

# **Sammenhengen mellom underliggende fysisk kapasitet og fysisk prestasjon på fotballbanen for toppfotballspillere**

SANDER GURRIK

## **VEILEDERE**

Thomas Bjørnsen  
Kolbjørn Andreas Lindberg

**Universitetet i Agder, 2021**

Fakultet for helse- og idrettsvitenskap  
Institutt for idrettsvitenskap og kroppsøving

Master



## **Forord**

Etter fem år på Universitet i Agder er det med stor glede jeg leverer denne masteroppgaven. Arbeidet med denne oppgaven må kunne beskrives som utfordrende, tidkrevende og til tider slitsomt, men det er ikke til å legge skjul på at det også har vært veldig gøy å få muligheten til å forske på noe som virkelig interesserer meg. Dette har gjort at jeg sitter igjen med mye erfaring og kompetanse jeg håper å dra nytte av videre i arbeidslivet.

Jeg vil sende et stort takk til alle mine medstudenter gjennom årene som har blitt noen av mine beste venner. Utallige timer både på universitetet, treningssenteret og andre sosiale settinger har betydd enormt mye for trivselen og lysten til å gjennomføre studieløpet. Deres støtte og oppmuntring både på universitetet og ikke minst sosialt underveis har gjort at disse fem årene har vært utrolig gøy og gått altfor fort. Dette hadde aldri latt seg gjennomføre uten deres tilstedeværelse.

Jeg vil også si tusen takk til mine veiledere Thomas Bjørnsen og Kolbjørn Andreas Lindberg for hjelp, råd og anbefalinger underveis i oppgaven. Det har periodevis vært utfordrende å arbeide med deler av oppgaven, men deres faglige og metodiske dyktighet har vært til stor hjelp for å komme i mål. I tillegg må jeg få si takk til IK Start for deres deltakelse i studien. Det er ikke hver dag man får muligheten til å forske på toppidrettsutøvere, så deres deltakelse, innsats og samarbeid i oppgaven har blitt satt stor pris på. Jeg ønsker dere masse lykke til videre.

Kristiansand, mai 2021

Sander Gurrik

## **Sammendrag**

For å være i stand til å opprettholde intensiteten og kvaliteten som kreves for å prestere godt i fotball gjennom en kamp og sesong, er det viktig med god fysisk kapasitet. De senere årene har det blitt observert at spillets intensitet har økt, og dermed også fysiske krav til spillere. Det er blant annet observert en økning i antall sprinter og høyintensitetsaksjoner under kamp uten at total distanse har økt nevneverdig, hvilket antyder at kravene til eksplosive ferdigheter har økt. Hensikten med denne observasjonsstudien var derfor å undersøke sammenhengen mellom underliggende fysisk kapasitet i sprint, spenst og beinstyrke, og fysisk prestasjon på fotballbanen hos toppfotballspillere. Studien inkluderte 30 deltakere fra fotballklubben IK Start som gjennomførte tester i 30m sprint, countermovement jump (svikthopp) og en 10-steps beinpresstest. Testresultatene ble sett i sammenheng med spillernes prestasjon på banen målt med posisjoneringssystem fra Catapult under trening og kamp over en periode på 9 uker. Målte variabler fra posisjoneringssystemet var maksimal oppnådd hastighet, antall akselerasjoner, metabolsk power og spillerbelastning. Det ble observert en sammenheng der spillere med bedre kapasitet innen sprint, spenst og power (beinstyrke) også hadde bedre prestasjon på variablene for maksimal oppnådd hastighet, antall akselerasjoner og metabolsk power på fotballbanen. Variablen for spillerbelastning hadde signifikante sammenhenger med kapasitet i sprint og spenst, men kun en tendens til sammenheng med beinstyrke. Oppgaven konkluderer derfor med at det er en sammenheng mellom underliggende fysisk kapasitet og fysisk prestasjon på fotballbanen, men kan ikke slå fast om endring i fysisk kapasitet fører til endring i fysisk prestasjon på banen, eller omvendt.

