk en person rundt og holdt en reflektor foran hvert kontrollpunkt. Avstanden fra denne reflektoren og inn til senter av kontrollpunktene ble regnet ut i ettertid.

4.2.4 Kamera

Opptakene ble gjort med 4 kameraer som var posisjonert slik at de dekket forsøksområdet. Det optimale er å ha kameraer som filmer med cirka 90° vinkel til hverandre (Shapiro, 1978; Wood og Marshall, 1986), men siden det er en bevegelse er dette vanskelig å ha til enhver tid. Derfor bruker man flere kamera. En annen grunn til å bruke flere kamera er at man får dekket begge sider av kroppen til løperen og man unngår at løperen blokkerer punkter (Nachbauer m. fl, 1996) og man bedrer nøyaktigheten. Som man kan se utefra figur 4.2 var det perioder der to kamera stod mot hverandre uten å få noen krysningsvinkel. I disse situasjonene hadde en to andre kameraer slik at man fikk vinkel.

Kamera som ble benyttet var to Sony TRV 950 E (kamera 1 og 4), 1 stk Sony TRV 901 (kamera 2) og 1 stk Canon DM- XM2 E (kamera 3) kamera. Det ble filmet på 50 Hz og med minimum lukkehastighet på 1000 Hz ettersom lysforholdene denne dagen tillot det, ellers var

innstillingene på kameraene satt på automatisk. For å sikre at det var minimum 6 punkter i bildet ble det filmet på fast zoom. Noe som betydde at det spesielt fra kamera 1 og 2 var tidspunkter med et stort bildeutsnitt fordi man på skikjørers høyre måtte stå nærme løypen. Terrenget tillot at man med kamera 3 og 4 kunne stå på lengre avstand og dermed få et utsnitt som ikke varierte i størrelse avhengig av hvor løperen var i løypa.



Figur 4.2. Skisse over oppsettet i bakken.

Figuren viser kamera(1-4), kontrollpunkter, timingsystem (MT 1-3) og porter

4.2.5 Timing

Det ble brukt Microgate timingsystem (Microgate S.R.L, Bolzano, Italia) for å måle prestasjonen til den enkelte løper. Som man ser i figur 4.2 ble det satt opp fotocelle som sammen dannet mellomtider. Første fotocelle ble plassert noen meter før første port i forsøksområdet, dette for å kunne se på hastigheten inn. Deretter stod andre fotocelle ved inngang til første av i alt fire svinger som ble undersøkt. Disse to fotocellene dannet mellomtid 1 (MT1). Videre ble det plassert en tredje fotocelle i utgangen av fjerde sving. Denne sammen med den andre fotocellen dannet mellomtid 2 (MT2) og var den analyserte

situasjonen. Fjerde og siste fotocelle ble plassert noen meter nedenfor området. Denne fotocellen dannet mellomtid 3(MT3) sammen med den tredje fotocellen. På denne måten kunne man få tiden som ble brukt i inngangen til området, tid brukt gjennom de 4 svingene og utgangen. Denne tidtakingen ble brukt for på best mulig måte å selektere hvilke klipp man skulle bruke for analysen.

Det ble også beregnet tid i Matlab for å nøyaktig kunne analysere den kalibrerte situasjonen. Dette ble beregnet ved hjelp av bilder og startet fra øverste X koordinat til nederste X koordinat hvor man hadde digitalisert samtlige løpere.

4.2.6 Løypestikking

Det var hovedtreneren til EC laget som satte løypa i dette prosjektet. Øvre halvpart av løypa ble satt rytmisk uten kombinasjoner, og i den nederste delen stod treneren fritt til å sette det han ønsket så lenge det var innenfor reglementet. Det var i 4 porter i den øvre halvpart av løypa at forsøksfeltet var. Det var et viktig poeng at det ikke var kombinasjoner i forkant eller rett i etterkant, slik at kjøringen kunne bli påvirket av taktiske valg løperen gjorde. Det ble stukket 3 ulike løyper av EC treneren som alle var innenfor FIS reglementet. Det ble brukt målbånd fra port til port for å sikre nøyaktig avstand. Løypene hadde avstandene 7, 11 og 13 meter mellom svingportene.

4.3 Utvalg

Det ble gjort en rekke datainnsamlinger i dette prosjektet, men det ble gruppen som er beskrevet under som ble undersøkt videre. Løpere i utvalget kjørte på utstyr som var i henhold til reglementet og alle hadde korteste tillatte skilengde.

4.3.1 Utvalget av løpere

Utvalget bestod av 6 løpere fra det norske Europa Cup laget. Disse løperne holder som sagt høyt nivå og kjører internasjonale renn i Norge og Europa. Alderen deres var mellom 17 og 20 år, med et gjennomsnitt på 18,3 år. Gjennom FIS systemet får alle aktive alpinister en rangering i verden. I det tidsrommet vi gjennomførte vår undersøkelse var det den sjette FIS

punkt lista i 2005/2006 (FIS, 2007) som gjaldt. Løperne hadde fra 13,37 til 32,41 i FIS punkter, og gjennomsnittet var på 22,4 punkter. Dette ga en rangering i verden som varierte fra plass nummer 112 til 500. Det må understrekes at dette er relativt unge løpere, dersom man ser på deres rangering i sine årsklasser er de rangert mellom plass nummer 1 til 6 i verden. I tillegg var fire løpere i utvalget med på Junior Verdensmesterskapet (JVM) i Quebec som ble holdt 05/03/06, omtrent en måned før datainnsamlingen. Disse fire plasserte seg mellom 1 og 9 plass i SL disiplinen. Ut fra de resultatene ser man at de hevder seg høyt i denne disiplinen.

Det kunne vært ønskelig å ha med verdens beste SL løpere i utvalget, altså WC løpere. Disse løperne representerer det beste en har i dag og er sterke og stabile kjørere. Samtidig kan de være konservative. Utvalget i denne oppgaven har mer eller mindre kjørt på carving ski i hele sin aktive karriere. På den måten representer disse løperne en teknikk som vil utvikles videre og være gjeldene i fremtiden.

4.3.2 Utvalg av trial

Under datainnsamling var det til sammen 54 turer (trials) gjennom de ulike løypene, fordi alle 6 løpere kjørte tre turer gjennom tre forskjellige løyper. På grunn av det omfattende databehandlingsarbeidet som er med de ulike løypene og denne oppgavens omfang og tidsforbruk ble det valgt å plukke ut en løype for videre analyse. Ut fra en kvalitativ vurdering ble løypa med 11 meters avstand valgt fordi dette er en avstand som ofte blir satt i renn. Da satt man igjen med 18 trials, dette måtte igjen begrenses. Derfor ble det på bakgrunn av timingen plukket ut den raskeste turen til hver enkelt løper, med et forbehold at det var en jevn prestasjon gjennom hele forsøksområdet. Det vil si at tiden i forsøksfeltet (MT 2) korrelerte med total brukt tid. Dermed hadde man 6 trial fra fire ulike kameravinkler.

4.3.3 Godkjenning og informasjon

Det var nødvendig å melde forskningsprosjektet inn til Norsk samfunnsvitenskaplige datatjeneste (se vedlegg 1), prosjektet ble godkjent av etiske komité. Forsøkspersonen mottok informasjonsskriv (se vedlegg 2) tilknyttet forsøket og skrev under på informert samtykke skjema (se vedlegg 3).

4.4 Databehandling

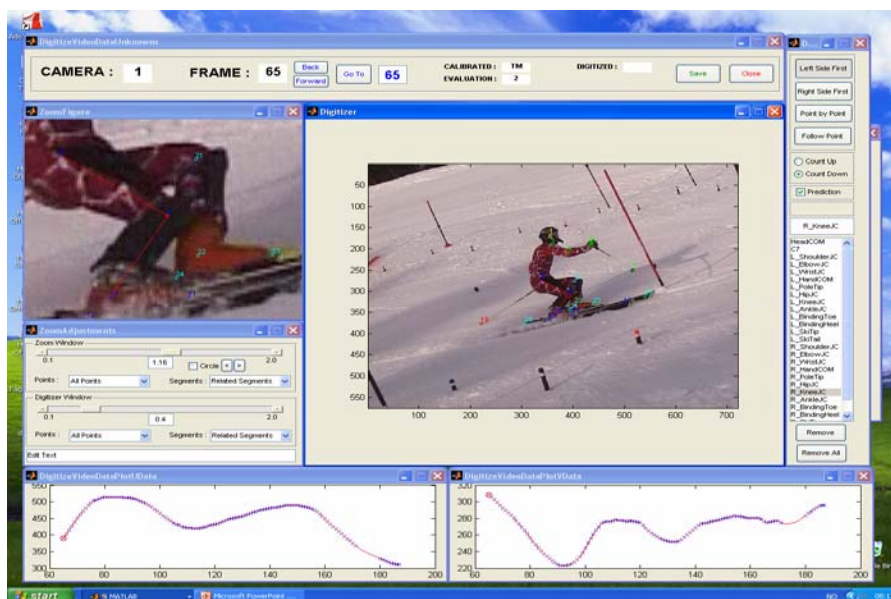
Etter at data var innsamlet startet den mest tidskrevende delen av denne studien, ettersom det manuelt ble markert kontrollpunkter i løypa og segmentpunktene på løperen i hvert enkelt videobilde. En trial bestod av ca 150 bilder fra 4 kameravinkler. Det vil si at det var ca 3600 bilder som ble behandlet.

4.4.1 Innfanging

Når filmen skulle overføre fra miniDV kassetter til harddisker ble det fanget inn i video analyse softwaren DartFish (DartFish, Fribourg, Sveits) og videoene ble komprimert med en Indeo 5.0 Codec. Disse filene ble lagt inn i MatLab softwaren (The MathWorks, Natick, USA) som var verktøyet i den videre bearbeidelsen. Videoopptakene ble kuttet ned til porten i forkant og etterkant av forsøksområdet.

4.4.2 Digitalisering

Man antar at studiens største feilkilde ligger i dette arbeidet. Det er blitt gjort en rekke tiltak for å redusere dette så mye som mulig som blir beskrevet i kapitel 4.7.1 og 4.7.2. Som man kan se et eksempel på i bilde 4.5 ble det utviklet egen software i Matlab spesielt med tanke på dette prosjektet. Løperen ble delt inn i 28 ulike punkter, hvor arbeidet med å plote de ulike segmentene ble fordelt i teamet. To av disse representerer thorax og ble beregnet i MatLab. Dermed var det 26 punkter som ble digitalisert.

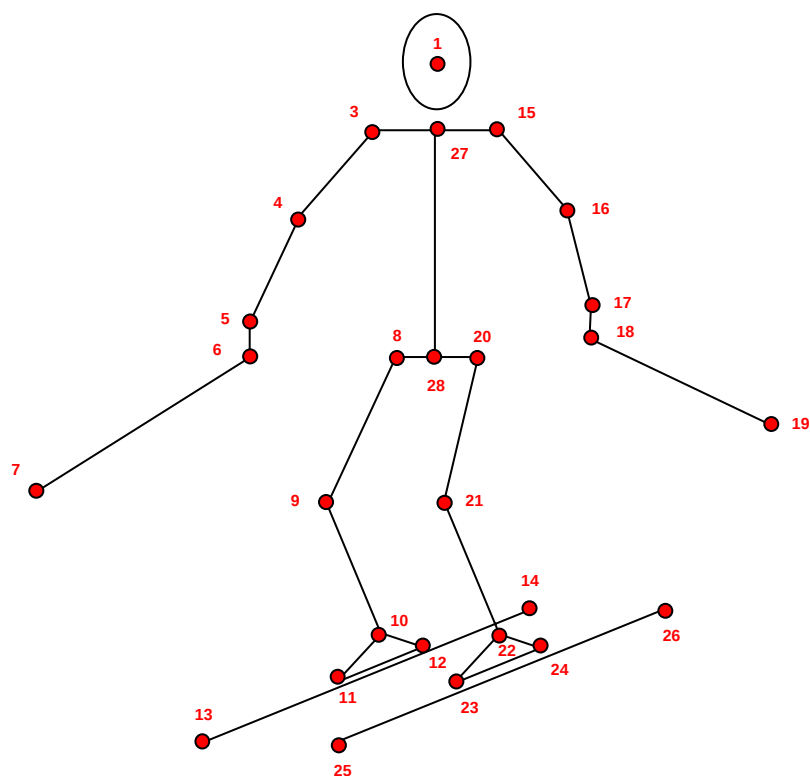


Bilde 4.5

Bilde av digitaliseringsverktøyet i Matlab.

Som man kan se i tabell 4.1 og figur 4.3 dannet disse punktene 18 ulike segmenter.

Segmentene ble dannet av en rett linje mellom disse punktene som beskrevet i tabell 4.1.



Figur 4.3 Skjematisk fremstilling av punktene som ble digitalisert.

Tabell 4.1. Oversikt over utvalgte segmenter og punktene segmentene besto av.

Segmenter	Punkter
Hode	Senter av hodet
Høyre overarm	Høyre skulderleddssenter og høyre albueleddssenter
Høyre underarm	Høyre albueleddssenter og høyre håndleddssenter
Høyre hånd	Senter av høyre hånd
Høyre stav	Senter av høyre hånd og høyre stavtrinse
Høyre lår	Høyre hofteleddssenter og høyre kneleddssenter
Høyre legg	Høyre kneleddssenter og høyre ankelleddssenter
Høyre fot	Høyre ankelleddssenter
Høyre ski	Høyre skitupp til høyre skiende
Venstre overarm	Venstre skulderleddssenter og venstre albueleddssenter
Venstre underarm	Venstre albueleddssenter og venstre håndleddssenter
Venstre hånd	Senter av venstre senter
Venstre stav	Senter av venstre hånd og venstre stavtrinse
Venstre lår	Venstre hofteleddssenter og venstre kneleddssenter
Venstre legg	Venstre kneleddssenter og venstre ankelleddssenter
Venstre fot	Venstre ankelleddssenter
Venstre ski	Venstre skitupp til venstre skiende
Thorax	Fra midtpunkt mellom skulderleddssentrene til midtpunkt mellom hofteleddssentrene

Etter å ha gjort tester for å sjekke hvor lik oppfattelse forskningsteamet hadde av hvor et punkt skulle ligge, kom det klart frem at man hadde relativ lik oppfatning av stavtuppene og

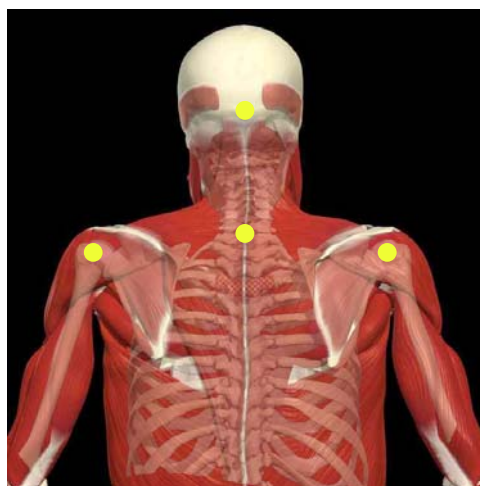
senter av hendenes plassering. Derfor ble disse punktene tatt først, der tre personer plottet disse punktene på to trials hver. Etter det ble de andre punktene fordelt der hver person plottet 1-4 punkter, som for eksempel skulderleddsenter, albueleddsenter og håndleddsenter på 6 trials. Siden man ikke hadde noen punkter på løperen under forsøket ble det tatt bilder i ulike posisjoner der løperen hadde på seg fartsdress som i bilde 4.6. Alle løperne hadde like dresser, slik at disse bildene var til stor hjelp for å gjenkjenne mønster rundt aktuelle punkter.



Bilde 4.6

Eksempel på bilde av løper sett bakfra. Gule markeringer er punkter som skulle digitaliseres.

I tillegg ble det brukt anatomiske 3 D bilder av skjelettet (www.anatomy.tv, 10/11/07) som også var til hjelp under identifisering (Bilde 4.7)



Bilde 4.7

Eksempel på 3 D bilde med skjelett og muskelmasse sett bakfra. Gule markeringer er punkter som skulle digitaliseres

4.4.3 Kalibrering

For å kunne lage 3 dimensjonale figurer er man nødt til å definere volumet rundt det en skal gjenskape. I denne studien var kontrollpunkter referansen siden dette var kjente punkter på bakgrunn av innmålingen. I forkant av arbeidet ble det gjennomført flere tester der arbeidsgruppen uavhengig av hverandre kalibrerte samme trial, for så å sjekke om det var stort avvik mellom det den enkelte oppfattet som sentrum av punktet. Kalibrering av forsøksområdet gikk ut på å identifisere det enkelte kontrollpunkt i videobildene. For å holde kontroll på de ulike punktene var kartet avgjørende fordi man hadde unike kombinasjoner av farger og ulik høyde på punktene. Dette gjorde at man kunne gjenkjenne plassering, spesielt i starten av et videoklipp og dersom man ikke hadde fullstendig bilde av alle punkter. Noe som skjedde tidvis i kamera 1 og 3.

På 200 og 300 serien var det hvit tape som var 2,5 cm bred og omga punktet 2,5 cm i underkant av tuppen. Her digitaliserte man midt på den hvite tapen. 100, 400 og 500 serien bestod av baller og plasserte man punktet i senter. Det var nødvendig med en gjennomgang av denne plassering slik at teamet ble synkronisert. Selv om denne oppgaven tar for seg en type løype, ble også de 2 andre løypene kalibrert. Dette gjorde at 3 personer hadde ansvar for å behandle 6 trials hver. Annethvert bilde ble digitalisert for å lette arbeidet noe, det ble da interpolering i de bilder som ikke ble manuelt behandlet. Som hjelpemiddel i tillegg til kartet hadde programmet en predikteringsfunksjon som anskueliggjorde hvor det aktuelle punktet var, og det ble da kun en finjustering til senter av punktet i det manuelle arbeidet. I ettertid ble alle punkter kontrollsjekket av en annen person enn den som hadde digitalisert.

4.4.4 Synkronisering

For optimal synkronisering hadde det beste vært å bruke genlock kameraer. Disse kameraene er 10-20 ganger dyrere enn de som ble brukt i dette studie og det krever som sagt kabel, noe som er upraktisk i en alpinbakke ettersom kameraene stod på begge sider av løypa. Det ble brukt en adaptasjon av genlock software som er beskrevet av Pourcelot m.fl. (2000).

Men for å få nøyaktige resultater i en 3-D kinematisk undersøkelse er god synkronisering avgjørende. Man kan på ulike måter synkronisere kamera som ikke har et master kamera som styrer opptaket. Dersom det filmes mot samme punkt kan man bruke et lys eller annen form for signal og synkronisere ut fra det, dette blir allikevel ikke nøyaktig nok for denne studien. Fordi man sitter igjen med et materiale som tar bilde hver 0,02 sekund, kan det maksimalt bli

en forskjell mellom 2 kamera på 0,01 sek. Løpere i denne oppgaven forflytter seg med en hastighet på ca 12 m/s, noe som vil si at det i verste fall ville blitt en forskjell på 12 cm mellom de to kamera. Dette er en feilmargin som ikke kan ansees som tilfredsstillende for denne undersøkelsen.

4.4.5 Interpolering

Interpolering ble brukt i to tilfeller i beregningene. Først i annet hvert bilde av kalibreringen fordi bare annethvert bilde ble manuelt kalibrert. Og det ble brukt i billedkoordinater da kameradekningen var mangelfull. Det må minimum være to kameraer med en viss vinkel som ser punktet som skal dekkes for at man skal kunne definere punktet 3 dimensjonalt. Som beskrevet i avsnitt 4.2.4. ble det i dette studiet brukt 4 kameraer for å sikre en vinkel til enhver tid mellom kameraer, samt at punktene kunne forsvinne for noen kameraer i en periode på grunn av snø eller at punktet ble skjult av løperen. Hvis et punkt ble borte over kort tid var det mulig å interpolere i MatLab ved å bruke interpolating cubic splines. Det ble kun interpolert hvis hullet i bildekoordinatene var lineært, og dette hullet var mer enn 8 bilder og

4.4.6 Filtrering

Alle bevegelsesmålinger inneholder feil på grunn av tekniske begrensninger og unøyaktige målinger gjort av forskerne. Disse feilene kan bedre forstås som støy rundt et signal. Disse feil blir mange ganger forstørret når hastighet og akselerasjon blir regnet ut. For å minimalisere denne feilforstørrelsen kan målte data filtreres. I dette studie ble det brukt filtrering på to nivåer. Kamera kalibrerings (DLT) konstantene ble filtrert med en 2nd order low-pass Butterworth filter med en cut-off frekvens på 15 Hz. Alle object space koordinater ble filtrert med en 2nd order low-pass Butterworth filter med en cut-off frekvens på 10 Hz.

4.5 Beregninger knyttet til problemstillinger

Etter endt digitalisering satt ble det jobbet videre med ulike beregninger knyttet til prosjektet. For å få kvantifisert målingene ble det utført en rekke beregninger i MatLab. Dette kapitlet tar for seg aksene i undersøkelsesområdet, metodens nøyaktighet, tyngdepunkt beregning, inngangshastighet. I tillegg vil definisjon av svingstart og svingslutt, beregning av switch og

portpassering gjøre at en kan dele svingen opp i faser. Til slutt vil det bli sett på beregninger knyttet til tyngdepunktets frem/bak bevegelse.

4.5.1 Definisjon av globalt koordinatsystem

Teodolitten ble plassert nederst i forsøksfeltet. Koordinatsystemet utvalget befant seg i ble dannet ved å ha origo øverst i venstre hjørne av feltet sett nedenfra, det vil si på positiv side av aksene. Dette ble kalt global coordinate system (GCS). GCS X peker nedover bakken og er parallell med løypens gjennomsnittlige lengderetning, GCS Y peker på tvers av bakken og er parallell med løypens gjennomsnittlige bredderetning og GCS Z aksens representerer høyden og er normalt til snøens plan (se figur 4.2).

4.5.2 Metodens nøyaktighet

For å beregne feilkildene ble det benyttet tre ulike måter. Den første ble gjort ved hjelp av punkter med kjent posisjon. Dette var *non-CP error*. Dette var 500 serien som beskrevet i avsnitt 4.2.2 Et *non-control point* er et punkt som ble målt inn med teodolitt men ikke brukt i kamerakalibreringen. Dette for å teste nøyaktigheten på det som ble kalibrert¹. På denne måten hadde man punkter for å kontrollere feilkilden assosiert med det å predikere et godt definert punkt. Hvis punktet ikke er definert, for eksempel delvis skjult av snø eller punkter som ikke er entydige (leddsentre) tar ikke denne metoden hensyn til det. En annen faktor var at denne 500 serien ikke var i bevegelse, så på grunn av dette tok den heller ikke hensyn til kamerasykronisering. Dette leder til den andre måten å beregne feilkilder på. For å beregne dette ble det målt inn segmentlengder. Endepunktene til segmentene er ikke like klart definerte som kontrollpunktene og de er i bevegelse. Disse segmentlengdene ble målt inn på venstre side av 4 av løperne. Validiteten er avhengig av disse punktene. Som tredje beregning av feilkildene ble metodens reliabilitet vurdert. Dette ble gjort ved å analysere segmentlengde prediksjoner. Hvor mye segmentlengdene varierte gjennom en trial ble tolket som et mål på reliabilitet. Her ble pooled standardavvik benyttet.

¹ Men som beskrevet i avsnitt 4.1 og 4.2 var det ønskelig med mange kontrollpunkter når analysen av ukjente skulle gjøres, så 500 serien ble brukt i selve analysen. Derfor forventes det noe bedre nøyaktighet i analysen enn *non-CP error* gir uttrykk for.

4.5.3 Tyngdepunkt

For å beregne tyngdepunktets posisjon ble Zatsiorskys regresjonsligninger som er basert på kroppsmasse og høyde brukt (Zatsiorsky, 2002). Det er flere grunner til at denne metoden ble valgt. Først og fremst forenklet denne metoden datainnsamlingen, mest på grunn av at den er tidsbesparende og mer effektiv. Andre metoder krever et mye større arbeid i forhold til antropometriske målinger.

Tabell 4.2. Oversikt over populasjonen i denne undersøkelsen og Zatsiorsky grunnleggende antropometriske data

Parameter	Menn (n=100)	Utvalget (n= 6)
Alder, år	23,8 ± 6,2	18,3 ± 1,5
Masse, kg	73,0 ± 9,1	82,8 ± 7,4
Høyde, cm	174,1 ± 6,2	180,8 ± 2,1

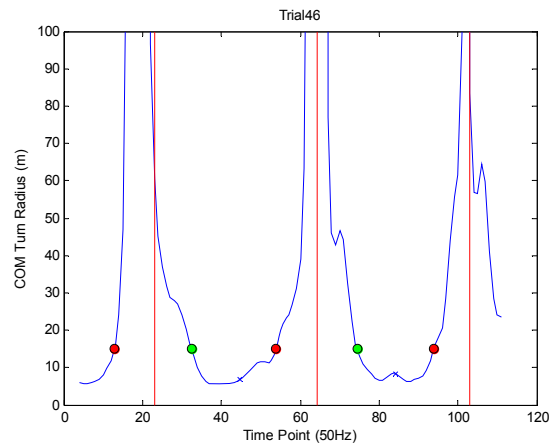
I tillegg passer populasjonen som blir brukt som grunnlag i Zatsiorsky godt overens med populasjonen i dette studiet (se tabell 4.2). I denne modellen får man også kalkulert inn segmenter for utstyret, det vil si hjelm, staver, støvler og ski.

4.5.4 Inngangshastighet

Inngangshastighet blir beregnet for å kontrollere for inngangshastighet i beregninger av korrelasjonskoeffisienter. Inngangshastighet ble beregnet som gjennomsnittshastigheten av den første tiendedelen av den analyserte situasjonen.

4.5.5 Definisjon av svingstart og slutt

Begge disse ble basert på beregning av svingradius til tyngdepunktet. Og ved å sammenligne de ulike trials ble det foretatt en subjektiv vurdering av hvor den gjennomsnittelige største avbøyningen av tyngdepunktsbanen begynte.

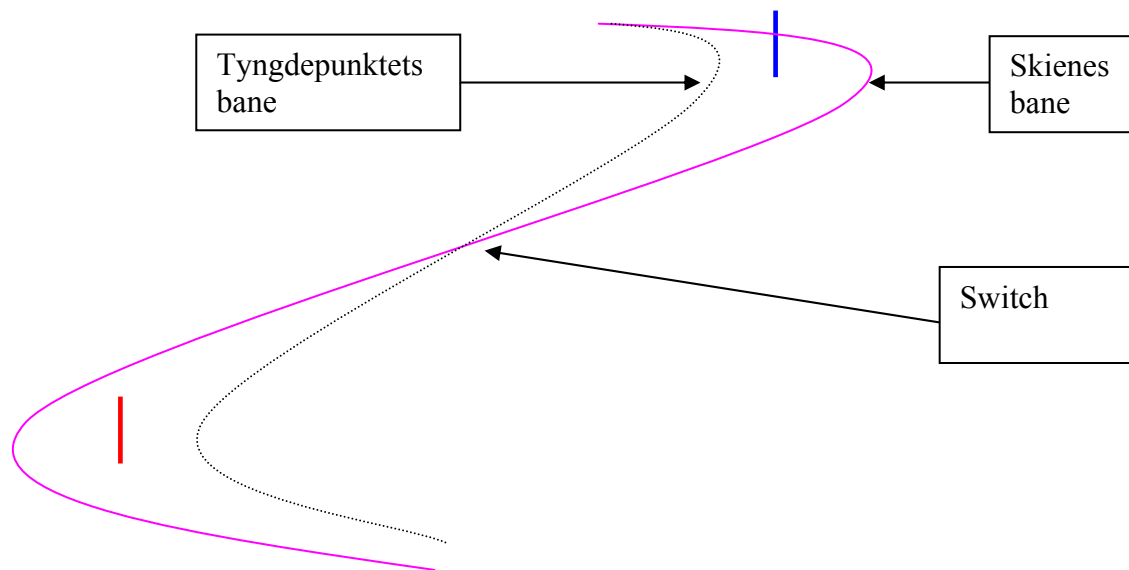


Figur 4.4 Tyngdepunktets svingradius. Med markering for svingstart (grønne punkter), switch (rød strek) og svingslutt (røde punkter). Figuren viser avslutningen til første sving i området, to hele svinger og begynnelsen til siste sving i forsøksområdet.

Denne gjennomsnittelige avbøyningen ble vurdert til å være 15 meter. Som man ser i figur 4.4 er det en relativ kort periode tyngdepunktet svinger, de grønne punktene er starten på det vi har definert som sving og de røde er avslutningen. For beregning av svingradius ble den basert på tyngdepunktets bane i snøens plan. Hvorpå ble svingradiusen definert som radiusen til en sirkel som passer gjennom tyngdepunktets posisjon $\pm$ tre tidspunkter fra det gitte tidspunkt.

4.5.6 Beregning av switch

Switch er altså det punktet hvor skienes bane krysser tyngdepunktets bane mellom svingene. Dette baseres på gjennomsnitt av skienes bane i 2 dimensjoner i snøens plan og tyngdepunktets bane i 2 dimensjoner i snøens plan. Som man kan se i figur 4.5 er switchen krysningspunktet mellom disse to banene. Skienes bane er uttrykt ved et gjennomsnitt av begge skiene og er merket som den lilla linjen, den stiplede er tyngdepunktets bane. Denne metoden for å beregne switchen har også blitt gjort i tidligere studier (Supej, Kugovnik og Nemec, 2003).

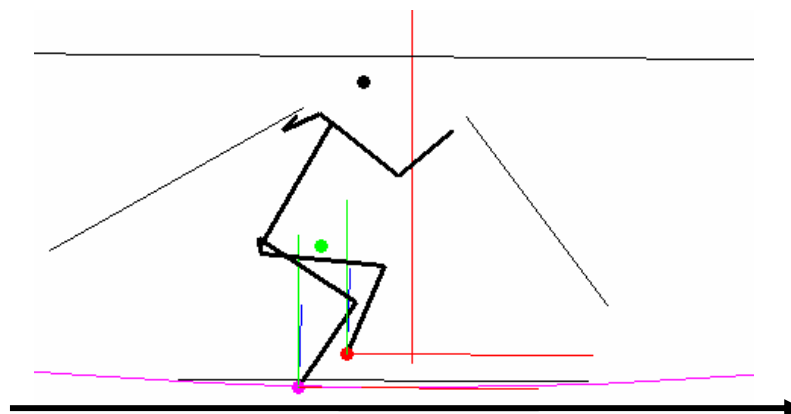


Figur 4.5 Definisjon av switch.

Lilla linje er skienes bane, mens den stiplede er tyngdepunktets bane.

4.5.7 Beregning av port passering

For å kunne dele oppsvingen i ulike faser var det nødvendig å vite når port passering skjedde. Dette ble definert som det tidspunkt tyngdepunktets X koordinat passerer portens GCS X koordinat. I figur 4.6 ser man en løper der tyngdepunktet er markert med grønn sirkel. Dette bilde viser løperen like før portens passerer.



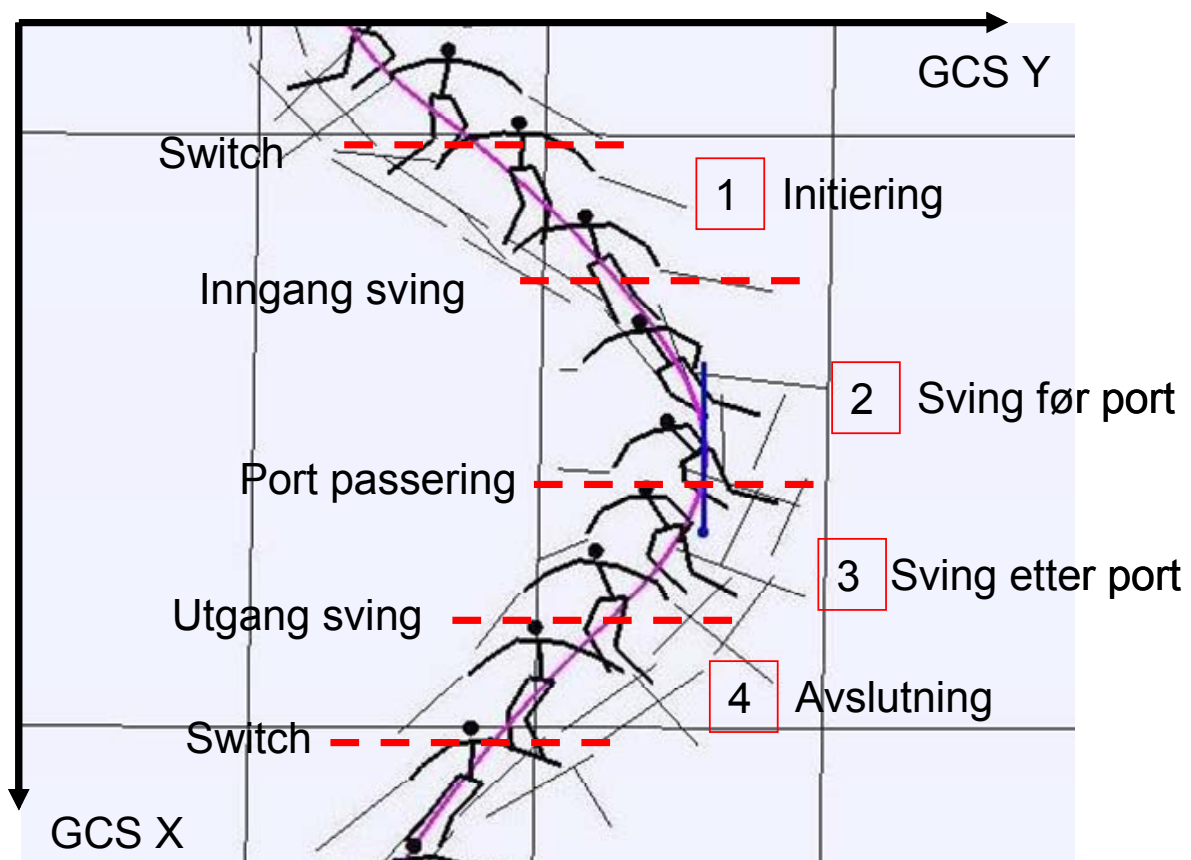
Figur 4.6 Beregning av port passering.

Løper som er i ferd med å passere portens (rød strek) GCS X koordinat i en venstre sving.

Tyngdepunktet (grønt punkt), indre ankel (rødt punkt), indre ski (rød strek), ytre ankel (lilla punkt) og ytre ski (lilla strek) er markert.

4.5.8 Faser i svingen

Ut fra beregningene på sving- start/slutt, switch og portpassering (kapitell 4.5.5 - 4.5.7) kom en frem til en oppdeling av svingesyklusen. I figur 4.7 blir det anskueliggjort hvor disse fasene er i svingen. Med denne oppdeling fikk en da mulighet til å se nærmere på hva som kjennetegnet de ulike delene av svingen og om det var noen forskjeller på fasene. Fasen 1 er initieringen og er definert fra switchen til svingstart. Fase 2 er første del av svingfasen og starter når tyngdepunktet svinger mindre enn 15 m og frem til portpassering. Fase 3 er fra portpassering til svingsslutt. Fase 4 er avslutningen og er definert til å være fra svingsslutt til ny switch.



Figur 4.7. Faser i svingen.

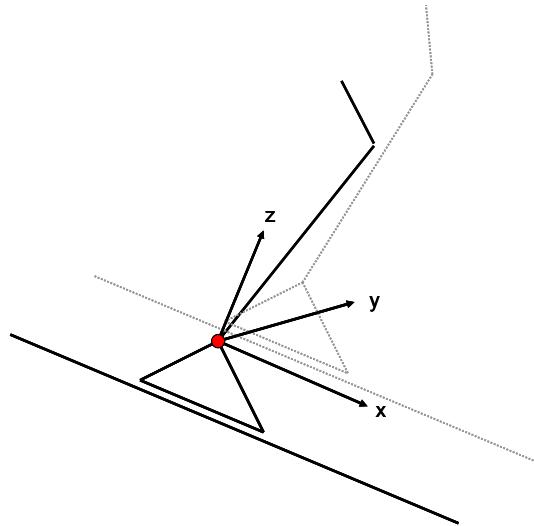
De ulike fasene fra switch til switch gjennom en svingesyklus. Fase 1-initisering, fase 2-sving før portpassering, fase 3-sving etter portpassering, fase 4-avslutning

4.5.9 Frem/bak dynamikk

For å kunne beregne tyngdepunktets frem/bak dynamikk var det nødvendig å ha et referansepunkt. Som beskrevet i kapittel 2.6 har ankelleddsenter blitt brukt i tidligere

undersøkelser. Det ble derfor dannet et local coordinate system (LCS) og ankelleddsender i ytre fot ble valgt som origo. Det ble da i hvert bilde dannet et LCS som vist i figur 4.8. Der LCS X aksen var definert parallelt med skiens lengderetning og snøens plan, LCS Z aksen var definert som normalt til snøens plan og LCS Y aksen var kryss produktet til x og z aksene. Tyngdepunktets bevegelser ble registrert i LCS X dimensjonen.

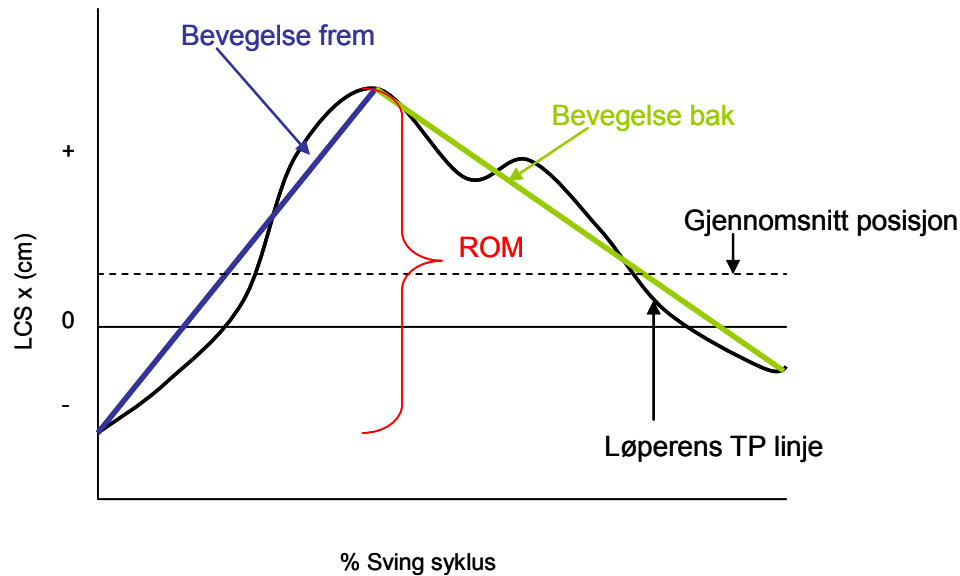
Datamaterialet fra de ulike løperne er tidsnormalisert hver sving for seg. Det vil si 2 svinger, første sving til høyre og andre til venstre. En sving gjelder fra switch til switch som er beskrevet i 4.5.6. Siden det var et lokalt koordinatsystem over ytre ankel, byttet man bein i switchen.



Figur 4.8. Local coordinate system.

Figur med ski, sko og ben som viser lokalt koordinatsystem over ytre ben i en venstre sving.

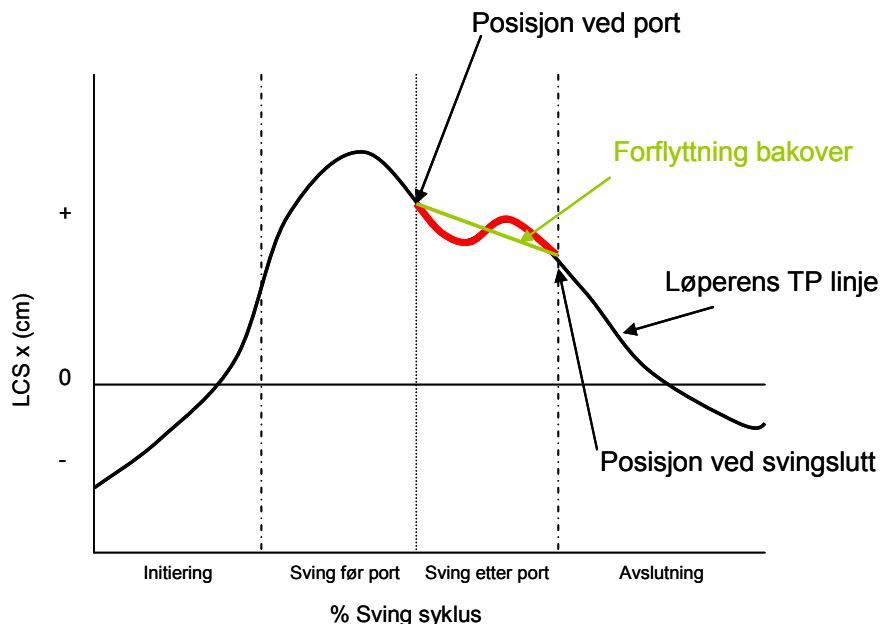
For å se på tyngdepunktets bevegelse i LCS X dimensjonen ble frem bevegelse fra switch til fremste punkt over ankelen i syklusen beregnet. Bak bevegelsen ble beregnet fra fremste punkt til switch som vist i figur 4.9. For å komme frem til ROM (range of motion) ble total frembevegelse lagt sammen med bak bevegelse og delt på to. Det ble også kalkulert en gjennomsnittlig posisjon gjennom syklusen.