**Nøkkelord:** Sprint, spenst, beinstyrke, power, posisjoneringssystem, fysisk prestasjon

# Innhold

<b><u>FORORD.....</u></b>	<b><u>3</u></b>	
<b><u>SAMMENDRAG.....</u></b>	<b><u>4</u></b>	
<b><u>INNHold.....</u></b>	<b><u>5</u></b>	
<b><u>1</u></b>	<b><u>INTRODUKSJON.....</u></b>	<b><u>7</u></b>
1.1	HENSIKT .....	10
1.1.1	PROBLEMSTILLING .....	10
<b><u>2</u></b>	<b><u>TEORI.....</u></b>	<b><u>11</u></b>
2.1	ARBEIDSKRAVSANALYSE/KAMPANALYSE I FOTBALL.....	11
2.1.1	SPRINT.....	13
2.1.2	SPENST .....	14
2.2	OBJEKTIV MÅLING AV TRENINGSBELASTNING OG PRESTASJON I KAMP .....	17
2.2.1	BRUK AV GNSS-SYSTEM I IDRETT .....	19
2.3	MÅLING OG TESTING AV FYSISKE FERDIGHETER/KAPASITET .....	22
2.4	SAMMENHENGEN MELLOM FYSISKE TESTER OG FYSISK PRESTASJON I KAMP .....	22
2.4.1	ENDRING I FYSISK PRESTASJON OG KAPASITET GJENNOM EN SESONG .....	23
2.5	OPPSUMMERING .....	24
<b><u>3</u></b>	<b><u>METODE.....</u></b>	<b><u>26</u></b>
3.1	STUDIEDESIGN .....	26
3.2	FORSØKSPERSONER .....	27
3.3	TESTGJENNOMFØRING .....	27
3.4	TESTPROTOKOLL/DATAINNSAMLING .....	28
3.4.1	SPRINTTEST .....	28
3.4.2	SPENSTTEST .....	29
3.4.3	BEINSTYRKETEST .....	30
3.4.4	CATAPULTENHETER .....	32
3.5	DATABEHANDLING OG ANALYSE.....	32
3.5.1	VARIABLER FOR FYSISK PRESTASJON FRA CATAPULTSYSTEM .....	33
3.6	STATISTISKE ANALYSER.....	34
<b><u>4</u></b>	<b><u>RESULTATER.....</u></b>	<b><u>35</u></b>
4.1	RESULTATER FOR FYSISK TESTING OG CATAPULTENHETER .....	35

4.1.1	TESTRESULTATER FOR FYSISK KAPASITET .....	35
4.1.2	DATA FRA CATAPULTENHETER .....	36
4.2	SAMMENHENGEN MELLOM TESTRESULTATER FRA FYSISK TESTING OG CATAPULTVARIABLER.....	37
4.3	SAMMENHENGEN MELLOM PRESTASJON I TOPPFART 30M, MAKSIMAL POWER OG SVIKTHOPP .....	42
4.4	SAMMENHENGEN MELLOM TOPPFART 30M, SPENST- OG POWERPRESTASJON OG SPRINTTID PÅ 10M, 20M OG 30M.....	43
<b>5</b>	<b><u>DISKUSJON.....</u></b>	<b>46</b>
5.1	STUDIEDESIGN OG FORSØKSPERSONER .....	46
5.2	TESTMETODER/TESTPROTOKOLL OG UTSTYR .....	48
5.2.1	SPRINTTEST – 30M .....	50
5.2.2	SPENSTTEST – SVIKTHOPP .....	51
5.2.3	BEINSTYRKETEST – KEISER BEINPRESS.....	52
5.3	CATAPULTENHETER.....	52
5.4	COVID 19-RESTRIKSJONER .....	54
5.5	RESULTATER FOR FYSISK KAPASITET VS PRESTASJON PÅ BANEN .....	54
5.5.1	SPRINTFERDIGHETER .....	58
5.5.2	SPENSTFERDIGHETER.....	59
5.5.3	BEINSTYRKEFERDIGHETER.....	60
5.6	VIDERE FORSKNING .....	62
<b>6</b>	<b><u>KONKLUSJON.....</u></b>	<b>63</b>
	<b><u>REFERANSELISTE.....</u></b>	<b>64</b>
	<b><u>VEDLEGG.....</u></b>	<b>77</b>