Figur 4.9. Beregning av frem/bak bevegelse.

Figur som viser løperens tyngdepunktslinje (svart linje) i LCS X dimensjonen gjennom en svingssyklus. 0 representerer ankelleddssenter, hvor positivtall er foran og negativtall er bak ankelen. Viser også ROM (rød), bevegelse frem (blå) og bak (grønn), gjennomsnitt posisjon (stiplet) ble beregnet gjennom en sving syklus.

Ut i fra definisjonen i kapittel 4.5.5 – 4.5.7 ble svingen delt opp i 4 faser. Det ble da beregnet posisjoner ved start og slutt i hver fase. Eksempel vist i figur 4.10



Figur 4.10. Beregning av frem/bak bevegelse.

Figur som viser løperens tyngdepunktslinje (svart) og fasen sving etter port er fremheve (rød). Markert med hvor forflytning bakover måles, og posisjoner ved port og svingsslutt.

Hver fase hadde i hovedtrekk en frem eller bak bevegelse, med noen unntak. For eksempel dersom løperen i figur 4.10 hadde hatt en frem bevegelse i denne fasen som var lengre fremme enn start punktet, vil det blitt registrert en frem og bak forflytning.

4.6 Statistiske metoder

På alle beregninger ble standardavvik, gjennomsnitt og spredning kalkulert. For å teste hypotesene ble Pearsons partial correlation koeffisient beregnet hvor det ble kontrollert for inngangshastighet. P- verdien ble satt til 0,05.

4.7 Feilkilder

Feilkilder kan deles inn i systematiske og tilfeldige feil. Den hovedsaklige forskjellen mellom disse to er hvordan de påvirker målingene i forhold til hva som er den absolutte sannhet. I denne undersøkelsen er det både systematiske og tilfeldige feilkilder. Dette kapitlet er delt inn i systematiske og tilfeldige feilkilder hvor det belyses hvilke tiltak som er gjort for å unngå feil.

4.7.1 Systematiske feilkilder

Denne type feil er altså feil som forekommer over tid. Noen typer av disse feilene ligger allerede i de tekniske begrensningene til utstyret som benyttes. Den største feilkilden i dette prosjektet er det som kalles perspektivfeil. I og med at man digitaliserer objekter i bevegelse vil punktet som blir digitalisert hele tiden være i bevegelse, enten i en akse eller flere. Dette fører til at det blir særdeles vanskelig, nesten umulig, å digitalisere nøyaktig samme punkt igjennom en sekvens. Dette fordi det blir en romlig forkorting som betyr at det blir en fordreining av objektet når de sees fra en vinkel. For å minimalisere dette kreves det meget god oppløsning på bildene slik at man kan zoome tett inn på objektet. I alpint hvor ting skjer over en relativt lang strekning, vanskeliggjøres dette.

Bruken av teodolitten under innmåling av punktene er en annen kilde til systematiske feil. Momenter som kan spille inn er oppsett, innstilling av teodolitten og innmåling av punkter. Det primære problemområdet under bruk av teodolitten dukker opp når man sikter og skal

måle inn kontrollpunktene eller nullpunkt. Det ble derfor i forkant av forsøket nedlagt et relativt stort arbeid med å definere siktepunkter på en mest mulig entydig måte. Teodolittens nullstilling kunne også bli kilde til feil. På grunn av teodolitten sto på snø kunne teodolittens horisontalstilling og vertikalstilling påvirkes av at snøen kunne smelte. Teodolittens nullstilling ble derfor altså kontrollert etter hvert 5 punkt ved at man målte teodolittens høyde i forhold til et entydig punkt og horisontalstillingen ble kontrollert mot et entydig punkt. I tillegg ble det saltet rundt teodolittens trefot for å gjøre snøen kompakt og fast. Målingene fra teodolitten ble skrevet både for hånd og det ble direkte lastet ned i en målebok. Man kan ikke utelukke at det har forekommet feil i disse prosessene.

Da det gjelder selve kontrollpunktene så ble de lagd av forskningsteamet. Det ble utarbeidet maler for å lage punktene så identiske som mulig, men hvis et punkt for eksempel er større i diameter enn de andre vanskeliggjøres vurderingen av hva som er senter på punktet. Et annet moment som kan påvirke punktenes posisjon er været og snøen. På grunn av at det var sol under opptakene er det mulig at snøen smeltet litt. Denne snøsmeltingen er ikke noe som ble målt, men det ble saltet rundt punktene for å minimalisere denne smeltingen. En annen type systematisk feil er feildigitalisering av kontrollpunkt. Og med det menes hvis man digitaliserer et punkt som et annet enn det faktisk er. For å minimalisere sjansen for dette ble det altså fortløpende lagd et kart over situasjonen og punktene. Videre så ble det systematisk brukt ulike farger på punkter slik at man i etterkant lettere kunne identifisere disse. Det ble også lagd systematiske markeringer i snøen.

4.7.2 Tilfeldige feilkilder

Tilfeldige feil blir et resultat av begrensningene i måleinstrumentet. Man kan si at tilfeldige feil er faktorer man ikke kan kontrollere. Med andre ord vil det alltid være tilfeldige feil. Tilfeldige feil er altså feil som oppstår kun over korte perioder. Det kan for eksempel være seg feildigitalisering av et punkt, men bare i et bilde. For å unngå dette ble det utarbeidet en kvalitetssikring i MatLab og dataene ble filtrert.

Studiets antatt største feilkilde er digitaliseringsprosessen og det er ikke slik at en feil man gjør trenger å enten være systematisk eller tilfeldig. Begge typer feil kan forekomme av de samme grunnene. Så for å minimalisere denne digitaliseringsfeilkilden prøvde man å få dannet seg et så nøyaktig bilde som mulig av de ulike punktene som skulle digitaliseres på

løperen. For å gjøre dette ble det altså brukt bilder av de ulike segmentene og segmentene ble målt på løperne. Det ble brukt bilder av løperne i ulike posisjoner og av skjelett (se bilde 4.6 og 4.7). Dette skapte grunnlaget for den subjektive vurderingen som ble gjort av digitaliseringen av de ulike segmentene. Man kunne i etterkant også sammenligne digitaliserte segmentlengder med målte segmentlengder for å vurdere hvor nøyaktig man hadde vært i digitaliseringen av punktene. Dette ble beregnet og avdekket i MatLab. Digitaliseringsarbeidet av de ulike segmentene ble fordelt i forskningsteamet. På denne måten forholdt den subjektive vurderingen seg relativt lik i denne digitaliseringsprosessen. For å skape en felles plattform for vurdering av ulike punkter, ble det gjennomført treningsomganger hvor forskningsteamet digitaliserte det samme punktet. Videre ble det sammenlignet hvor stor forskjeller det var blitt digitalisert. Dette skapte igjen grunnlag for diskusjon og forståelse av hvordan man skulle definere de ulike punktene som skulle digitaliseres. Men til tross for dette arbeidet med å tydeliggjøre definisjonene av de ulike punktene, så ble det fortsatt en subjektiv vurdering.

4.8 Pilotforsøk

I forkant av forsøkene ble det gjort en rekke pilotforsøk som alle hadde ulike delmål, men hvor hovedmålet var å avdekke så mange potensielle feilkilder som mulig samt at man skulle kunne opptre så effektivt som mulig under selve forsøket. De pilotstudiene som blir beskrevet her er de som ble gjort av hele forskningsteamet samlet. I tillegg ble det gjort et kontinuerlig arbeid på ulike arbeidsoppgaver man skulle ha under forsøket. Dette kapitlet blir delt inn i oppsett/ gjennomføring og digitalisering.

4.8.1 Oppsett/ gjennomføring

- Juvass, Mai 2006

På denne samlingen var første gang det ble gjennomført et komplett pilotforsøk på snø. Det vil si at det ble satt opp kontrollpunkter, timing og filmposisjoner i en SSL løype. Alle innmålinger av avstander ble gjort med målbånd.

I tillegg ble det gjennomført en pilot utenfor bakken der det ble testet ulike kameravinkler og antall kamera. Det ble også testet hvor mange kontrollpunkter og fordelingen av disse punktene rundt det ukjente objektet.

Etter disse testene ble det avdekket at bruk av målbånd ikke var nøyaktig nok og man måtte ha en bedre rutine på innmålinger. I tillegg måtte det lages bedre kontrollpunkter som ville dekke et større område, spesielt i høyden. Plasseringen av disse ble også viktig for å kunne predikere ukjente punkter. Man må ha en fordeling rundt det ukjente punktet, for ved å bare ha en fordeling på en side øker sannsynligheten for større feilmargin (Chen, Armstrong og Raftopoulos, 1994). Dessuten ble plassering av kamera avgjørende, man må som tidligere nevnt minst ha to kamera som dekker området og helst med en vinkel på 90 grader til hverandre. På bakgrunn av uttalelser fra løpere som kjørte gjennom forsøksområdet ble det konkludert med at punktene ikke forstyrret løperne.

- Norges idrettshøgskole, juni 2005

Det ble i juni gjennomført et 2 dimensjonal analyse inne i idrettshallen på NIH. Her ble det laget en 5 m papirbakgrunn med punkter, denne ble hengt opp og en tennis ball ble sluppet langs den vertikale bakgrunnen. Dette for å teste metodens nøyaktighet ved å regne ut ballens akselerasjon hvor man har tyngdekraften som målestokk og for å teste synkronisering av fast kameraer ved å bruke ”software genlock” metoden til Pourcelot (2000).

- Norges idrettshøgskole, august 2005

Ute på friidrettsbanen på NIH ble det igjen testet fordeling og avstand til kontrollpunktene. Dette for å danne seg et klart bilde av hvilken måte kontrollpunktene burde stå for å gi en best mulig dekning av området.

- Norges idrettshøgskole, september 2005

Inne i hallen ble det gjennomført en 2 dimensjonal testing med faste kamera. Det vil si at kamera stod på stativ i låst posisjon. Videre testing av antall kontrollpunkter, posisjonering av kontrollpunkter, antall kameraer og posisjonering av kameraer.

- Norges idrettshøgskole, oktober 2005

Det var en nytt forsøk inne i hallen der det ble brukt kamera som panorerte med objektet som ble sluppet. Dette var en 3 dimensjonal analyse. Her var hovedmålet å teste synkronisering av kameraene (Pourcelot, 2000) med panning kameraer.

- Norges idrettshøskole, desember 2005

I skilek området ved NIH ble det gjennomført en pilot der hovedmålet var å teste teodoliten sammen med fullt oppsett ute i feltet. Reflektor tape ble brukt på kontrollpunkter, men viste seg å fungere dårlig. Derfor ble prisme brukt som reflektor til teodolitten.

- Skeikampen skisenter, januar 2006

Gjennomførte oppsett med kontrollpunkter for å effektivisere arbeidet under forsøket. Det ble også filmet fra forskjellige vinkler for å analysere kamera posisjoner med tanke på fordeling av kontrollpunkter i bilde.

- Grefsen skisenter, februar 2006

I skisenteret ble det gjennomført fullt oppsett med løpere. Her var det ulike momenter som ble testet. Både bruk av kamera og bruk av teodolitt ble testet. Det som ble testet med kameraene var ulike posisjoner for å finne en god løsning med tanke på vinkler kameraene i mellom. For teodolitten var det bruk av ulike reflektorer som igjen ble testet ut. Her var også resultatene noe sprikende for refleksteip, refleks og prisme.

- Hafjell, mars 2006

Fullt oppsett ble satt opp i forkant av datainnsamlingen under WC damer rennet dagen etter. Dette var i hovedsak for å avdekke eventuelle problemer som måtte dukke opp. Det var ganske kaldt, så det var blant annet viktig å kontrollere om dette spilte noen rolle for teodolittens funksjonalitet.

- Hafjell, mars 2006

Fullt oppsett for en 3 dimensjonal analyse ble satt opp og gjennomført under SSL for damer i WC på Hafjell. Dette ble gjort for å kunne kartlegge skiens bevegelser for å kunne kvantifisere skrensing kontra skjær i renn situasjon. Det var meningen at dette skulle være en del av datasettet som skulle danne grunnlag for denne studien, men på grunn av at prosjektets hovedfokus tok en dreining mot spørsmål rundt tyngdepunktet var ikke denne metoden tilstrekkelig. Dette på grunn av at rommet som var kalibrert ikke var høyt nok. Bortsett fra dette var gjennomføringen helt lik. Så her fikk man testet metoden under relativt røffe forhold på grunn av kulden og relativt høy luftfuktighet.

- Tryvann skisenter, mars 2006

Det første oppsettet med kontrollpunkter i ulike høyder for å definere et større volum. Her var det testing av punktene som skulle være i høyden og innmåling av disse som var det primære fokusområdet. Med testing av punktene som skulle være i høyden menes hvor de skulle posisjoneres i forhold til løypa som skulle analyseres slik at volumet ble stort nok og minst mulig forstyrrende.

- Ål skisenter, mars 2006

Fullt oppsett for 3 dimensjonal analyse i to ulike terrengtyper, flatt og bratt. Dette var skitest for det norske WC herrer laget. Denne datainnsamlingen var også ment som grunnlag for undersøkelsen, men på grunn av begrenset utvalg blant forsøkspersonene ble det valgt et tredje forsøk.

- Varingskollen skisenter, april 2006

Datainnsamling, beskrevet i kapittel 5.3.

4.8.2 Digitalisering

- Høst 2005

Det ble digitalisert på de ulike piloter som ble gjennomført. Først og fremst på pilotene som foregikk i hallen på NIH med tennisballer. Dette ga verdifull informasjon om hvordan man burde gå frem for å filme i bakken for å best mulig skape gode forutsetninger for nøyaktig digitalisering. I tillegg ga dette informasjon for hvordan man kunne utvikle og forbedre programmeringsarbeidet i MatLab.

- Vår 2006

I etterkant av datainnsamlingen var det omfattende arbeid rundt det å synkronisere teamet med tanke på hva som var senter av punktene som skulle digitaliseres på kroppen. Her ble det gjennomført uavhengig digitalisering av de samme punktene av forskningsteamet. Dette for å skape et felles diskusjonsgrunnlag og forståelse av hvordan man skulle plassere de ulike punktene. Dette resulterte i større nøyaktighet innad i forskerteamet med tanke på digitalisering.

- Høst 2006

Da det gjaldt de ulike punktene på kroppen til løperne ble det gjort et lignende arbeid for å avdekke ulikheter innad i forskerteamet. I etterkant av undersøkelsen ble lengdene på segmentene på de ulike løperne målt opp. Disse ble brukt for å kvalitetssikre digitaliseringen som ble gjort av ukjente punkter på løperne. Det ved at man kunne sammenligne den digitaliserte avstanden mellom to punkter med den som var målt opp.

5.0 RESULTATER

I dette kapitlet vil resultater på problemstillingene i kapittel 3.0 bli presentert i tabeller og figurer. Det blir lagt frem resultater på prestasjon, metodens nøyaktighet og på frem/bak dynamikk. Disse vil være på gruppen som helhet og på individuelt nivå.

5.1 Prestasjon

Som bakgrunn når man skal se på nærmere på resultatene av de ulike problemstillingene er det viktig å ha prestasjon liggende til grunn. Dette på grunn av at alpint er en idrett hvor det kun er et aspekt som vurderer om det er en god eller dårlig prestasjon. Og det aspektet er tid.

Tabell 5.1. Oversikt over rangering av prestasjon i den analyserte sekvensen

Trial	Tid (sek)	Rank
45	2,05	2
46	2,03	1
47	2,16	6
48	2,09	4
49	2,13	5
55	2,03	1
Gjennomsnitt	2,08	
SD	0,06	
Spredning	0,14	

I tabell 5.1 viser tid brukt fra start til slutt i forsøksområdet (se kapittel 4.2.5). Distansen som ble kjørt var 23,75 meter i GCS X dimensjonen, og forsøkspersonene brukte i snitt 2,08 sek på sekvensen. Det var 0,14 sekunder spredning på gruppen.

5.2 Metodens nøyaktighet

Den totale *root mean square error* (RMSE) for predikering av *non*-CP var 15 mm ($n = 1621$ prediksjoner fra 6 trials). RMSE i X, Y og Z dimensjonene var henholdsvis 9,11 og 5 mm (Reid m.fl. 2007), (se vedlegg 4).

Tabell 5.2. Oversikt over de ulike segmenters pooled standardavvik og antall for alle prediksjoner.

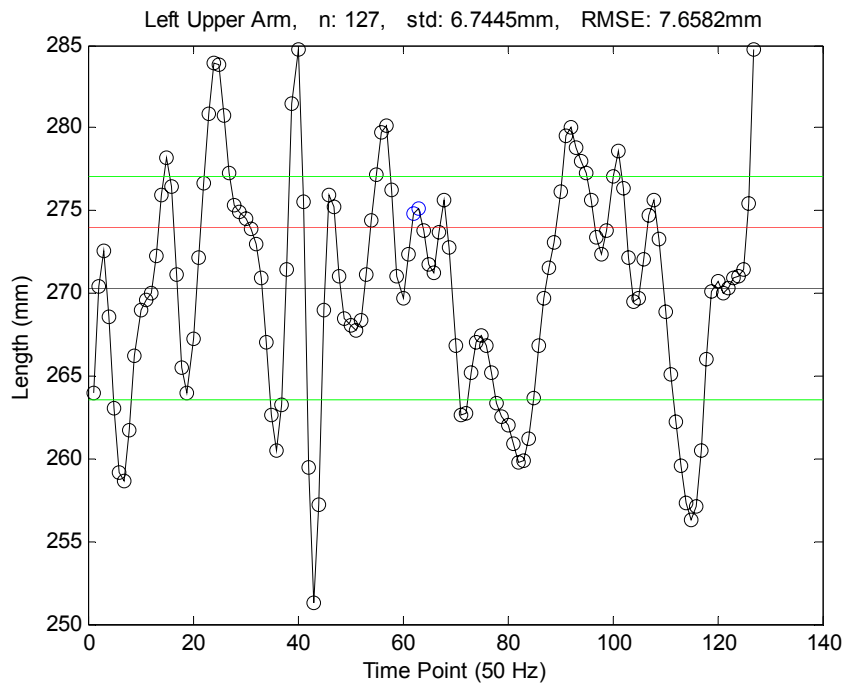
Segment	Pooled SD (mm)	N
Overarm	11,22	1474
Underarm	10,82	1486
Hånd/stav	9,21	1492
Lår	14,16	1492
Legg	11,99	1493
Ski	13,37	1472

I tabell 5.2 ser man en oversikt over de ulike segmenters pooled standardavvik. I denne tabellen er altså de ulike segmenter i de ulike trialene summert opp og analysert.

Tabell 5.3. Oversikt over segmenters RMSE og antall prediksjoner

Segment	RMSE (mm)	N
Overarm	12,46	750
Underarm	12,01	750
Lår	31,33	749
Legg	16,51	749

I tabell 5.3 ser man en oversikt over root mean square error mellom lengden på segmentet som ble digitalisert og den faktiske lengden som ble målt på venstre side av kroppen.



Figur 5.1. Segmentlengde venstre overarm.

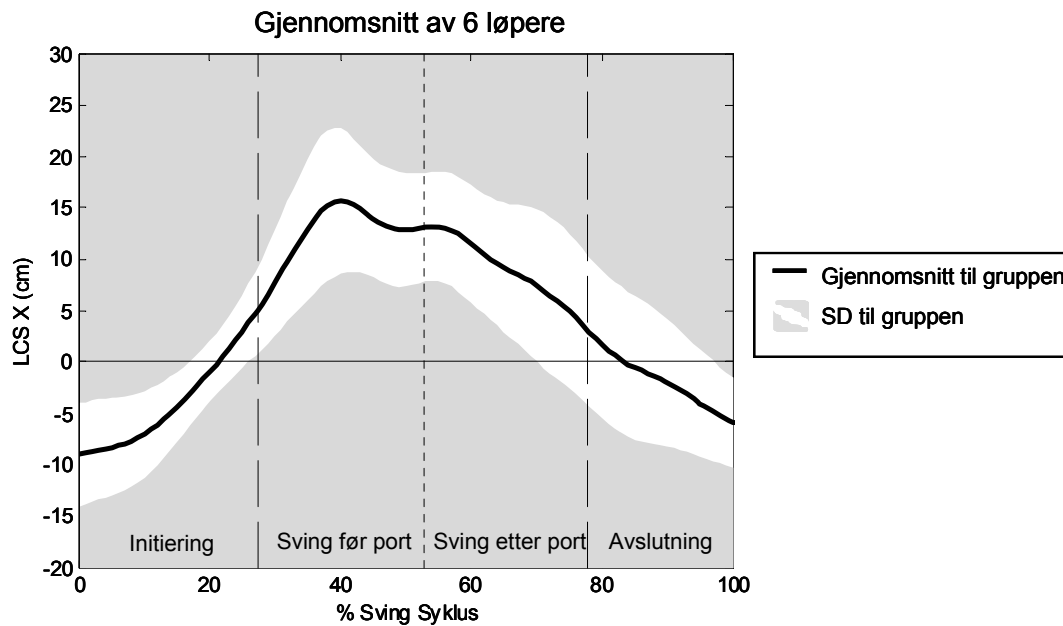
Eksempel på segmentlengde prediksjon av en løpers venstre overarm. Markert med gjennomsnitt (svart), målt segmentlengde (rød) og standardavvik (grønne).

I figur 5.1 ser man et eksempel på hvordan et segment og segmentets standardavvik ble anskueliggjort i MatLab. I figuren så er de grønne linjene standardavviket, den svarte linjen er den gjennomsnittelige lengden av segmentet og den røde linjen er den avstanden som ble målt opp av forskningsteamet på løperen.

5.3 Resultater frem/bak dynamikk

Tabell 5.4 viser ulike deler av frem/bak dynamikken som er kvantifisert. Det innebærer posisjoner ved ulike tidspunkt i svingesyklusen (switch 1 og 2, total frem bevegelse, totale bak bevegelse og range of motion (ROM). For hver trial er dette et gjennomsnitt av to svingesykluser.

Figur 5.2 gir et bilde på denne bevegelsen fra switch til switch. Her er det markert svingstart, portpassering og svingslutt. Figuren viser et gjennomsnitt og standard avvik for de 6 løperne gjennom 2 svinger. Perioden mellom switchene er tidsnormalisert slik at man kan sammenlike de ulike forsøkspersonene.



Figur 5.2. Gjennomsnitt av 6 løpere.

Tyngdepunktets gjennomsnittlige plassering for gruppen gjennom en svingssyklus i LCS X dimensjonen i ulike faser av svingen, markert med standardavvik og tidspunkt for faser.

Tabell 5.4 Gjennomsnitt av 2 svinger.

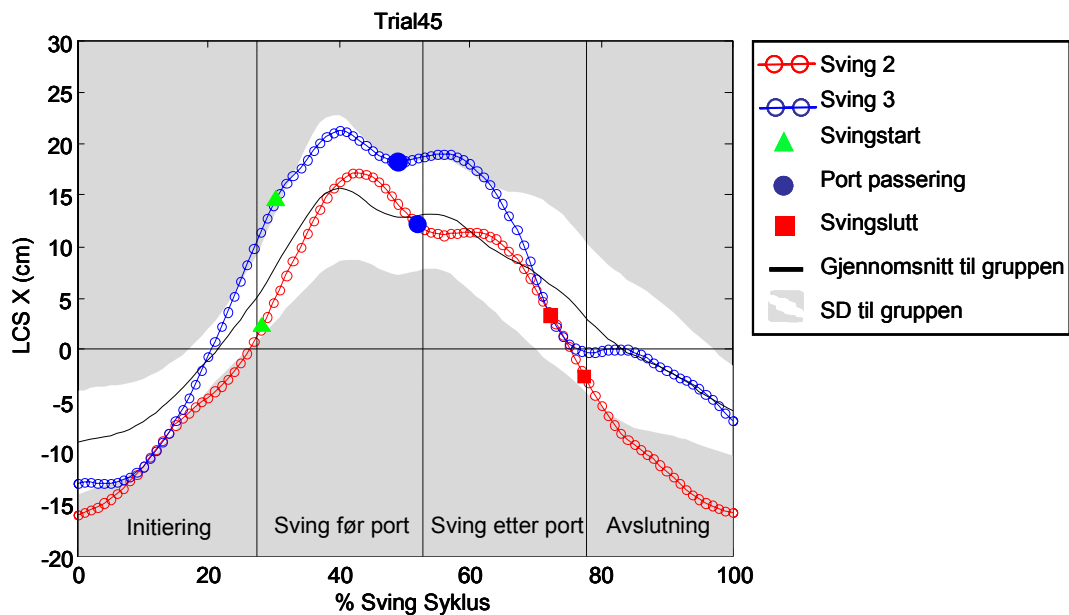
Viser ulike posisjoner (switch 1, port, switch 2, gjennomsnitt) og bevegelse(frem, bak og ROM) av tyngdepunktet i sagittalplanet.

Trial	Tid (sek)	Switch1 Pos (cm)	Port Pos (cm)	Switch2 Pos (cm)	Forflytning Fremover (cm)	Forflytning Bakover (cm)	ROM (cm)	Gjennomsnitt Pos (cm)
45	2,05	-14,5	15,3	-11,4	33,7	-30,6	32,2	2,7
46	2,03	-8,1	9,5	-8,0	24,8	-24,7	24,8	2,1
47	2,16	-5,4	16,2	-2,5	26,8	-24,0	25,4	7,1
48	2,09	-6,9	9,8	-3,9	18,9	-15,9	17,4	3,4
49	2,13	-6,6	13,7	-4,1	28,7	-26,3	27,5	7,1
55	2,03	-12,6	11,6	-5,6	26,9	-19,9	23,4	0,8
Gjennomsnitt	2,08	-9,0	12,7	-5,9	26,7	-23,6	25,1	3,9
SD	0,05	3,7	2,8	3,2	4,8	5,1	4,9	2,6
Spredning	0,13	9,1	6,7	8,8	14,8	14,7	14,8	6,3
n	6	6	6	6	6	6	6	6

Under følger figurer over hver enkelts løper bevegelse i sagittalplanet vist i to svinger.

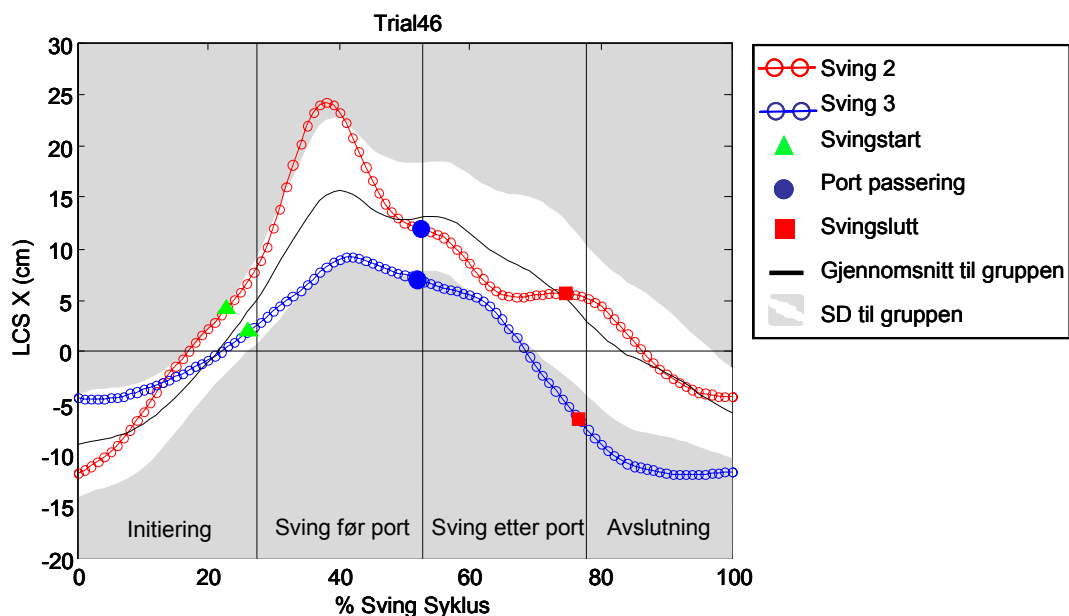
Perioden mellom switchene er tidsnormalisert slik at man sammenlike de ulike

løperne.



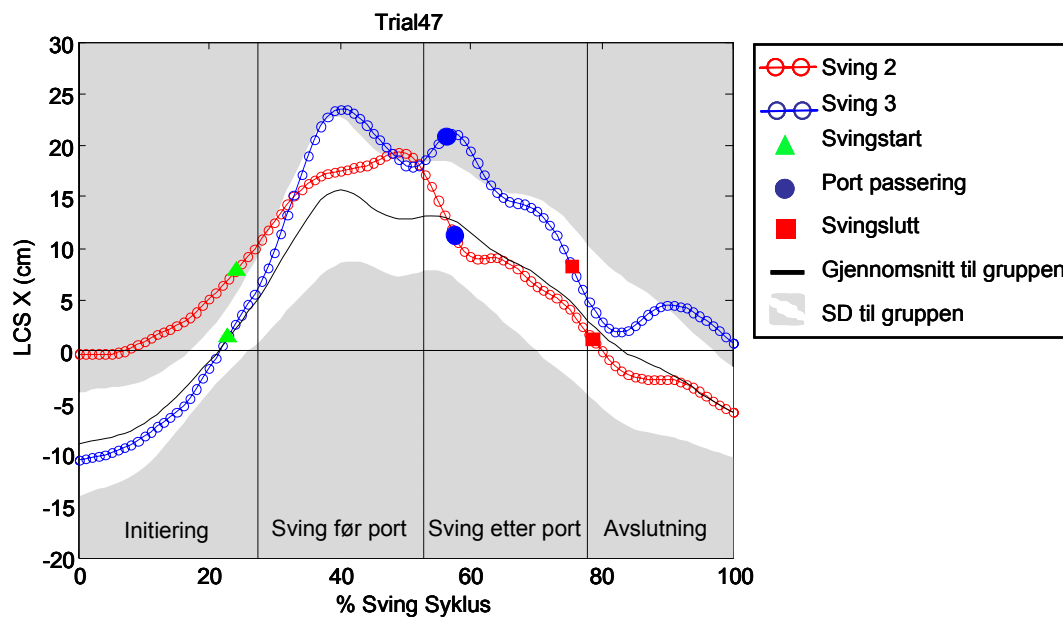
Figur 5.3. Trial 45

Trial 45 sin bevegelse av tyngdepunktet i LCS X dimensjonen gjennom to svinger med markering for ulike faser og med gjennomsnitt og standardavvik for gruppen.



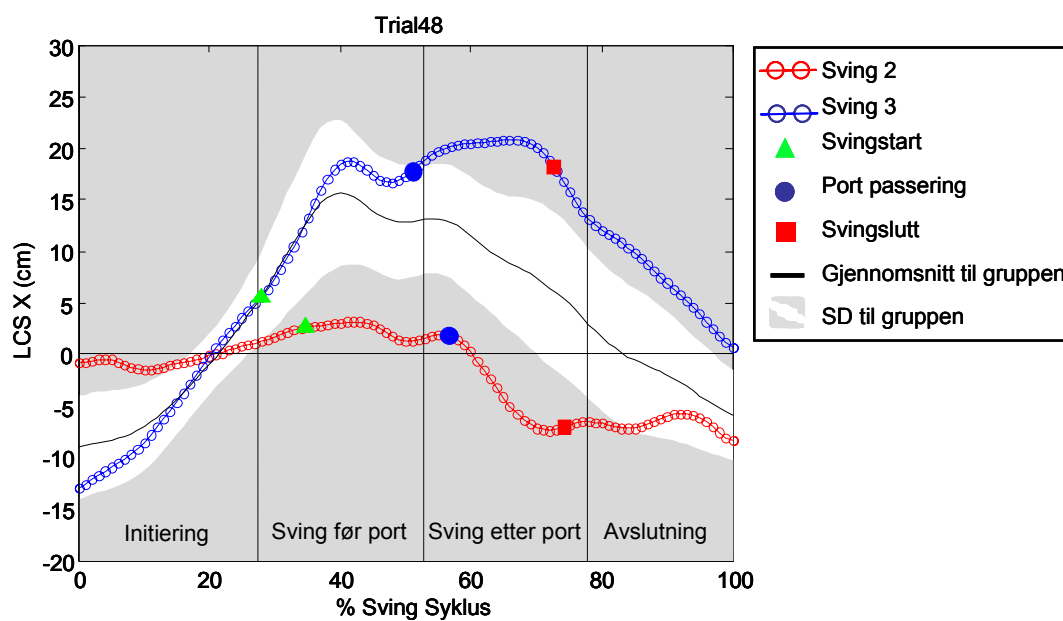
Figur 5.4. Trial 46

Trial 46 sin bevegelse av tyngdepunktet i LCS X dimensjonen gjennom to svinger med markering for ulike faser og med gjennomsnitt og standardavvik for gruppen.



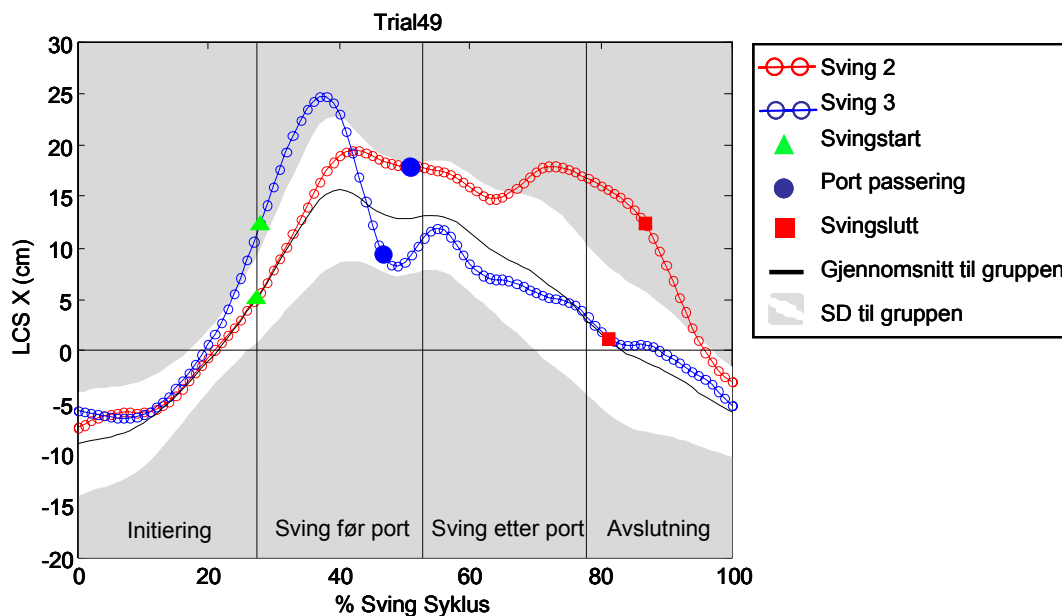
Figur 5.5. Trial 47.

Trial 47 sin bevegelse av tyngdepunktet i LCS X dimensjonen gjennom to svinger med markering for ulike faser og med gjennomsnitt og standardavvik for gruppen.



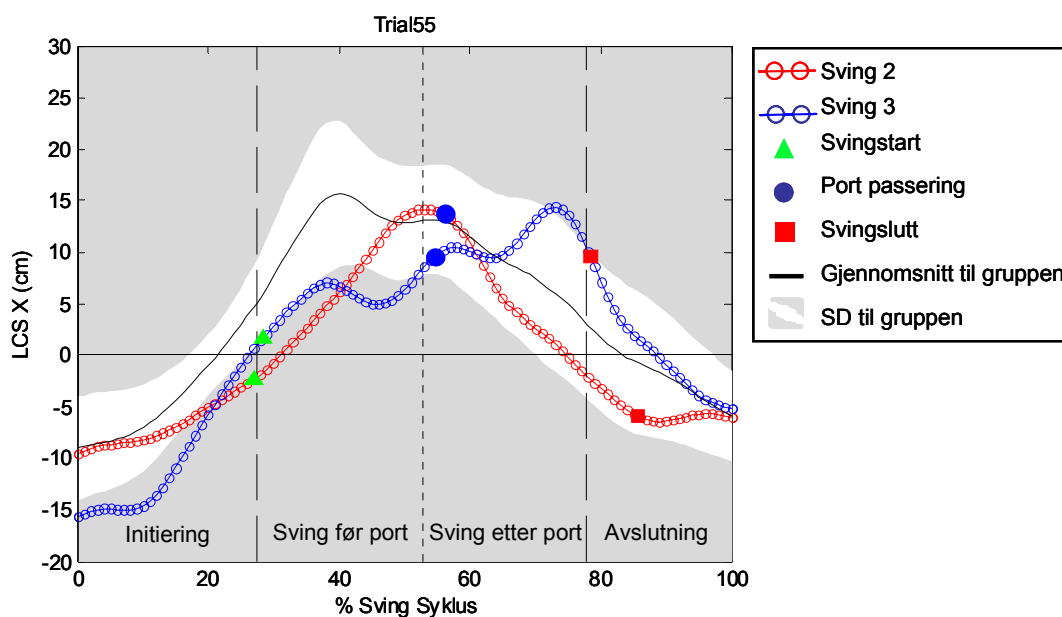
Figur 5.6. Trial 48

Trial 48 sin bevegelse av tyngdepunktet i LCS X dimensjonen gjennom to svinger med markering for ulike faser og med gjennomsnitt og standardavvik for gruppen.



Figur 5.7. Trial 49.

Trial 49 sin bevegelse av tyngdepunktet i LCS X dimensjonen gjennom to svinger med markering for ulike faser og med gjennomsnitt og standardavvik for gruppen.



Figur 5.8. Trial 55.

Trial 55 sin bevegelse av tyngdepunktet i LCS X dimensjonen gjennom to svinger med markering for ulike faser og med gjennomsnitt og standardavvik for gruppen.

Under finner man tabeller med tyngdepunktets bevegelser og posisjoner som man har sett i figurene over. Det er delt opp i faser beskrevet i kapittel 4.5.8.

Tabell 5.5 Total bevegelse og posisjoner i switch - start sving.

Trial	Tid (sek)	FASE 1 - INITIERING			
		Switch1 Pos (cm)	Svingstart Pos (cm)	Forflytning Fremover (cm)	Forflytning Bakover (cm)
45	2,05	-14,5	8,4	22,8	0,0
46	2,03	-8,1	3,1	11,2	0,0
47	2,16	-5,4	4,6	10,0	0,0
48	2,09	-6,9	4,1	11,0	0,0
49	2,13	-6,6	8,7	15,3	0,0
55	2,03	-12,6	-0,4	12,2	0,0
Gjennomsnitt	2,08	-9,0	4,7	13,7	0,0
SD	0,05	3,7	3,4	4,8	0,0
Spredning	0,13	9,1	9,1	12,8	0,0
n	6	6	6	6	6

Tabell 5.6 Total bevegelse og posisjoner i start sving – port.

Trial	Tid (sek)	FASE 2 – SVING FØR PORT			
		Svingstart Pos (cm)	Port Pos (cm)	Forflytning Fremover (cm)	Forflytning Bakover (cm)
45	2,05	8,4	15,3	10,9	-4,0
46	2,03	3,1	9,5	13,6	-7,2
47	2,16	4,6	16,2	16,8	-5,2
48	2,09	4,1	9,8	6,9	-1,1
49	2,13	8,7	13,7	13,4	-8,4
55	2,03	-0,4	11,6	12,3	-0,2
Gjennomsnitt	2,08	4,7	12,7	12,3	-4,4
SD	0,05	3,4	2,8	3,3	3,3
Spredning	0,13	9,1	6,7	9,9	8,2
n	6	6	6	6	6

Tabell 5.7 Total bevegelse og posisjoner mellom port – utgang sving.

FASE 3 – SVING ETTER PORT					
Trial	Tid (sek)	Port Pos (cm)	Svingslutt Pos (cm)	Forflytning Fremover (cm)	Forflytning Bakover (cm)
45	2,05	15,3	0,4	0,3	-15,2
46	2,03	9,5	-0,4	0,0	-10,0
47	2,16	16,2	4,7	0,1	-11,7
48	2,09	9,8	5,6	1,5	-5,8
49	2,13	13,7	6,8	1,2	-8,2
55	2,03	11,6	1,8	2,4	-12,2
Gjennomsnitt	2,08	12,7	3,1	0,9	-10,5
SD	0,05	2,8	2,9	0,9	3,3
Spredning	0,13	6,7	7,2	2,4	9,4
n	6	6	6	6	6

Tabell 5.8 Total bevegelse og posisjoner i utgang sving – switch.