# 1 Introduksjon

Fotball er verdens mest populære idrett (Biggest Global Sports, 2021; WorldAtlas, 2021) og utøves av barn og voksne i alle aldre, og på ulike nivåer av ekspertise. For å prestere godt i denne idretten er man avhengig av en rekke fysiske, psykologiske, tekniske, taktiske og sosiale ferdigheter som sammen er med på å påvirke utfallet av en kamp, og det er ofte dette som skiller de beste lagene fra de dårligere (Bradley et al., 2013; Stølen, Chamari, Castagna & Wisløff, 2005). Avhengig av posisjon og rolle på banen er det derimot viktig å påpeke at det kan være store individuelle forskjeller når det kommer til fysisk kapasitet og krav hos spillerne (Andrzejewski, Chmura, Konefal, Kowalczyk & Chmura, 2018; Di Salvo et al., 2007). Ifølge en longitudinell studie av Barnes, Archer, Hogg, Bush & Bradley (2014) har det vært en utvikling i fotball der fysiske krav til spillere på generelt grunnlag har blitt større. Her ble det i den øverste divisjonen i England observert en økning i høyintensitetsløping og antall høyintensitetsaksjoner på henholdsvis 30% og 50%, i tillegg til en økning på 35% og 85% i henholdsvis sprintdistanse og antall sprinter fra sesongen 2006-07 til 2012-13, uten at det ble observert store endringer i den totale løpsdistansen per kamp (Barnes et al., 2014). Dersom dette ses i sammenheng med at høyintensitetsaksjoner i form av lineær sprint og vertikale hopp er de aksjonene som forekommer hyppigst før målsoringssituasjoner (Faude Koch & Meyer, 2012), i tillegg til at det scores flest mål i andre omgang og gjerne mot slutten av en kamp (Armatas, Yiannakos & Sileloglou, 2007; Evangelos, Giodasis, Ioannis & Georgia, 2018), synes det å være en tydelig tendens til at god fysisk kapasitet blir mer og mer nødvendig for å oppnå gode prestasjoner i fotball. Derfor ville det vært interessant å se hvordan spillere med bedre underliggende fysisk kapasitet i form av sprint, spenst og beinstyrke har sammenheng på deres fysiske prestasjon på fotballbanen.

En fotballspiller sprinter i gjennomsnitt 27-38 ganger i løpet av en kamp (Burgess, Naughton & Norton, 2006; Di Salvo et al., 2010), med en hyppighet på ca. hvert 90. sekund (Burgess et al., 2006; Osgnach, Poser, Bernardini, Rinaldo & Di Prampero, 2010). Av disse sprintene foregår rundt 90% over en distanse på <20m (Di Salvo et al., 2010). På bakgrunn av dette kan det late til at evnen til akselerasjon er viktigere enn evnen til topphastighet, og det er observert at spillere gjennomfører ca. 91 akselerasjoner i løpet av en kamp (Dalen, Jorås, Hjelde, Kjøsnes & Wisløff, 2019). Det som derimot taler for at toppfart er like viktig som akselerasjon er at en sprint i 70-75% av tilfellene oppstår fra et allerede påbegynt høyintensitetsløp (Di Salvo et al., 2010), og viktigheten av å forbedre sin toppfart og tid til toppfart kan ses ved at en endring på bare 0,1 sekund på en 40m sprinttest tilsvarer ca. 0,7m i

distanse, som kan være avgjørende for om man vinner eller taper en løpsduell (Tønnesen, Shalfawi, Haugen & Enoksen, 2011). I tillegg er det observert at profesjonelle fotballspilleres anaerobe kapasitet har utviklet seg over tid hvor sprinttid og topphastighet i gjennomsnitt var 1-2% bedre i perioden 2006-2010 enn i 1995-1999 (Haugen, Tønnesen & Seiler, 2013), noe som indikerer at denne ferdigheten har blitt mer og mer viktig i moderne fotball. Derfor ville det vært interessant å undersøke om spillere som har bedre sprintferdigheter også klarer å benytte seg av dette på fotballbanen i form av om de eksempelvis gjennomfører flere og mindre kostbare eksplosive bevegelser.

God spenst har vist seg å være en av de grunnleggende ferdighetene som kreves for å prestere godt i fotball da det er gjort observasjoner om at spillere som spiller på et høyere konkurransenivå har bedre spenstferdigheter enn spillere på lavere konkurransenivå (Arnason et al., 2004; Haugen et al., 2013). Dette kan ha en sammenheng med at det er observert korrelasjoner mellom spenst- og sprintferdigheter der spillere med bedre spenstferdigheter også har en tendens til å være raskere og ha bedre akselerasjon (Comfort, Stewart, Bloom & Clarkson, 2014; Haugen et al., 2013; Loturco et al., 2020; Wisløff, Castagna, Helgerud & Tropp, 2004). For å være i stand til å hoppe høyere må man ha evnen til å så raskt som mulig utvikle betydelige mengder kraft mot bakken, og når denne kraften øker, øker også den vertikale hastigheten ved avsats (Lutorco et al., 2015). På samme måte har det vist seg at overgangen fra lavere til høyere sprinthastigheter resulterer i kortere kontakttid mot bakken, med en samtidig økning i maksimal vertikal kraftutvikling (Coyler, Nagahara, Takai & Salo, 2018). Dermed kan det antas at spillere som er i stand til å hoppe høyere også vil være mer effektive i den horisontale akselerasjonen og vil oppnå høyere hastighet over korte avstander. På bakgrunn av dette vil det være interessant å se om det er en sammenheng der spillere med bedre spenstferdigheter også klarer å benytte seg av dette på fotballbanen i form av å eksempelvis gjennomføre flere akselerasjoner og sprinter.