FASE 4 - AVSLUTNING					
Trial	Tid (sek)	Svingslutt (cm)	Switch2 Pos (cm)	Forflytning Fremover (cm)	Forflytning Bakover (cm)
45	2,05	0,4	-11,4	0,0	-11,7
46	2,03	-0,4	-8,0	0,0	-7,5
47	2,16	4,7	-2,5	0,0	-7,2
48	2,09	5,5	-3,9	0,7	-10,1
49	2,13	6,7	-4,1	0,0	-10,9
55	2,03	1,8	-5,6	0,1	-7,5
Gjennomsnitt	2,08	3,1	-5,9	0,1	-9,2
SD	0,05	2,9	3,2	0,3	2,0
Spredning	0,13	7,2	8,8	0,7	4,6
n	6	6	6	6	6

5.5 Tyngdepunktets forflytning og plassering sett opp mot prestasjon

Tabell 5.9 Total bevegelse og posisjoner i ulike deler av svingen korrelert mot prestasjon.

	Switch1 Pos (cm)	Svingstart Pos (cm)	Port Pos (cm)	Svingslutt Pos (cm)	Switch2 Pos (cm)	Forflytning Fremover (cm)	Forflytning Bakover (cm)	ROM (cm)	Gjennomsnitt Pos (cm)
Partial									
r	0,62	0,65	0,80	0,75	0,59	0,63	-0,83	0,79	0,98
P	0,27	0,24	0,11	0,14	0,29	0,26	0,08	0,11	0,003*

*Signifikant, $p < 0,05$

Tabell 5.9 viser korrelasjon mellom tid og switch 1 (inngang), posisjon ved svingstart, portpassering, svingslutt og switch 2 (utgang). I tillegg er tiden korrelert med total forflytning fremover og bakover, ROM og gjennomsnittsposisjon. Det er en signifikant positiv korrelasjon mellom gjennomsnittsposisjon og prestasjon.

6.0 DISKUSJON

Diskusjon kapitelet vil følge rekkefølgen som problemstillingene ble tatt opp. Det vil da være del kapitel til de ulike spørsmålene, og til slutt en oppsummering. Dette kapitelet er ment som et bidrag og grunnlag for videre diskusjon.

6.1 Prestasjon

Differansen mellom den beste og dårligste kan beskrives som relativt stor. 0,14 sekunder kunne like gjerne vært avstanden mellom løpere som kjører en full SL løype. Man ser at gruppen skiller seg i to deler ut fra målingene som ble gjort på prestasjon. Mellom de tre beste skiller det 0,02 sekunder, mens de resterende løperne fordeler seg bak disse. Forklaringen til dette må undersøkes videre.

De ytre forholdene var relativt like ut fra en subjektiv vurdering som ble gjort underveis. Allikevel skilte trial 55 seg ut i dette prosjektet. En forklaring til dette kan være at dette forsøket ble kjørt ca. 10 minutter senere enn de andre, og var tur nummer 12 i denne løypen. Hvilket kan bety at det sporet var noe mer oppkjørt og snøen ikke var like motstandsdyktig, allikevel var løperen blant topp 3 i utvalget.

6.2 Metodens nøyaktighet

For å beregne RMSE ble altså 500 serien av kontrollpunktene brukt siden disse lå i området der løperen befant seg. Feilmarginene i de 3 ulike dimensjoner er for denne undersøkelsen betydelig lavere enn tidligere rapportert (RMSE i X, Y og Z dimensjonene var henholdsvis 9,11 og 5 mm. Se vedlegg 4.). Nachbauer m. fl (1996) rapporterte større feilmargin i sin undersøkelse, det kan være flere ulike grunner til det. En grunn kan være at de brukte 2 kamera som var plassert på samme side av forsøksfeltet, og at vinkelen mellom disse da ble dårlig når de brukte et kontrollpunkt øverst i feltet for å sjekke feilkilden. Som tidligere beskrevet er en optimal vinkel mellom to kameraer ca 90° (Shapiro, 1978; Wood og Marshall, 1986). Hvilken dimensjon som blir påvirket hvis denne vinkelen er mindre kan være avhengig av om kameraene peker samme vei eller om de peker rett mot hverandre. For å komme lavere ned på denne feilmarginen måtte en nok bruke dyrere kamera med bedre oppløsning eller ha flere kameraer slik at man til enhver tid har god vinkel mellom minst 2 kameraer. Som man kan se i tabellene 5.4 – 5.8 er standardavvikene på de ulike karakteristikkene til tyngdepunktet

betraktelig større enn 15 mm. Med unntak av forflytning fremover etter portpassering og til avslutning, her er det enkelte forsøkspersoner som har noe forflytning fremover. Tallene for feilmargin i de 3 ulike dimensjoner antas allikevel til å være tilfredsstillende for denne undersøkelsen.

Når det gjelder segmentlengder er det et poeng at det ikke ble brukt markører på de ulike leddsentrene. Det er dessuten ikke sikkert at feilmarginen hadde blitt mindre med markører ettersom disse hadde vært eksponert for muligheten for å bli revet av, og muligens at dressen ville endre plass på kroppen som ville ført til at punktene forflyttet seg. Men en eller annen form for markering hadde vært bra, dersom dette ikke hadde forstyrret løperne. Som man ser av resultatene i tabell 5.1 var hånd/stav relativt enkle å definere og derfor lavt standard avvik. Mens lårsegmentet var vanskelig å definere, og da spesielt hofteleddsenter. Tabell 5.2 viser altså hvor stort avvik det har blitt digitalisert med i forhold til lengden som ble målt opp av forskningsteamet. Lårsegmentet hadde den største RMSE på 3,1 cm og ut i fra dataene kan man se at dette er fortrinnsvis digitalisert som for kort lengde, mens leggsegmentet var digitalisert for langt. Det vil være avvik i disse plottene, men i samlett sum spiller det ikke så stor rolle for utregning av tyngdepunktet. Men man kan på bakgrunn av disse tallene anta at feilmarginen for segmentlengdeprediksjon er tilfredsstillende.

Som figur 5.1 viser er det både systematiske og usystematiske variasjoner i segmentlengdeprediksjoner over tid. Slik informasjon ble brukt som tilbakemelding under digitaliseringen for å minimalisere feilplotting. Det var ikke alle segmenters plotting som så slik ut, men all data ble kontrollsjekket med utgangspunkt i disse variasjonene for å oppdage eventuelle avvik. Gjennom denne metoden prøvde man å minimalisere de systematiske feilkildene slik at man det var kun usystematiske feilkilder igjen.

6.3 Beskrivelse av frem/bak dynamikk

I denne oppgaven blir tyngdepunktets bevegelse beskrevet og som nevnt i kapittel 4.5.9 er ankelleddsenter referansepunkt. Det er viktig å poengtere at selv om man beskriver at tyngdepunktet beveger seg frem eller tilbake betyr ikke det at forsøkspersoner har en aktiv bevegelse av tyngdepunktet. Siden man har liten friksjon mellom ski og snø så er det også mulig at løperen beveger beina i forhold til tyngdepunktet. I denne oppgaven er det kun den relative bevegelse mellom tyngdepunktet og ytre ankel ledd senter som er målt og beskrevet

så det ikke er mulig å differensiere om det er tyngdepunktet som beveger seg eller ankene. Fra en coaching perspektiv, så er fokuset ofte mer på forflytting av beina/ankene (personlig samtale, Wojtaszek, Rognmo og Gamper). Dette må tas i betraktning når det videre i oppgaven vil være en beskrivelse av tyngdepunktets bevegelse.

I figur 5.2 ser man en fremstilling av hvordan løperne beveger seg gjennom en svingsyklus. Det er en jevn fremoverføring av tyngdepunktet som starter fra overgangen mellom to svinger. Utgangspunktet for utvalget er da bak ankelleddsenter og når sitt toppunkt før portpassering. I fasen rundt porten ser man en tendens til stabilisering av bevegelsen i sagitalplanet. Etter at porten er passert ser man en bakover bevegelse av tyngdepunktet som ender opp bak ankelen. Denne kurven passer sammen med LeMaster (1999) sin beskrivelse av tyngdepunktsbevegelsen i sagitalplanet. Det er viktig å merke seg at man ikke ser noen statisk plassering av tyngdepunktet gjennom svingsyklusen. Man kan også legge merke til at standardavviket er mindre i fasen hvor tyngdepunktet beveger seg fremover. Det er en relativ bratt kurve som tyder på at dette er en rask forflytting av tyngdepunktet med ankelen som referansepunkt. Grunnen til det kan være at tyngdepunktet "tar igjen" utstyret fordi tyngdepunktet går i en kortere bane. Like før portpassering er den en gradvis forflytting bakover av tyngdepunktet. Denne kurven er ikke så bratt som i inngangen til svingen og man ser et større standardavvik på gruppen. Ut fra denne figuren ser løperne relativt like ut frem til midten av fase 2. Herfra og ut tyder det på at det er ulike løsninger blant forsøkspersonene.

I tabell 5.4 er det kvantifisert ulike posisjoner og bevegelser ($\pm$ SD) gjennom en svingsyklus. I den første switchen er tyngdepunktet i gjennomsnitt plassert $9,0 \pm 3,7$ cm bak ankelen. Man ser at de tre raskeste (trial 45, 46 og 55) er de som er lengst bak. Spesielt 45 og 55 som er nesten dobbelt så langt bak som trial 47, 48 og 49. Ved portpassering har gruppen i gjennomsnitt plassert tyngdepunktet $12,7 \pm 2,8$ cm foran ankelleddsenter. Det er noe mindre spredning på gruppen i denne posisjonen. I overgangen til neste sving ligger igjen tyngdepunktet plassert bak ankelen. Totalt forflytter gruppen tyngdepunktet $26,7 \pm 4,8$ cm fremover og $23,6 \pm 5,1$ cm bakover. Dette gir en ROM på $25,1 \pm 4,9$ cm og en gjennomsnittlig tyngdepunktplassering $3,9 \pm 2,6$ cm foran ankelen. Det er en relativ stor bevegelse som skjer over ankelen i x-dimensjonen. Dersom man legger sammen frem og bak bevegelse ser man at løperen med mest bevegelse har forflyttet tyngdepunktet i overkant av 63 cm. Noe som er betydelig når dette forgår på en 165 cm lang ski i en situasjon som varer i overkant av 1

sekund. Også løperen med minst bevegelse har over 30 cm frem/bak forflytning, dermed kan det ikke kalles en statisk posisjon enten man har mye eller lite bevegelse.

Schiefermüller m. fl (2005) brukte ankelen på indre fot brukt som null punkt i initieringsfasen og ytre fot i styringsfasen., og derfor kan man ikke sammenlikne disse resultatene direkte. Allikevel kan man finne masse mønster i bevegelsesbanen, mens utvalget i denne studien viser en større forflytning og litt annen plassering. Denne undersøkelsen bruker som sagt ankelen på ytre bein. Det kan bety at dersom man kjører man kjører med mye bakfot, vil tyngdepunktet sannsynligvis ligge langt fremme over ytre ankel. Det er da grunn til å tro at en ikke får utnyttet skienes egenskaper like godt på ytre fot. Fordi man da kan stå i en posisjon der hoften er dreid inn mot porten og som kan føre til at man blir stående på indre ski. Og dermed er ikke ytre ski fullt belastet. Det er ulike meninger om trykkfordeling på indre og ytre ski gjennom en sving, men dette vil ikke bli tatt opp videre i denne oppgaven ettersom det ligger utenfor undersøkelsesområdet. Allikevel må man ta dette i betraktning når en videre vurderer frem/bak balanse.

Når man ser hver løper for seg finner man store variasjoner hvordan de bruker frem/bak dynamikk. Trial 45 og 46 er relativt like i sin bevegelse. Man ser en bratt kurve som starter når ca 90 % av svingen gjenstår. Dette kan tyde på at det er en hurtig fremføring av tyngdepunktet, denne bevegelsen når sitt toppunkt før portpassering. Disse to er med på å heve snittet for hvor langt fremme utvalget er over ankelen. Trial 55 skiller seg ut fra gruppen ved at denne løperen starter i switchen lengre bak og beveger seg ikke er like langt frem over ankelen. Toppunktet på frem bevegelsen er senere i svingssyklusen enn resten av gruppen. Men det viktig å merke seg at denne løperen ikke er like langt framme. Og kurven er ikke like bratte som 45 og 46 hvilken kan bety at det en roligere bevegelse. De tre raskeste i utvalget har en relativt lik kurve i begge svinger. De med dårligere prestasjon viser noe mer variasjon fra sving til sving, de har også plassert tyngdepunktet lengre fremme fra porten til ny overgang.

I initieringsfasen karakteriseres ved at tyngdepunktet starter bak ankelen og ender $4,7 \pm 3,4$ cm foran senter av ankelen. Det betyr at det er en bevegelse fremover på $13,7 \pm 4,8$ cm. I fase sving før port ser man at utvalget forflytter tyngdepunktet både frem og tilbake. Men har i snitt en posisjon som er lengre fremme ved slutten av fasen enn ved starten. Fase 3 og 4 kjennetegnes ved at det er ubetydelig forflytning fremover, mens forflytning bakover er på

henholdsvis 10,5 og 9,2 cm. Når en ser på de fem ulike posisjonene hvor tyngdepunktets plassering er målt, finner en ved svingslutt den nærmeste plassering til ankelleddsenter. Posisjonen ligger $3,1 \pm 2,9$ cm foran senter.

6.4 Sammenhenger mellom tyngdepunktets forflytning og plassering sett opp mot prestasjon

Tyngdepunktets forflytning og posisjon er blitt korrelert mot prestasjon. I de ulike posisjoner finner man ikke signifikante korrelasjoner. Men posisjon ved port og svingslutt viker å være mer utslagsgivende for prestasjonen enn posisjon ved switch og svingstart. Det er ulikt hvor mye løpere beveger seg frem bak gjennom en sving syklus. Forflytning bakover viser en negativ tendens, det vil si at løpere med større bak bevegelse muligens vil få en bedre prestasjon. Det er ikke ut til at det er en klar sammenhenger mellom stor ROM og prestasjon.

Tabell 5.9 viser imidlertid en sterk korrelasjon mellom gjennomsnittlig tyngdepunkt posisjon gjennom syklusen og prestasjon. Den viser at løpere som ligger nærmere ankelleddsenter har en bedre prestasjon. Samtidig er det viktig å understreke at det ikke ser ut som at det er en statisk posisjon rundt ankelleddsenter, men totalt ligger posisjonen mer sentrert rundt ankelen. Alle svinger viser at løperne kun er innom og passerer fordi dette punktet. Det kan være en forklaring at ved å være nærmere senter får en utnyttet skien bedre. Men det er trolig ikke slik at jo lengre bak en er, desto bedre er det. Men størrelsen på dette utvalget er ikke stort nok til å fange opp hvor nærme senter, eventuelt hvor langt bak ankelen det vil være ugunstig å ha tyngdepunktet gjennomsnittlig plassert.

6.5 Oppsummerende diskusjon

Ut fra denne undersøkelsen kan man ikke si at det er en liten bevegelse som skjer i sagitalplanet. Det er en betydelig balansegang som skjer over et kort tidsrom. Og studien viser at frem/bak bevegelse kan ha innvirking på prestasjonen. Har denne informasjonen noen praktisk nytte? Siden skiene går en lengre bane enn tyngdepunktet må man aktivt søke fremover dersom man ønsker å ha en midtposisjon over skiene. Dette kan virke ugunstig på flere måter fordi man da vil ha mer trykk fremme på skien mot utgangen av svingen som gjør at en svinger mer i fasen hvor de bremsende kreftene er størst. Dette kan igjen føre til at kroppen roterer med i svingen og gjøre inngang i neste sving vanskelig. Så lenge en

opprettholder snøkontakt kan det virke gunstig å la tyngdepunktet være bak ankelen i utgangen av svingen fordi tyngdepunktet vil ta igjen utstyret inn mot neste sving. Samtidig som det ikke er en aktiv bevegelse bakover som vil resultere i en ugunstig bakvekt. Trolig vil bukstyrke til løperen være avgjørende for å kunne kjøre med en kontrollert overkropp. En måte å tenke frem/bak dynamikk er å ha tyngdepunktet som en stabil faktor som man beveger føttene under og sørger for likevekt.

6.6 Veien videre

Man ser ulike løsninger blant forsøkspersonene i frem/bak dynamikken. En påstand som kan undersøkes videre er om trial 45 og 46 kjører mer skrensende i fase 2 av svingen ettersom tyngdepunktet er lengre fremme enn i trial 55. Ved å ikke være så langt fremme er det en mulighet for at sistnevnte kjører en mer skjærende bue fordi belastningen trolig er mer jevnt fordelt langs hele skien.

Det ble ikke gjort målinger på utstyret forsøkspersonene brukte. Konkurranses utstyr ble brukt, derfor antas det at alle kjørte på materiale i henhold til reglementet. Det hadde allikevel vært av interesse å undersøke den enkeltes innsving og lengdestivhet på ski, oppbygning av plater, ramp angle, vinkling av støvelskaft, stivhet på støvler osv. Dette er faktorer som kan ha innvirkning på frem/bak bevegelsen og kan gi en bedre forståelse av hvorfor løperne beveger seg slik de gjør.

Å bare se på frem/bak bevegelsen er en isolering av teknikken. Derfor må en se dette i sammenheng med andre variabler. I dette prosjektet har det blitt reist ulike problemstillinger og ved å knytte sammen disse kan man få en mer helhetlig forståelse. Man finner for eksempel en signifikant korrelasjon mellom tyngdepunktets bevegelse i GCS Z dimensjonen og prestasjon (Vedlegg 6). Dette kan ha betydning for hvordan tyngdepunktet plasseres i sagittalplanet. Når mye bevegelse i vertikal dimensjonen kan ha negativ innvirkning på prestasjon kan en effektiv løsning være å flytte beina under kroppen, istedenfor å oppavlaste skiene med en strekk bevegelse i beina. Som vist i kapittel 2.4 vil også momentet fra luftmotstanden øke ved å ha en stor flate eksponert, noe som kan skje ved en vertikal bevegelse.

Det hadde også vært interessant å se på frem/bak bevegelsen i ulike løyper, terreng og underlag. Man har også 3 andre disipliner som kan undersøkes for å se om man finner forskjeller eller likheter i de ulike grenene. Dersom en skal utføre liknede forsøk bør det føres en logg som omfatter målinger av ytre forhold som kan være med på å påvirke forsøket. Eksempel på dette er å måle temperatur og fuktighet i snø og luft.

En bakdel med metoden som er brukt i denne oppgaven er at den er særdeles tidkrevende. Samtidig som det er den eneste aktuelle metoden i dag. En kan undersøke videre om nøyaktigheten blir like god dersom man ikke har en like hyppig kalibrering som annethvert bilde, hvilket ville redusert arbeidsmengden betraktelig. Det ble også i gjennomsnitt brukt 29 punkter i hvert bilde i kalibreringsprosessen (Vedlegg 4), det kan også tenkes at dette er unødvendig mange punkter. Som nevnt tidligere hadde en eller annen form for markering på leddsender gjort digitalisering enklere, derfor må dette undersøkes videre.

Ved å bruke flere kamera kunne en fått bedre dekning av forsøksfeltet. Ved å ha et kamera som filmet forfra/ovenfra kunne en trolig redusert feilkilden i GCS Y aksen fordi en da kunne sikret god vinkel mellom kameraene. En kunne også benyttet seg av fikserte kamera i kombinasjon med kamera som panorerte, da hadde det ikke vært nødvendig med et like omfattende kalibreringsarbeid.

Metoden er i dag ikke et verktøy som trenere kan benytte seg av i det daglige trenerarbeidet på grunn av at den er for tidkrevende. Som nevnt kan en se på om metoden kan gjøres mer effektiv og på den måten gjøres mer brukervennlig. Trolig vil en i fremtiden få sensorer som kan festes til løperen slik at en kan få nøyaktige nok målinger på problemområder som er tatt opp i dette prosjektet. Slikt utstyr vil nok være kostbart men et verdifullt verktøy for trenere og løpere. Denne og likende studier kan da vise mulighetene ved slike undersøkelser før går til anskaffelse av dyrt utstyr.

7.0 KONKLUSJON

1) Er en 3 dimensjonal kinematisk analyse i feltet nøyaktig nok til å si noe om egenskaper av tyngdepunktets bane?

Med bakgrunn i de resultatene som kom frem kan det peke i retning av at en 3 dimensjonal kinematisk analyse, slik den er gjennomført i denne studien, er nøyaktig nok til å vurdere de momentene som er beskrevet i denne besvarelsen.

2) Hva karakteriserer tyngdepunktets bevegelse og posisjon i sagitalplanet i forhold til ankelleddsenter gjennom en SL svingsyklus?

Tyngdepunktets bevegelse og plassering er blitt kvantifisert i ulike deler av svingen. Man ser at tyngdepunktet ligger plassert bak ankelen i overgangen mellom to svinger og beveger seg fremover. Før portpassering beveger tyngdepunktet seg bakover og ender opp bak ankelen. Det er spredning blant utvalget, samtidig som man ser likhetstrekk spesielt frem til portpassering.

3) Er det noen sammenheng mellom tyngdepunktets ROM i sagitalplanet over ankelleddsenter og prestasjon?

Det var forventet at løpere med stor ROM ville ha bedre prestasjoner. Tanken bak det var at disse utnyttet skien bedre. Denne undersøkelsen har ikke kunnet avdekket noe signifikant forhold mellom ROM og prestasjon. En kan se en tendens til at ROM har en innvirkning på prestasjonen, men man kan ikke på bakgrunn av resultatene forkaste noen av hypotesene.

H^1 : det er en signifikant og positiv korrelasjon mellom tyngdepunktets ROM og prestasjon.

H^0 : det er ikke en signifikant og positiv korrelasjon mellom tyngdepunktets ROM og prestasjon.

4) Er det noen sammenheng mellom tyngdepunktets forflytting frem/bak i sagitalplanet og prestasjon?

Ettersom de bremsende kreftene er størst fra fallinjen og frem mot overgangen var det forventet å finne en sammenheng mellom bak bevegelse og prestasjon. Denne undersøkelsen har delt opp bevegelsen i en frem og en bak bevegelse. Det er en sterkere korrelasjon på at bak bevegelsen har innvirkning på prestasjonen. Den er allikevel ikke signifikant, og dermed kan ikke noen av hypotesene forkastes.

H^1 : det er en signifikant og positiv korrelasjon mellom tyngdepunktets forflytning og prestasjon.

H^0 : det er ikke en signifikant og positiv korrelasjon mellom tyngdepunktets forflytning og prestasjon.

5) Er det noen sammenheng mellom tyngdepunktets gjennomsnittsposisjon i sagitalplanet og prestasjon?"

Selv om det er en bevegelse som skjer i sagitalplanet, kan en gjennomsnitt posisjon si noe om hvor tyngdepunktet er plassert i snitt over en periode. Det er i denne undersøkelsen avdekket et signifikant forhold mellom gjennomsnittsposisjon og prestasjon i denne undersøkelsen.

Derfor er det mulig å forkaste H^0 . De raskeste i denne undersøkelsen hadde en gjennomsnittlig plassering nærmere ankelleddsenter. Det er viktig å poengtere at det ikke er en test av årsak – effekt.

H^1 : det er en signifikant og positiv korrelasjon mellom tyngdepunktets gjennomsnittsposisjon og prestasjon.

H^0 : det er ikke en signifikant og positiv korrelasjon mellom tyngdepunktets gjennomsnittsposisjon og prestasjon.

6) Er det noen sammenheng mellom tyngdepunktets plassering i ulike posisjoner i sagitalplanet og prestasjon?

Svingen er blitt delt opp i 5 ulike posisjoner, man forventet å finne forskjeller mellom forsøkspersonene i de ulike posisjonene. Det er ikke avdekket noen signifikant forhold i de ulike posisjoner sett opp mot tid. Derfor kan ikke H^1 eller H^0 forkastes.

H^1 : det er en signifikant og positiv korrelasjon mellom tyngdepunktets plassering i ulike posisjoner og prestasjon.

H^0 : det er ikke en signifikant og positiv korrelasjon mellom tyngdepunktets plassering i ulike posisjoner og prestasjon.

Med bakgrunn i data fra denne studien kan man si at en 3 dimensjonal kinematisk analyse er nøyaktig nok til å kunne gi en karakterisk av tyngdepunktets bevegelse i sagitalplanet. Det er blitt avdekket signifikant forhold mellom tyngdepunktets gjennomsnittlige plassering og

prestasjon. Men det er for lite grunnlag med tanke på utvalg og underlag til å trekke noen generelle konklusjoner om tyngdepunktets bevegelse i sagittalplanet. For å generalisere trengs det flere studier.

8.0 REFERANSELISTE:

Litteratur:

Chen, L., Armstrong, C.W., Raftopoulos, D.D.(1994) *An investigation on the accuracy of three-dimensional space reconstruction using the direct linear transformation technique*. J. Biomechanics 27.

Howe, J.(2001) *The new skiing mechanics* McIntire Publishing, Waterford.

Joubert, Georges & Vuarnet, Jean (1967) *How to ski the new French way*. The Dial Press, Inc. New York

Kjus, Lasse. (2007, Juni). Alpin skikjøring. Presentasjon på det årlige trenerseminaret til Norges Skiforbund, Oslo.

LeMaster, Ron (1999) *The skier's edge*. Human Kinetics. Champaign IL

Lind, D., Sanders, S.P.(1996) *The physics of skiing, skiing at the triple point* United Book Press, Inc., Baltimore

Lind, David. Sanders, Scott. (1996) *The Physics Of Skiing, Skiing at the triple point*. Springer-Verlag New York, Inc

McNichol, Phil. (2002) *The basic components of modern slalom* in Ski Racing (nr 5)

Mössner, M., Kaps, P., and Nachbauer, W (1996) *A Method for Obtaining 3-D Data in Alpine Skiing Using Pan-and-Tilt Cameras with Zoom Lenses*. In: Skiing Trauma and Safety: Tenth Volume, ASTM STP 1266, C.D. Mote, Jr., Robert J. Johnson, Wolfhart Hauser, and Peter S. Schaff, Eds., American Society for Testing and Materials, 1996, pp. 155-164.

Nachbauer. Werner, Kaps. Peter, Nigg. Benno, Brunner. Fritz, Lutz. Alexander, Obkircher. Günter, Mössner. Martin (1996) *A video technique for obtaining 3-D coordinates in Alpine Skiing* in Journal of applied biomechanics 12. Human Kinetics Publishers, Inc. 104- 115.

Pourcelot. Philippe, Audigie. Fabrice, Degueurce. Christophe, Geiger. Didier, Denoix. Jean Marie (2000) *A method to synchronise cameras using the direct linear transformation technique* in Journal Of Biomechanics (2000). Elsevier Science Ltd.

Reid, R., Tjørhom, H., Moger, T., Haugen, P., Kipp, R., Smith, G. (2007) *Accuracy of 3d position prediction over a large object space using pan and tilt cameras*. Presentert i 12th Annual Congress of the European College of Sport Science, Jyväskylä, Finland.

Schiefermüller, C., Lindinger, S., Raschner, C., Müller, E., (2005). *The skier's center of gravity as a valid point in movement analyses using different reference systems*. In: Müller, E., Bacharach, D., Klika, R., Lindinger, S., Schwameder, H. (Eds.), *Science and Skiing III*. Meyer & Meyer Sport, Oxford

Schiefermüller, C., Lindinger, S., Müller, E. (2005) *The skier's centre of gravity as a reference point in movement analyses for different designated systems*. In: Müller, E., Bacharach, D., Klika, R., Lindinger, S., Schwameder, H. (Eds.), *Science and Skiing III*. Meyer & Meyer Sport, Oxford

Shapiro, R. (1978) *Direct linear transformation method for three- dimensional cinematography*, Research Quarterly 49. 197- 205.

Witherell, Warren (1972) *How the racers ski*. W.W. Norton & Company, Inc. New York

Wood, G.A., Marshall, R.N. (1986) *The accuracy of DLT extrapolation in three- dimensional film analysis*. Journal of Biomechanics 19. 781- 785.

Zatsiorsky, V.M., (2002) *Kinetics of human motion* Human Kinetics, Inc. Champaign

Internett:

www.anatomy.tv

www.fis-ski.com

www.ronlemaster.com

www.skiforbundet.no

Vedlegg 1

Meldeskjema til Norsk samfunnsvitenskaplige datatjeneste

Meldeskjema

for forsknings- og studentprosjekt som medfører meldeplikt eller konsesjonsplikt

(jf. personopplysningsloven og helseregisterloven med forskrifter)

Meldeskjema sendes per post,
e-post eller faks, i ett eksemplar,
til:

Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste AS
Personvernombudet for forskning
Harald Hårfages gate 29
5007 BERGEN

personvernombudet@nsd.uib.no / Telefaks: 55 58 96 50 / Telefon: 55 58 21 17

Vennligst les veiledning bakerst

1. PROSJEKTTITTEL			
"A study of the key aspects of modern alpine ski racing technique and their relationship to performance." Dette prosjekt er delte i tre del prosjekter: Prosjekt 1: "Key aspects of modern alpine ski racing technique: The philosophies of expert coaches." Prosjekt 2: "An analysis of the relationship between skiing line, degree of steering, and performance during a women's world cup giant slalom." Prosjekt 3: "Motion analysis studies in cooperation with the Norwegian Ski Federation"			
2. BEHANDLINGSANSVARLIG INSTITUSJON²			
Institusjon: Norges idretthøgskole			
Adresse: P.O. Box 4014 – Ullevål Stadion		Postnr. NO-0806	Poststed: Oslo
3. DAGLIG ANSVAR³			
Navn (fornavn - etternavn): Gerald Smith (hoved veileder)			
Institusjon: Norges idrettshøgskole			
Arbeidssted (avdeling/seksjon/institutt) Seksjon for fysisk prestasjonsevne, Norges idrettshøgskole		Akademisk grad/utdanning Ph.D.	Stilling Professor
Adresse – arbeidssted: P.O. Box 4014 – Ullevål Stadion		Postnr.: NO-0806	Poststed: Oslo
Telefon: 23 26 20 00	Telefaks:	Mobil: --	E-postadresse: gerald.smith@nih.no

4. VED STUDENTPROSJEKT (studiested må alltid være samme som arbeidssted til daglig ansvarlig)			
Navn (fornavn - etternavn) på studenten: Robert C. Reid			
Studiested (avdeling/seksjon/institutt): Seksjon for fysisk prestasjonsevne, Norges idrettshøgskole			Akademisk grad/utdanning: Mastergrad
Adresse – privat: Ole Bulls Gate 35			Postnr.: 0475
			Poststed: Oslo
Telefon: 23 26 20 00	Telefaks: --	Mobil: 97 18 45 28	E-postadresse: robert.reid@nih.no
5. FORMÅL MED PROSJEKTET			
Problemstillinger, forskningsspørsmål, eller lignende.	Prosjekt 1: Which aspects of technique do highly experienced coaches emphasize as being important for performance? Prosjekt 2: How do the selected line and degree of steering relate to performance for a selected turn in the women's world cup giant slalom at Hafjell (3-5 March)? Prosjekt 3: How do the selected line and degree of steering relate to performance? How does the degree of for/aft motion relate to performance? How does the degree of up / down motion of the center of mass relate to performance?		
6. PROSJEKTOMFANG			
☐ Enkelt institusjon ☐ Nasjonal multisenterstudie ☐ Internasjonal multisenterstudie Angi øvrige institusjoner som skal delta:			
7. UTVALGSBESKRIVELSE			
<u>Beskrivelse av utvalget</u> Gi en kort beskrivelse av hvilke personer eller grupper av personer som inngår i prosjektet (f.eks. skolebarn, pasienter, soldater, personer med redusert eller manglende samtykkekompetanse).	Prosjekt 1: Utvalget skal bestå av alpin ski trenere med høy erfaring fra en rekke forskjellige land med sterke alpin miljø (f eks, AUT, SUI, USA, osv). Trenere skal ha minimum erfaring av 10 år og i tillegg være tilknyttet til et landslag. Prosjekt 2: Utvalget skal bestå av løpere som kjører dame world cup giant slalom renn i Hafjell i mars, 2006. Prosjekt 3: Utvalget skal bestå av løpere på World Cup og Europa Cup dame og herre lagene til Norges skiforbund.		
<u>Rekruttering og trekking</u> Oppgi hvordan utvalget rekrutteres og hvem som foretar rekrutteringen/ trekkingen.	Prosjekt 1: Rekruttering skal skje ved direkte kontakt med aktuelle trenere. Prosjektlederen har ansvar for rekrutteringen. Dette skjer i stor grad fra eget nettverk. Prosjekt 2: Rekruttering har skjedd via kommunikasjon mellom prosjektlederen (Robert Reid), det Internasjonale Ski Forbundet (FIS) og Hafjell's arrangør komitee. Prosjekt 3: Rekruttering har skjedd via kommunikasjon mellom prosjektlederen (Robert Reid) og Norges skiforbund.		
<u>Førstegangskontakt</u> Oppgi hvem som oppretter førstegangskontakt med utvalget.	Prosjekt 1: Første kontakt skal tas enten av prosjektlederen selv (Robert Reid) eller gjennom en kontakt person i Norges skiforbund. Første kontakt skal skje enten via direkte møte eller via telefon. Prosjekt 2: Det blir ingen direkte kommunikasjon med løperne. Lag ledere skal informeres og det blir opp til lag ledere å videre informere sin løpere. Prosjekt 3: Kontakt med utøverne skal skje på et møte med prosjektlederen i forkant av det første datainnsamling.		

Oppgi alder på utvalget	☐ Barn (0-15 år) ☐ Ungdom (16-17år) ☐ Voksne (over 18 år)
Antall personer som inngår i utvalget.	Prosjekt 1: 15 til 20 trenere. Prosjekt 2: ca 50 løpere blir filmet. Basert på prestasjon vil bare ca 15 løpere blir valgt ut for videre analyse. Prosjekt 3: 20 – 25 løpere spredt over de neste par år.
8. INFORMASJON OG SAMTYKKE	
<u>Informasjon</u> Oppgi hvordan informasjon til respondenten gis. NB. Se veiledning for krav til informasjon.	☐ Det gis skriftlig informasjon (legg ved kopi av informasjonsskriv). Prosjekt 1: Kopi av informasjonsskrivet som blir delt ut til alle trenere er vedlagt i vedlegg A. Prosjekt 2: Kopi av informasjonsskrivet som blir delt ut til alle lag ledere er vedlagt i vedlegg B. Prosjekt 3: Kopi av informasjonsskrivet som blir delt ut til alle løpere er vedlagt i vedlegg C.
	☐ Det gis muntlig informasjon. Prosjekt 1: Muntlig informasjon om prosjektet gis både per telefon i forkant av intervjuet, og i første del av intervjuet. Prosjekt 2: Muntlig informasjon om prosjektet blir gitt til alle lag ledere på team captain's møtet kvelden før rennen. Prosjekt 3: Muntlig informasjon om prosjektet blir gitt til alle løpere på en felles møte i forkant av den første datainnsamlingen og under kontinuerlig kommunikasjon mellom prosjektlederen (Robert Reid) og hver enkelt utøver.
	☐ Det gis ikke informasjon. Forklar hvorfor det ikke gis informasjon.
<u>Samtykke</u> Innhentes samtykke fra den registrerte? NB. Se veiledning for krav til samtykke.	☐ Ja Oppgi hvordan samtykke innhentes (legg ved ev. kopi av samtykkeerklæring). Prosjekt 1: Alle deltagende trenere skal bes om skriftlig informert samtykke. Kopi av samtykket er vedlagt i vedlegg D. Prosjekt 2: Samtykke skal ikke innhentes først og fremst fordi vi ikke har tilgang til alle løperne på world cup lagene. I tillegg er det forstått at når en starter et FIS world cup renn så blir man filmet og analysert av mange ulike grupper. Prosjekt 3: Alle deltagende løpere skal bes om skriftlig informert samtykke. Kopi av samtykke er vedlagt i vedlegg E.
	☐ Ne i Gi en redegjørelse for hvorfor det anses nødvendig å gjennomføre prosjektet uten samtykke fra respondenten.
9. METODE FOR INNSAMLING AV PERSONOPPLYSNINGER	
Gi en kort beskrivelse av alle datainnsamlingsmetoder og datakilder som skal benyttes.	Prosjekt 1: Personopplysninger blir samlet inn via 2 spørreskjemaer, 1 som inneholder kontakt informasjon og som definerer trenerens referanse nummer og 1 som inneholder informasjon rundt trenerens bakgrunn (vedlegg F og G). Prosjekt 2: Metoden for data innsamling er close-range photogrammetry. Dette innebærer filming av løperne med video kameraer mens de kjører rennen. Ingen direkte identifiserbare personopplysninger skal registreres. Prosjekt 3: Hoved metoden er igjen close-range photogrammetry. I tillegg er vi interessert å plassere løperens "center of mass." Derfor vil en rekke antropometriske målinger (dvs. segment lengder og kroppsvekt) bli tatt på hver enkelt utøver for å kunne lage individuelle "segment parameters." Dette innebærer bruk av en standard målebånd og vekt.
10. DATAMATERIALETS INNHOLD	

Gjør kort rede for hvilke opplysninger som skal samles inn. Legg ved spørreskjema, intervjuguide, registrerings-skjema e. a., som foreligger ferdig utarbeidet eller som utkast.	Prosjekt 1: "Subject information form" og intervjuguide er vedlagt (vedlegg G og H). Dette er generelle informasjon om trenerens bakgrunn innenfor alpint som skal brukes for å beskrive utvalget brukte i studiet. Informasjonen er samlet inn som innledning til intervjuet. Dette informasjon er sett på som nødvendig for å kunne beskriv utvalget generelt sett. Informasjonen skal kun presenteres som generelle statistikk (f eks., average years of coaching experience, antall trenere fra forskjellig land, osv). Prosjekt 2: Video opptakk skal samles inn som en del av metoden. Ingen direkte identifiserbare personopplysninger skal samles inn. Prosjekt 3: Video opptakk skal samles inn som en del av metoden. Registrerings skjemaet for antropometriske målingene er vedlagt (vedlegg I). Dette informasjon er viktige for å kunne beregne tyngdepunkts plasseringen som en del av bevegelsesanalysen).	
Behandles det sensitive personopplysninger?	☐ Ja ☐ Nei	Hvis ja, oppgi hvilke: ☐ Rasemessig eller etnisk bakgrunn, eller politisk, filosofisk eller religiøs oppfatning. ☐ At en person har vært mistenkt, siktet, tiltalt eller dømt for en straffbar handling. ☐ Helseforhold. ☐ Seksuelle forhold. ☐ Medlemskap i fagforeninger.
Behandles det opplysninger om tredjeperson?	☐ Ja ☐ Nei	Hvis ja, hvordan blir tredjeperson informert om behandlingen? ☐ Får skriftlig informasjon. ☐ Får muntlig informasjon. ☐ Blir ikke informert.
11. INFORMASJONSSIKKERHET		
Merk av identifikasjons-opplysninger.	☐ Direkte personidentifiserende opplysninger ☐ Indirekte personidentifiserende opplysninger	Oppgi hvilke: ☐ Navn, adresse, fødselsdato ☐ 11-sifret fødselsnummer Prosjekt 1: Navn, adresse, nasjonalitet. Prosjekt 2: Ingen direkte personidentifiserende opplysninger samles inn. Prosjekt 3: Navn. Oppgi hvilke: Prosjekt 1: Informasjon rundt trenerens bakgrunn / utdanning. Prosjekt 2: Video opptakk av løperens kjøring under world cup renn. Prosjekt 3: Video opptakk av løperens kjøring under trening.
Dersom datamaterialet behandles elektronisk, oppgi hvordan direkte person-identifiserbare opplysninger (navn, 11-sifret fødsels-nummer) registreres.	☐ Direkte personidentifiserende opplysninger (<i>spesifiser hvilke over</i>) erstattes med et referansenummer som viser til en manuell/elektronisk navneliste som oppbevares atskilt fra det øvrige datamaterialet. Oppgi hvordan koblingsnøkkelen lagres og hvem som har tilgang til denne. Prosjekt 1: Listet over forsøkspersoner og id nummerer blir lagret manuelt (ikke elektronisk) og blir beholdt låst i et skap på kontoret til prosjektlederen. Denne listen blir ødelagt når prosjektet er avsluttet. Prosjekt 2: Video opptaket av rennen skal lagres med en referanse nummer istedenfor løperens navn. Ingen liste over referanse nummer og andre opplysninger er nødvendig, derfor blir ingen liste laget. Prosjekt 3: Listet over forsøkspersoner og id nummerer blir lagret manuelt (ikke elektronisk) og blir beholdt låst i et skap på kontoret til prosjektlederen. Denne listen blir ødelagt når prosjektet er avsluttet.	
	☐ Direkte personopplysninger lagres sammen med det øvrige materialet. Oppgi hvorfor det er nødvendig med oppbevaring av direkte identifikasjonsopplysninger sammen med det	