For å ha gode grunnleggende ferdigheter i fotball, som sprint og spenst, er man avhengig av evnen til kraftutvikling i beina. Eksempelvis er det tidligere observert sterke korrelasjoner mellom sprint- og spenstferdigheter og styrke i kneekstensorene, hvor blant annet 1RM (repetisjon maksimum) i knebøy har vist en god sammenheng med 5m og 10m sprint og vertikal hopp høyde (Comfort et al., 2014; Wisløff et al., 2004). Ved å øke den tilgjengelige kraften i de aktuelle musklene eller muskelgruppene, kan akselerasjonen i de fysiske ferdighetene som anses som viktige i fotball, som sprint og spenst, altså øke (Bangsbo, 1994). I denne idretten hvor bevegelser domineres av akselerasjoner og de-akselerasjoner, er evnen til å utføre disse hastighetsforandringene med så god kvalitet som



mulig viktig for å oppnå og vedlikeholde god prestasjon. Her fastslår Newtons andre lov om bevegelse ( $F=m \cdot a$ ) at akselerasjon for en gitt masse øker i samsvar med kraftutvikling. Dette kan fortelle at forholdet mellom styrke, sprint og spenst er proporsjonalt, og at en økning i kraftutvikling per kg kroppsvekt forventes å øke akselerasjonen (Wisløff et al., 2004). Evnen til å utvikle power vil derfor antas å være viktig for å utføre akselerasjoner med så høy kvalitet som mulig (Rønnestad, Kvamme, Sunde & Raastad, 2008; Wisløff et al., 2004). Power, eller effekt på norsk, defineres som arbeid utført per tidsenhet (Joule/sekunder eller kraft\*hastighet) og refererer til det nevro-muskulære systemets evne til å gjennomføre størst mulig arbeid i en gitt tidsperiode (Stølen et al., 2005). Det handler altså om å utvikle mye kraft på kort tid. På bakgrunn av dette vil det også være interessant å se om spillere med bedre powerkapasitet også kan utnytte dette på fotballbanen, i form å gjennomføre flere akselerasjoner og sprinter.

Det å utvikle sin fysiske kapasitet gjennom en sesong kan være utfordrende for fotballspillere da man samtidig skal prestere på et så høyt nivå som mulig. Konkurransesperioden er relativt lang på opptil 8-9 måneder og muligheten til å undersøke hvordan belastning og fysisk kapasitet endrer seg gjennom ulike deler av sesongen kan derfor være et nyttig hjelpemiddel for å på best mulig måte optimalisere treningen gjennom de ulike delene av sesongen. Derfor kan det være et hjelpemiddel å registrere aktivitetsdata fra både trening og kamp. For å gjøre dette finnes det flere ulike verktøy, men det som etter hvert har blitt det mest utbredt er bruken av Global Positioning Systems (GPS) eller Global Navigation Satellite Systems (GNSS), som er sensorer spillere kan ha på seg under trening og kamp. Denne metoden har vært i bruk siden 1990-tallet (Schutz & Chambaz, 1997) og det har siden blitt vanlig praksis i idretten for å overvåke og analysere utøveres fysiske prestasjon under trening og kamp (Scott, Scott & Kelly, 2016). Bruken av slik teknologi har bidratt til å gi en bedre forståelse av fysisk prestasjon i fotball, hvilke krav som stilles til spillerne, og belastningen de utsettes for, og kan igjen være et hjelpemiddel til å forbedre kvaliteten på treningene, samt overvåke og styre belastningen.

I tillegg til å undersøke hvordan fotballspillere presterer på banen er det interessant å undersøke deres fysiske kapasitet i form av tester på ulike fysiske ferdigheter, og om det er noen sammenheng mellom disse. Resultater herfra kan deretter brukes til å eksempelvis tilrettelegge og individualisere den fysiske treningen (Pyne, Spencer & Mujika, 2014). Det er derimot utfordrende å kartlegge hvordan resultater fra slike tester på fysisk kapasitet faktisk gjenspeiles i spillernes fysiske prestasjon på banen, og det ville derfor vært interessant å undersøke nettopp denne sammenhengen. På bakgrunn av dette var hovedmålet med studien å

undersøke sammenhengen mellom underliggende fysisk kapasitet med tester i sprint, spenst og beinstyrke, og prestasjon på fotballbanen hos fotballspillere på toppnivå målt med GNSS-enheter med tilhørende akselerometer, gyrometer og magnetometer.