	øvrige datamaterialet: ☐ Annet
	Spesifiser:
Hvordan skal datamaterialet registreres og oppbevares? Sett flere kryss dersom opplysninger registreres flere steder.	☐ Fysisk isolert pc tilhørende virksomheten ☐ Pc i nettverksystem tilhørende virksomheten ☐ Pc i nettverksystem tilknyttet Internett tilhørende virksomheten ☐ Isolert privat pc ☐ Privat pc tilknyttet Internett ☐ Videoopptak/fotografi ☐ Lydopptak ☐ Manuelt/papir ☐ Annet: Hvis annen lagring, beskriv nærmere: Direkte personidentifiserende informasjon skal lagres kun manuelt.
Sikring av konfidensialitet.	Beskriv hvordan datamaterialet er beskyttet mot at uvedkommende får innsyn i opplysningene? Prosjekt 1: Alle opplysninger skal være aidentifisert ved bruk av en referanse nummer system. En manuelt / papir liste med navn og referanse nummer blir lagret i et låst skap på kontoret til prosjekt lederen – kun prosjektlederen har nøkkel til skapet. Intervjuene blir transkribert til tekst av prosjektlederen. Som en del av denne prosess, skal alle direkte og indirekte opplysninger sagt i løpet av intervjuene bli aidentifisert. Etter prosjektet er avsluttet (Oktober 2008), skal referanse nummer listen sammen med intervju båndene ødelegges. Prosjekt 2: Ingen personlig opplysninger blir samlet inn. Siden video opptaket av løperens ski kjøring er sett på som nødvendig i tolkning av resultater vil disse ikke bli ødelagt. Hvis disse opptak er brukt i publikasjoner eller presentasjoner, så vil en svart strekk bli lagt over ansiktet til løperen. Prosjekt 3: Alle opplysninger skal være aidentifisert ved bruk av en referanse nummer system. En manuelt / papir liste med navn og referanse nummer blir lagret i et låst skap på kontoret til prosjekt lederen – kun prosjektlederen har nøkkel til dette skapet. Etter prosjektet er avsluttet (Oktober 2008), skal referanse nummer listen ødelegges. Siden video opptaket av løperens ski kjøring er sett på som nødvendig i tolkning av resultater vil disse ikke bli ødelagt. Hvis disse opptak er brukt i publikasjoner eller presentasjoner, så vil en svart strekk bli lagt over ansiktet til løperen.
Vil prosjektet ha prosjekt-medarbeidere som skal ha tilgang til datamaterialet på lik linje med daglig ansvarlig/ student?	☐ Ja Oppgi hvilke: ☐ Nei
Innhentes personopplysninger ved hjelp av e-post/Internett?	☐ Ja Hvis ja, beskriv hvilke opplysninger og hvilken form de har. ☐ Nei
Overføres personopplysninger over eksterne nettverk (som Internett)?	☐ Ja Hvis ja, beskriv i hvilken situasjon dette gjøres og hvilken form opplysningene har. ☐ Nei
Vil personopplysninger bli utlevert til andre?	☐ Ja Hvis ja, til hvem? ☐ Nei
12. VURDERING/GODKJENNING AV ANDRE INSTANSER	
Er prosjektet fremleggelses-pliktig for Regional komité for medisinsk forskningsetikk?	☐ Ja Hvis ja, legg ved eller ettersend kopi av tilråding/tillatelse. ☐ Nei
Dersom det anvendes biologisk materiale, er det søkt Regional komité for medisinsk forskningsetikk om opprettelse av forskningsbiobank?	☐ Ja Hvis ja, legg ved eller ettersend kopi av tilråding/tillatelse. ☐ Nei
Er det nødvendig å søke om dispensasjon fra	☐ Ja Hvis ja, legg ved eller ettersend kopi av tilråding/tillatelse.

taushetsplikt for å få tilgang til data?	☐ Nei
Er det nødvendig med melding til Statens legemiddelverk?	☐ Ja Hvis ja, legg ved eller ettersend kopi av tilråding/tillatelse. ☐ Nei
Andre	☐ Ja Angi hvem. ☐ Nei
13. PROSJEKTPERIODE	
Oppgi tidspunkt for når datainnsamlingen starter – <u>prosjektstart</u> samt tidspunkt når behandlingen av person-opplysninger opphører – <u>prosjektslutt</u> .	Prosjektstart (ddmmåååå): <u>1.3.2006</u> Prosjektslutt (ddmmåååå): <u>10.8.2006</u>
Gjør rede for hva som skal skje med datamaterialet ved prosjektslutt.	☐ Datamaterialet skal anonymiseres. Gi en redegjørelse for hvordan datamaterialet anonymiseres. Prosjekt 1: I oktober 2008 skal navn og referanse nummer listen bli ødelagt samt audio opptak av intervjuene. Prosjekt 2: Ingen personlig opplysninger. Siden video opptaket av løperens ski kjøring er sett på som nødvendig i tolkning av resultater vil disse ikke bli ødelagt. Hvis disse opptak er brukt i publikasjoner eller presentasjoner, så vil en svart strekk bli lagt over ansiktet til løperen. Prosjekt 3: I oktober 2008 skal navn og referanse nummer listen bli ødelagt. Dermed skal alle personlig opplysninger (antropometriske mål) bli anonymisert. Siden video opptaket av løperens ski kjøring er sett på som nødvendig i tolkning av resultater vil disse ikke bli ødelagt. Hvis disse opptak er brukt i publikasjoner eller presentasjoner, så vil en svart strekk bli lagt over ansiktet til løperen. ☐ Datamaterialet skal oppbevares med personidentifikasjon Hvor skal datamaterialet oppbevares? Gi en redegjørelse for hvorfor datamaterialet skal oppbevares med personidentifikasjon.
14. FINANSIERING	
Prosjektet er et samarbeid mellom Norges idrettshøgskole, Norges skiforbund, og Olympiatoppen. Alt av kostnader i forbindelse med prosjektet er dekket gjennom disse tre organisasjoner.	
15. TILLEGGSOPPLYSNINGER	

16. ANTALL VEDLEGG	
Oppgi hvor mange vedlegg som legges ved meldeskjemaet.	

Meldeskjema skal sendes personvernombudet dersom:

1. Det skal foretas behandling av personopplysninger som helt eller delvis skjer med elektroniske hjelpemidler og /eller
2. Det skal opprettes et manuelt personregister som inneholder sensitive personopplysninger.

Med personopplysninger forstås opplysninger og vurderinger som direkte eller indirekte kan knyttes til en enkeltperson. Fotografier, bildeopptak og stemmer på lydopptak kan også anses som personopplysninger.

Direkte identifiserende opplysninger: En person vil være direkte identifiserbar via navn, personnummer eller andre personentydige kjennetegn.

Indirekte personidentifiserende opplysninger: En person vil være indirekte identifiserbar dersom det er mulig å identifisere vedkommende gjennom bakgrunnsopplysninger som for eksempel bostedskommune eller institusjonstilknytning kombinert med opplysninger om alder, kjønn, yrke, diagnose, etc. Også opplysninger som registreres med et referansenummer som viser til en atskilt liste med for eksempel navn eller personnummer, er indirekte personopplysninger, uansett hvem som oppbevarer navnelisten, hvor den oppbevares og hvordan den oppbevares.

Med **sensitive opplysninger** menes opplysninger om rasemessig eller etnisk bakgrunn, politisk, filosofisk eller religiøs oppfatning, at en person har vært mistenkt, siktet, tiltalt eller dømt for en straffbar handling, helseforhold, seksuelle forhold, medlemskap i fagforeninger.

Behandlingsansvarlig institusjon

Her føres opp arbeidsstedet til daglig ansvarlig. Det er institusjonens ledelse som har et overordnet ansvar for at personopplysningslovens bestemmelser blir fulgt.

Daglig ansvar

Her skal oppføres navn på den som har det daglige ansvaret for prosjektet. For studentprosjekter oppføres faglig veileder. Faglig veileder og student må være tilknyttet samme institusjon.

Studentprosjekt

Feltet fylles ut dersom behandlingen av personopplysningene gjennomføres som et studentprosjekt.

Utvalgsbeskrivelse

Beskrivelse

Her skal det gis en beskrivelse av hvem som deltar i undersøkelsen. Eksempler er; et representativt utvalg av befolkningen, barn, skoleelever med lese- og skrivevansker, pasienter, innsatte, organisasjonsmedlemmer, personer med redusert eller manglende samtykkekompetanse. Dersom utvalget har kjennetegn som er spesielt for utvalget, gjøres dette rede for.

Rekruttering og trekking

Gjør rede for hvordan utvalget trekkes, fra bestemte registre (for eksempel Folkeregisteret, pasientregister, registre ved sosialkontor), rekrutteres fra et eller flere miljø (for eksempel bedrifter, skoler, idrettsmiljø eller eget nettverk) eller om det er andre måter forsker skal komme i kontakt med eller få tak i dem som utgjør utvalget i prosjektet. Gjør også rede for hvem som foretar trekkingen/rekrutteringen.

Førstegangskontakt

Førstegangskontakt er første gang utvalget blir kontaktet og får kjennskap til prosjektet. Oppgi hvem det er som oppretter førstegangskontakt, for eksempel lærer, behandlende lege, prosjektleder.

Informasjon og samtykke

Her skal det beskrives hvordan informasjon til utvalget blir gitt, det vil si om informasjonen blir gitt skriftlig eller muntlig, og hvilket medium som benyttes, for eksempel brev, e-post, telefon, avis, tidsskrift eller ansikt-til-

ansikt. Dersom informasjonen gis skriftlig, skal informasjonsskriv eller utkast til informasjonsskriv, legges ved meldeskjemaet. Dersom informasjonen gis muntlig, skal det oppgis hvilken informasjon som vil bli gitt.

Den følgende liste av momenter er veiledende. Hensikten med malen er å gi et hjelpemiddel som gjør at de på en enkel måte skal kunne utforme informasjon som inneholder de opplysninger som etterspørres, men innholdet må selvfølgelig tilpasses og vurderes i forhold til hvert enkelt prosjekt.

- Prosjektets formål/prosjektets tittel. Innledning med forespørsel om deltakelse.
- Navn og adresse til forsker eller til student og veileder dersom studentprosjekt.
- Hvilke opplysninger som innhentes, og hvor de innhentes fra (pasientjournal, intervjuer, SSB etc.)
- Hvilke metoder som skal benyttes for å innhente opplysninger og hva disse innebærer for deltageren.
- Hva opplysningene om respondentene konkret skal brukes til.
- Konfidensialitet, oppbevaring, eventuell gjenbruk av data. Det skal opplyses om i hvilken form opplysningene lagres (direkte personidentifiserbare eller aidentifiserte). Dersom det er mulig å spore opplysningene tilbake til vedkommende, for eksempel ved hjelp av et kodennummer, skal begrepet aidentifisert brukes, ikke anonymisert. Data som inneholder identifiserbare bakgrunnsopplysninger eller stemmer/bilder er heller ikke anonyme.
- Angivelse av prosjektets varighet, samt hva som skjer med personopplysningene etter prosjektets avslutning; sletting, anonymisering eller lagring i påvente av eventuell oppfølging. Når eventuelle lydbåndopptak og andre personopplysninger vil slettes. Ev. endelig dato for anonymisering.
- Understreking av at deltakelse er frivillig og at et samtykke kan trekkes tilbake på et hvilket som helst tidspunkt uten at man må oppgi grunn. For pasienter og andre i avhengighetsforhold må det opplyses om at det ikke får innvirkning på deres forhold til behandlere eller andre, dersom de ikke vil delta i studien.
- At forsker er underlagt taushetsplikt og at data behandles konfidensielt.
- At prosjektet er meldt til Personvernombudet for forskning, Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste AS. Dersom prosjektet er konsesjonspliktig skal det i tillegg eller i stedet angis at prosjektet er innvilget konsesjon av Datatilsynet. For prosjekter som er fremleggelsespliktige for REK skal de stå at prosjektet er tilrådd av Regional komité for medisinsk forskningsetikk.

Samtykke, dersom en benytter skriftlig samtykke, skal følge i teksten etter informasjonen, f.eks. slik: "Jeg har mottatt skriftlig og muntlig informasjon og er villig til å delta i studien," med plass for signatur og dato.

I noen tilfeller er det også relevant å oppgi informasjon om følgende:

- Hvem som finansierer prosjektet (for eksempel et legemiddelfirma, NFR).
- At det opprettes forskningsbiobank etter tilråding fra REK og godkjenning fra Sosial- og helsedirektoratet.
- Hvorvidt personopplysninger og/eller biologiske prøver skal overføres til utlandet, og i så tilfelle hvor og hvorfor.
- At foresatte/verge har rett til å på forhånd se spørreskjema/intervjuguide som skal forelegges en umyndig.
- Hvorvidt personopplysninger skal utleveres til andre, og i så tilfelle til hvem

Se for øvrig <http://www.etikk.no/REK/forskerportal/infoskriv> for en mer detaljert mal som først og fremst gjelder helsefaglige prosjekter.

Innhentes det samtykke fra den registrerte?

For å kunne svare ja på dette spørsmålet, må samtykket være en **frivillig, uttrykkelig og informert** erklæring fra den registrerte om at han eller hun godtar behandling av personopplysninger om seg selv.

At samtykket skal være **frivillig**, betyr at det ikke må være avgitt under noen form for tvang fra den som retter forespørselen eller andre involverte aktører. Vær oppmerksom på at måten kontakten blir opprettet på, kan få betydning for om samtykket kan vurderes som frivillig. Dette spørsmålet må ses i sammenheng med maktforholdet mellom den som retter forespørselen og den som blir forespurt, for eksempel i relasjonen mellom saksbehandler og klient. Hvordan prosjektet blir presentert, kan også tilsløre frivillighetsaspektet, for eksempel ved at deltakelse i forskningsprosjektet framstår som en videreføring eller utvidelse av et eksisterende behandlingstilbud.

At samtykket skal være **uttrykkelig**, betyr at det ikke skal herske noen tvil om at det avgis samtykke. Et passivt

Samtykke er derfor ikke et uttrykkelig samtykke i lovens forstand. Et passivt samtykke betyr at den forespurte ikke gjør en aktiv handling som tilsier at hun eller han ønsker å være med i forskningsprosjektet. Retur av spørreskjema vil være å betrakte som et uttrykkelig og aktivt samtykke.

At samtykket skal være **informert**, betyr at den registrerte skal gis tilstrekkelig informasjon til at vedkommende vet hva det samtykkes til. Informasjonen må imidlertid ikke være så detaljert at det virker forvirrende eller at fokus flyttes fra det som faktisk kan true personvernet. I prosjekt der det deltar personer med norsk som andrespråk, bør informasjonen så langt det lar seg gjøre, gis på morsmålet. Informasjonen bør som hovedregel gis skriftlig. Muntlig informasjon kan supplere eller erstatte den skriftlige informasjon.

Loven stiller ikke krav til formen på samtykket, dvs. om det skal være skriftlig eller muntlig. Et skriftlig samtykke vil likevel være å foretrekke for å kunne sannsynliggjøre i ettertid at samtykke faktisk er innhentet. Samtykke som er gitt elektronisk er å betrakte som et skriftlig samtykke. Det finnes imidlertid tilfeller der muntlig samtykke vil være å foretrekke, for eksempel dersom det er sannsynlig at deltakerne på bakgrunn av sin alder, kulturelle tilhørighet eller lignende, vil oppfatte et skriftlig samtykke som en kontrakt som ikke kan brytes.

Samtykket skal i utgangspunktet gis av den registrerte selv.

For mindreårige og umyndiggjorte skal samtykke som hovedregel innhentes fra foresatte eller verge. For personer med manglende eller redusert samtykkekompetanse skal det i størst mulig grad gis tilpasset informasjon. Pårørende og/eller verge/hjelpeverge skal informeres, om mulig, og hvis de har innvendinger, skal dette respekteres. I de tilfeller hvor personen har vært midlertidig inkompetent (for eksempel bevisstløs) skal han eller hun informeres i ettertid og gis muligheter til å fortsette eller trekke seg, dersom dette er relevant.

Det innhentes samtykke

Dersom det svares ja på spørsmålet om samtykke innhentes, skal det oppgis hvordan frivillighetsaspektet er ivarettatt og på hvilken måte samtykke innhentes, for eksempel skriftlig erklæring, muntlig erklæring, retur av spørreskjema.

Det innhentes ikke samtykke

Dersom det svares nei på spørsmålet om samtykke, skal det gis en redegjørelse for hvorfor behandlingen er av en så stor allmenn og/eller samfunnsmessig interesse at behandlingen overstiger ulempene for enkeltindividet. Det skal videre oppgis hvorfor det ikke lar seg gjøre å innhente samtykke. Dette kan for eksempel være fordi det praktisk ikke lar seg gjøre eller at det er så store etiske betenkeligheter knyttet til det å innhente samtykke. Begrunnelsene må være konkrete. Dersom det benyttes andre former for samtykke, for eksempel generelt samtykke, passivt samtykke, stedfortredende samtykke, samtykke innhentet etter at behandlingen har funnet sted eller dispensasjon fra taushetsplikten, skal dette oppgis her.

Metode for innsamling av personopplysninger

Personopplysningene kan innhentes på flere måter. De kan innhentes direkte fra den registrerte gjennom for eksempel personlig intervju, postale spørreskjema, deltakende observasjon, medisinske undersøkelser/tester. Personopplysninger kan også innhentes fra eksisterende registre (for eksempel Kreftregisteret, Medisinsk fødselsregister) eller ved dokumentgjennomgang (for eksempel sakspapirer hos PPT, sykejournaler etc.). Ofte kombineres ulike metoder. **Husk å oppgi alle kilder til informasjon om personene som inngår i utvalget.**

Datamaterialets innhold

Opplysninger om tredjeperson

Med *opplysninger om tredjeperson* menes opplysninger som kan spores tilbake til personer som ikke inngår i utvalget. Eksempler på opplysninger om tredjeperson er opplysninger om spesifiserte familiemedlemmer til en registrert, som mor, far, onkel, bestemor.

Informasjonssikkerhet

Med informasjonssikkerhet forstås en dokumentasjon av informasjonssystemet og sikkerhetstiltakene. Dette tilsvarer en beskrivelse av bl.a. hvordan datamaterialet registreres og oppbevares, sikring av konfidensialitet, tekniske tiltak (passordbeskyttelse, oppbevaring av direkte identifiserende personopplysninger og aidentifiserte opplysninger atskilt og automatisk nedkobling av skjermbilder med personinformasjon).

Definisjon av personopplysninger

Direkte personidentifiserende opplysninger er opplysninger som direkte kan identifisere den registrerte. Navn og 11-sifret fødselsnummer regnes som direkte personidentifiserbare opplysninger.

Indirekte personidentifiserende opplysninger er opplysninger som kan identifisere den registrerte uavhengig av om dataene er tilknyttet direkte personidentifiserbare opplysninger. Eksempler på variabler som indirekte kan være med å identifisere deltakerne, er bruk av bosted sammen med alder, kjønn og eventuelt diagnose, yrke, idrettsaktivitet. Andre eksempler som kan medføre at en registrert er indirekte identifiserbar, er spesifikasjon av for eksempel organisasjonstilhørighet, arbeidsplass, sykehus og avdeling, kirke- eller moskétilhørighet sammen med ulike bakgrunnsvariable. Også opplysninger som registreres med et referansenummer som viser til en atskilt liste med for eksempel navn eller personnummer, er indirekte personopplysninger.

Direkte personidentifiserende opplysninger bør ikke registreres sammen med det øvrige datamaterialet. Dersom det er nødvendig å registrere opplysningene sammen med de direkte personidentifiserbare opplysningene, skal det gis en begrunnelse for det.

Sikring av konfidensialitet

Daglig ansvarlig/veileder og/eller studenten plikter å holde oversikt over hvilke personopplysninger som skal behandles med elektroniske hjelpemidler og som må sikres spesielt mot at uvedkommende får adgang til dem. Den behandlingsansvarlige skal også vurdere sannsynligheten for at sikkerhetsbrudd kan forekomme: Er f.eks. pc-tilgangen beskyttet med brukernavn og passord og står pc-en i et låsbart rom? Videre skal den behandlingsansvarlige vurdere hvilken skade det vil volde den registrerte dersom sikkerhetsbrudd inntreffer: Kan sikkerhetsbrudd f.eks. føre til tap av personlig integritet eller anseelse? Vurderingene som gjøres skal dokumenteres.

Overføres personopplysningene i eksternt datanett?

Med dette menes om personopplysningene skal samles inn eller overføres til andre gjennom eksternt datanett, f.eks. via e-post fra respondenten.

Vurdering/godkjenning av andre instanser

All medisinsk forskning som involverer mennesker (inkludert personopplysninger og humant materiale) skal fremlegges for en **regional komité for medisinsk forskningsetikk**, www.etikkom.no

For å få utlevert taushetsbelagte opplysninger fra offentlige forvaltningsorgan, sykehus, trygdekontor, sosialkontor m.m., må det søkes om dispensasjon fra taushetsplikten. Dispensasjon søkes vanligvis fra aktuelt departement. Søknad om utlevering av helseopplysninger rettes til Sosial- og helsedirektoratet.

Det skal sendes melding til Statens legemiddelverk ved utprøving av legemidler. Statens legemiddelverk vurderer meldinger om klinisk utprøving i henhold til Forskrift om klinisk utprøving av legemidler til mennesker av 24.9.2003.

Prosjektperiode

Dersom datamaterialet skal anonymiseres etter prosjektslutt skal alle personopplysninger, både direkte og indirekte, slettes eller skrives om/kategoriseres, slik at det ikke lenger er mulig å føre opplysningene tilbake til enkeltpersoner i datamaterialet. Data kan oppbevares med personidentifikasjon etter prosjektslutt i påvente av eventuelle oppfølgingsundersøkelser og for historiske, statistiske og vitenskapelige formål. Hovedregel for lagring av data med personidentifikasjon er samtykke fra den registrerte. Det må videre gis konkrete begrunnelser for hvorfor data skal lagres med personidentifikasjon og om dette vil medføre noen ulemper for den registrerte. Det vil ikke være tilstrekkelig å begrunne lagringen med "for oppfølgingsstudier".

Dersom lagringen av personopplysningene ikke skal baseres på samtykke setter personopplysningsloven strengere krav til nødvendigheten av lagringen. Dersom det ikke skal innhentes samtykke til lagringen, skal det gis en redegjørelse for hvorfor lagringen er av en så stor samfunnsmessig interesse at den overstiger ulempene for enkeltindividet, og hvorfor det ikke skal innhentes samtykke. NSD arkiverer data fra forskningsprosjekt innen samfunnsvitenskap, humaniora, psykologi, medisin og helsefag. Data som er egnet for arkivering hos NSD, er anonyme kvantitative data lagret på diskett eller CD samt kvantitative og kvalitative persondata.

Vedlegg 2

Informasjonskriv til løperne

Athlete Information

Thank you for your interest in participating in my studies. As you may know, I am a Ph.D. student at the Norwegian School of Sport Sciences. My project is entitled “A study of the key aspects of modern alpine ski racing technique and their relationship to performance.” My primary goal is to deepen our understanding of alpine skiing technique, in particular turning technique, and how this relates to performance. I intend to have a rather “practical approach” with the hope that the results of this work will have an immediate and practical benefit to the coaches and athletes in the Norwegian Ski Federation. I have until October, 2008 to complete this project.

Research Questions

This on-going project is divided into a series of smaller studies to be completed over the next few years. The particular study for which I am asking your participation will examine several interesting questions in regard to turning technique. In general terms, these are the following: How do skiing line and degree of steering at the start of the turn relate to performance in varying course, terrain, and snow conditions?

How does the degree of for / aft movement through a turn relate to performance in varying course, terrain, and snow conditions?

How does the degree of up / down movement through a turn relate to performance in varying course, terrain, and snow conditions?

Methods

To examine these questions, we will use primarily a method referred to as “close-range photogrammetry.” This method involves filming a section of a course from 4 to 5 different camera angles. These video images can then be used to create a 3 dimensional model of your actions. Then, this model can be used to quantify numerous aspects of your performance so that we can study the above stated questions. In cooperation with your coaching staff, we have planned a series of studies in various terrain and course setting situations.

These studies should not interfere with normal training. The main difference that you will notice is that there will be placed so-called “control points” on the hill surrounding the section of the course we intend to examine. These control points will be placed at a safe distance from the line and are constructed of safe materials (foam).

In addition to filming, we will need to measure various lengths and circumferences of your body so that we can accurately estimate where your center of mass is located. These measurements take approximately one hour.

Confidentiality

Participation in this study is confidential. You will be assigned a reference number that will be used in all references – both electronic and written - to the your data. At the completion of the study, the list of reference numbers, names and data collection forms will be destroyed. However, since the video recordings of the athlete’s skiing are an important part of the results, these will be saved.

Risks

Risks with participation in this study are minimal. The only additional risk beyond that experienced in normal training situations are the control points that are placed on the hill. However, these are not only constructed of safe materials, but will also be placed at a safe distance from the line.

Benefits

In terms of benefits, these studies are being conducted in collaboration with your coaching staff. It is hoped that through these studies we will deepen our understanding of the fundamental principles of turning technique and how these relate to performance.

Additionally, you will receive copies of resulting reports as well as access to data that may

assist you in your technique training. Finally, certain components of the information assimilated in this project may be useful in developing documents for the coach's education programs in the Norwegian Ski Federation.

Participation in this study is voluntary and you have the right to withdraw at any point without having to give a reason. If you should decide to withdraw from the study, all collected information to that point will be destroyed.

This study is registered with the Ombudsman for Privacy in Research, Norwegian Social Science Data Services AS.

If you have any questions or concerns, please feel free to contact one of the following:

Contacts:

Robert C. Reid (Ph.D. student)

The Norwegian School of Sport Sciences

P.O. Box 4014 – Ullevål Stadion

NO-0806 Oslo

Norway

Email: robert.reid@nih.no

Mobile: +47 97 18 45 28

Per Haugen (advisor)

The Norwegian School of Sport Sciences

P.O. Box 4014 – Ullevål Stadion

NO-0806 Oslo

Norway

Email: per.haugen@nih.no

Telephone: +47 23 26 20 00

Gerald Smith (advisor)

The Norwegian School of Sport Sciences

P.O. Box 4014 – Ullevål Stadion

NO-0806 Oslo

Norway

Email: gerald.smith@nih.no

Telephone: +47 23 26 20 00

Again, thank you for your participation and interest.

Sincerely,

Vedlegg 3

Informert samtykke

INFORMED CONSENT**Project Title:**

“The key aspects of modern alpine ski racing technique and their relationship to performance.”

Students:

Robert C. Reid

Tron Moger

Håvard Tjørhom

Sciences

The Norwegian School of Sport Sciences

Advisors:

Gerald Smith

Per Haugen

The Norwegian School of Sport

Purpose:

This research is being completed in partial fulfillment of the requirements for a Ph.D. in biomechanics (Robert Reid) and two Master's theses (Tron Moger & Håvard Tjørhom) at the Norwegian School of Sport Sciences. The project is designed to examine the following general questions regarding turning technique in alpine ski racing:

- How do skiing line and degree of steering at the start of the turn relate to performance in varying course, terrain, and snow conditions?
- How does the degree of for / aft movement through a turn relate to performance in varying course, terrain, and snow conditions?
- How does the degree of up / down movement through a turn relate to performance in varying course, terrain, and snow conditions?

Methods:

To study these questions, we are planning – in conjunction with your coaching staff - a series of studies to be completed in varying terrain and course situations. These studies should not interfere with normal training. The main difference that you will notice is that there will be placed so-called “control points” on the hill surrounding the section of the course we intend to examine. These control points will be placed at a

safe distance from the line and are constructed of safe materials (foam). We will film training from 4 to 5 different camera angles. The data generated from this filming can be used to reconstruct a 3-dimensional model of each skier's execution of the selected turns. This data can then be used to study our research questions. In addition to filming, we will need to measure various body segment lengths and circumferences in order to accurately calculate the center of gravity. This takes approximately 1 hour.

Confidentiality:

Participation in this study is confidential. Each athlete will be assigned a reference number that will be used in all references – both electronic and written - to the athlete's data. At the completion of the study, the list of reference numbers, names and data collection forms will be destroyed. However, since the video recordings of the athlete's skiing are an important part of the results, these will be saved. This study is registered with the Ombudsman for Privacy in Research, Norwegian Social Science Data Services AS.

Risks & Benefits to Participants:

Risks with participation in the study are minimal. The only additional risk beyond that experienced in normal training situations are the control points that are placed on the hill. However, these are not only constructed of safe materials but will also be placed at a safe distance from the line. In terms of benefits, these studies are being conducted in collaboration with your coaching staff. It is hoped that through these studies we will be able to deepen our understanding of the fundamental principles of turning technique and how these relate to performance. Additionally, each participating athlete will receive copies of resulting reports and access to data that may assist him in understanding technique. Finally, certain components of the information assimilated in this project may be useful in developing documents for the coach's education programs in the Norwegian ski federation.

Agreement:

I agree that Robert C. Reid, Håvard Tjørhom, and Tron Moger can use the information generated during my participation in the above-described projects for their Ph.D. Dissertation, Masters Theses and related publications. I understand that

my participation in this project is confidential and that all information will be reported anonymously. I also understand that my participation in this project is voluntary and that I can withdraw myself from participation at any point without having to give a reason.

Participant Signature**Date****Location**

Investigator**Date****Location**

Robert C. Reid

Vedlegg 4

Abstrakt levert inn til 12th annual congress of the European College of Sport Science (ECCS), Jyväskylä, Finland, Juli 11-14 2007



Accuracy of 3d position prediction over a large object space volume using pan and tilt cameras

Robert Reid¹, Håvard Tjørhom¹, Tron Moger¹, Per Haugen¹, Ronald Kipp², Gerald Smith¹
 1. Norwegian School of Sport Sciences 2. University of Utah, USA

Introduction

The study of alpine skiing kinematics in the field using the methods of close range photogrammetry requires a large volume to be calibrated in order to capture the skier's motion. The purpose of this study was to assess the accuracy of the DLT-based method described by Nachbauer *et al* [1] that allows panning, tilting, and zooming of the cameras.

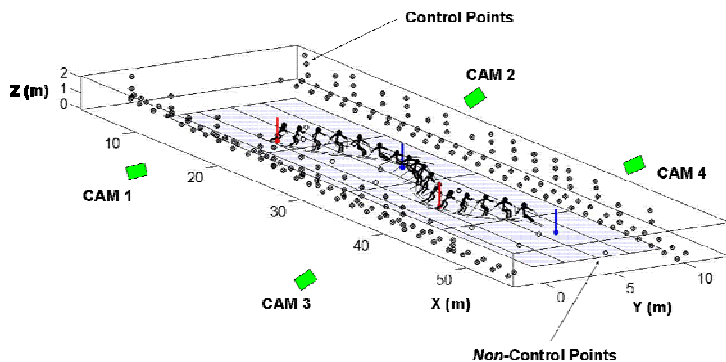


Figure 1. Experimental set-up indicating control points, non-control points, camera positions, and gate positions. The global reference system is also indicated.

Methods

The Nachbauer *et al* [1] method in essence consists of calibrating each image from each camera individually. 208 control points were placed on the slope to create a calibrated object space volume of approximately 50m x 10m x 2m (Figure 1). Additionally, 15 non-control points to be used for accuracy assessment were placed close to the skier's path. Marker positions in a right-handed, orthogonal coordinate system were determined using a theodolite. Each image from each of 4 cameras (50 Hz) was individually calibrated using a minimum of 14, and an average of 29, control points. An adaptation of the Pourcelot *et al* [2] software genlock method was used to synchronize cameras.

Two methods were used to assess measurement accuracy. (1) Position prediction of the non-control points reflects accuracy in the image calibrations as well as the manual digitization error of relatively well-marked points. (2) To assess error associated with the digitization of difficult points as well as camera synchronization error, predictions of forearm and upper arm segment lengths were compared to measurements taken with a tape measure.

Results

Total root mean square error (RMSE) for position prediction of the non-control points was 15 mm ($n = 1621$ predictions from 6 trials). RMSE in the X, Y, and Z dimensions was 9, 11, and 5 mm, respectively. The RMSE's in predicting the forearm and upper arm segment lengths were 11 and 13 mm, respectively ($n = 498$ predictions for 4 athletes).

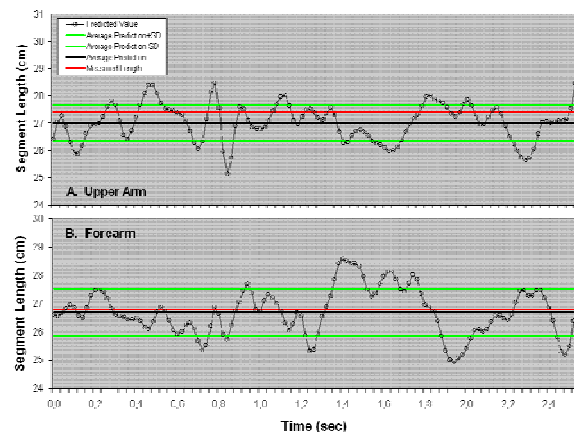


Figure 2. Examples of the time course of length measurements for the upper arm (A) and forearm (B) segments.

Discussion & Conclusions

The level of accuracy obtained in this study is somewhat improved from that reported previously [1,3,4]. However, the degree to which this level of accuracy should be deemed satisfactory must be evaluated in light of the specific research questions to be studied. Based on these results, the accuracy of this method is most likely sufficient to study questions of a kinematic nature in alpine skiing.

References

- [1] Nachbauer W *et al* (1995) J Appl Biomech, 12, 104-115.
- [2] Pourcelot P *et al* (2000) J Biomech, 33, 1751-1754.
- [3] Federolf P (2005) Unpub dissertation, Swiss Federal Inst of Tech, Zurich.
- [4] Mössner M *et al* (1996) Skiing Trauma & Safety, 10, 155-164.

Vedlegg 5

**Abstrakt inne til vurdering til 4th International Congress On Science and Skiing (ICSS).
St. Christoph am Arlberg – Østerrike. Des. 14-20, 2007**

FORE/AFT DYNAMICS AND PERFORMANCE IN SLALOM

Håvard Tjørhom, Robert Reid, Tron Moger, Per Haugen, Matthias Gilgien, Ronald Kipp*, and Gerald Smith

Norwegian School of Sport Sciences, Oslo, Norway

* University of Utah, Salt Lake City, UT, USA

KEY WORDS: alpine skiing, motion analysis, technique, fore/aft dynamics

INTRODUCTION: While relative fore/aft motion between the skier and skis along the ski's longitudinal axis is a commonly acknowledged element of alpine skiing technique, there are differing opinions as to how much movement occurs and how important it is for performance. Although there exist numerous qualitative descriptions, few quantitative analyses of fore/aft dynamics have been published. The aim of this study was to quantify the fore/aft dynamics of a group of highly-skilled athletes in slalom and to relate these measures to performance.

METHODS: The performances of 6 members of the Norwegian men's Europa Cup team were analyzed during a slalom race simulation. Skier 3-D positions were determined from 4 panning video cameras and calibration control points distributed near the course (Nachbauer et al., 1996). A local coordinate system (LCS) originating at the outside ankle joint center was defined at each point in time (Schiefermüller et al., 2005). The LCS axes were defined as being parallel and perpendicular to the longitudinal axis of the outside ski and normal to the plane of the snow surface (x, y, and z axes, respectively). Motion of the whole body center of mass (COM) in the local x-dimension was time-normalized to the turn cycle. Fore/aft range of motion (XROM), and average position in the local x-dimension (XAVG), during a turn cycle were used to characterize the athlete's fore/aft movements. Partial correlation coefficients between XAVG, XROM and performance time were calculated while controlling for entrance velocity.

RESULTS & DISCUSSION: Figure 1 shows the ensemble average COM position in the local x-dimension for the 6 athletes. The mean $\pm$ SD XROM and XAVG during a turn cycle were 28.4 ± 3.6 cm and 3.9 ± 2.7 cm, respectively. Partial correlation coefficients for XROM and XAVG with performance time were $r = 0.76$ and $r = 0.98$ ($p = 0.003$), respectively, indicating the importance of fore/aft motion for performance. In this study, the motion of faster skiers was centered further aft and closer to the ski center than that of slower skiers. A cyclic pattern in fore/aft dynamics is apparent in Figure 1 and this pattern was more consistent for faster athletes.

CONCLUSION: This study has quantitatively described the fore/aft dynamics of a group of highly skilled skiers in slalom. These results indicate that fore/aft dynamics are important for performance. Further research is required to develop a fuller understanding of this relationship.

REFERENCES

- Nachbauer, W., Kaps, P., Nigg, B., Brunner, F., Lutz, A., Obkircher, G., & Mössner, M. (1996). A video technique for obtaining 3-d coordinates in alpine skiing. *J Appl Biomech*, 12, 104-115.
- Schiefermüller, C., Lindinger, S., Raschner, C., & Müller, E. (2005). The skier's centre of gravity as a reference point in movement analyses for different designated systems. In Müller, E. et al. (Eds.), *Science and Skiing III*. Meyer & Meyer Sport, Oxford, pp. 172-185.

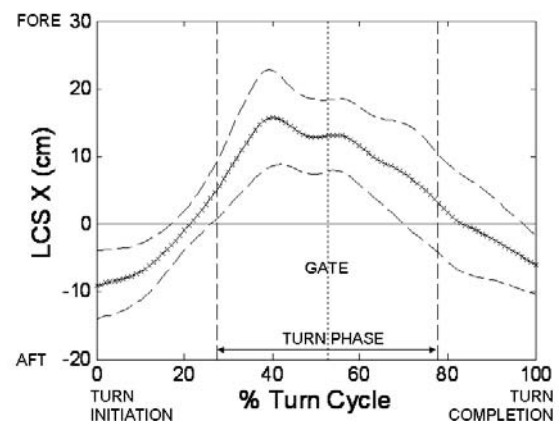


Figure 1. The ensemble average ($\pm$ SD) of fore/aft position through a complete turn cycle. The portion of the turn cycle where the COM turn radius is less than 15 m is indicated as the “turn phase.”

Vedlegg 6

**Abstrakt inne til vurdering til 4th International Congress On Science and Skiing (ICSS).
St. Christoph am Arlberg – Østerrike. Des. 14-20, 2007**

CENTER OF MASS TRAJECTORY LENGTH AND PERFORMANCE IN SLALOM

Tron Moger, Robert Reid, Håvard Tjørhom, Matthias Gilgien, Per Haugen,
Ronald Kipp*, and Gerald Smith

Norwegian School of Sport Sciences, Oslo, Norway

* University of Utah, Salt Lake City, UT, USA

KEY WORDS: alpine skiing, motion analysis, technique, trajectory length

INTRODUCTION: Technique plays an important role in performance in alpine ski racing. Knowledge of technique is primarily anchored in the philosophies developed by experienced coaches and athletes. In recent years, a philosophy emphasizing a short and direct trajectory in slalom and giant slalom has gained popularity in coaching circles (Gartner, 2007). The purpose of this investigation was to evaluate this “direct line” philosophy by quantifying the center of mass (COM) trajectory length and determining its relationship to performance for a given situation in slalom.

METHODS: The performances of six male members of the Norwegian Europa Cup team were analyzed during a race simulation in slalom in April, 2006. Skier 3-D positions were determined from 4 panning cameras and calibration control points distributed near the course (Nachbauer et al., 1996). A global coordinate system for the 2 analyzed turns was defined with the X-axis directed down the hill and parallel to the average direction of the course, the Y-axis directed across the hill, and the Z-axis normal to the plane of the snow surface. Total COM distance traveled (T_{TOT}), distance traveled in the Y-dimension (T_Y), and distance traveled in the Z-dimension (T_Z) were quantified for each athlete’s fastest run. To evaluate their relationship to performance, partial correlation coefficients between COM travel (T_{TOT} , T_Y , T_Z) and performance time - while controlling for entrance velocity - were calculated.

RESULTS: Mean trajectory distance for the two turns was approximately 25 m (Table 1). In all three dimensions, a shorter trajectory tended to be advantageous. However, one of the fastest athletes skied a longer trajectory, possibly allowing him to ski more carved turns with less friction. Supej et. al. (2003) found that snow deterioration plays a role in determining the skier’s trajectory. Since this athlete had a later starting number, it may be that a rounder line was selected to avoid damaged snow. The relationship between T_Z and performance is of great interest and may correspond to the importance coaches place in so-called “snow contact.”

Table 1. Descriptive statistics and correlations for COM travel.

	T_{TOT} (m)	T_Y (m)	T_Z (m)
Average	25.21 ± 0.18	5.74 ± 0.41	0.96 ± 0.05
Range	25.05 - 25.53	5.23 - 6.46	0.91 - 1.03
Partial r	0.66	0.58	0.95*

*p = 0.012

CONCLUSION: Although there was a trend towards shorter trajectories being advantageous, this study demonstrates that there can be exceptions to the “direct line” philosophy. Athletes may need to be able to adapt their trajectory length to external factors such as degenerating snow conditions. Further investigation into the role of T_Z and the skier’s vertical dynamics is indicated.

REFERENCES:

- Gartner, F. (2007, June). *Alpine skiing technique. Presented at the annual Coaches Seminar of the Norwegian Ski Federation, Oslo, Norway.*
- Nachbauer, W., Kaps, P., Nigg, B., Brunner, F., Lutz, A., Obkircher, G., & Mössner, M. (1996). *A video technique for obtaining 3-d coordinates in alpine skiing. J Appl Biomech, 12, 104-115.*
- Supej, M., Nemec, B., & Kugovnik, O. (2005). *Changing conditions on the slalom ski course affect competitor’s performances. Kinesiology, 37, 151-158.*