## **1.1 Hensikt**

Hensikten med denne studien var å undersøke sammenhengen mellom underliggende fysisk kapasitet, målt med standardiserte tester (30m sprint, svikthopp (countermovement jump (CMJ)) og Keiser beinpress), og prestasjon på fotballbanen hos fotballspillere på toppnivå. På denne måten ville studien undersøke om spillerne som presterte best på de fysiske testene også hadde de beste fysiske prestasjonene på banen i form av maksimal hastighet, antall akselerasjoner, metabolsk power og spillerbelastning, målt med GNSS-enheter.

### **1.1.1 Problemstilling**

Hva er sammenhengen mellom fysisk kapasitet (sprint, spenst og beinstyrke) og fysisk prestasjon på fotballbanen (GNSS variabler for sprint og akselerasjon)?

### **1.1.2 Hypotese**

**H<sub>0</sub>** – Underliggende fysisk kapasitet har ingen sammenheng med fysiske prestasjonene på fotballbanen

**H<sub>1</sub>** – Spillere som har bedre kapasitet i sprint, spenst og beinstyrke har også bedre fysisk prestasjon på fotballbanen

## 2 Teori

### 2.1 Arbeidskravsanalyse/kampanalyse i fotball

En fotballkamp har en varighet på 90 minutter pluss tilleggstid, delt opp i to omganger på 45 respektive minutter adskilt av en pause på 15 minutter, hvor intensiteten på en spillers bevegelser varierer fra rolig gange til sprint med maksimal hastighet (Scott et al., 2014). I løpet av dette tidsrommet skal spillerne utføre en rekke fysisk krevende aksjoner som går på hyppige endringer i steg og kroppsposisjon, herunder akselerasjoner, de-akselerasjoner, sprinter, taklinger og hopp (Bradley et al., 2009), i tillegg til tekniske og taktiske handlinger. God fysisk kapasitet kan dermed ses på som en avgjørende faktor for å opprettholde kvaliteten på de fysiske aksjonene, samt de tekniske og taktiske aksjonene gjennom en hel kamp og over en lang sesong på opptil 8-9 måneder. Fysisk kapasitet defineres av Olympiatoppen som kvalitetene som trengs for å utføre arbeid med en viss varighet og intensitet i forutsigbare og uforutsigbare situasjoner, og omhandler utvikling og utnytting av ferdigheter som utholdenhet, styrke, hurtighet, spenst, bevegelse og stabilitet (Olympiatoppen, 2019).

I løpet av en fotballkamp utføres det omlag 1000-1400 aksjoner med endringer ca. hvert 4-6 sekund (Bangsbo, Nørregaard & Thorsø, 1991; Reilley & Thomas, 1976; Stølen et al., 2005). Herunder er det funnet ut at det utføres mellom 608 og 882 retningsforandringer, avhengig av spillerposisjon (Bloomfield, Polman & O'Donoghue, 2007). I samme studie ble det også vist at ca. 500-700 av disse retningsforandringene skjer med en vinkel på 0-90°, og ca. 90-100 retningsforandringer skjer med en vinkel på 90-180° (Bloomfield et al., 2007). En aksjonsendring skjer som nevnt ca. hvert 4-6 sekund, og i løpet av ett minutt utføres omtrent sju retningsforandringer (Bangsbo et al., 1991; Bloomfield et al., 2007, Reilley & Thomas, 1976). For å kunne prestere optimalt i idretten vil evnen til å utføre disse aksjonsendringene så effektivt som mulig være en viktig komponent for fotballspillere (Barnes et al., 2014). For å være i stand til dette er det viktig at utøverne har god evne til å raskt akselerere etter en bremseaksjon da det er et stort behov for kort kontaktid (Young, Dawson & Henry, 2015). Denne ferdigheten kalles reaktiv styrke og beskriver musklens evne til å utføre raske og kraftfulle konsentriske aksjoner etter en eksentrisk aksjon (Young, 1995). Det er i tillegg undersøkt om prestasjon i lineær sprinttid korrelerer med evnen til å utføre retningsforandringer hvor det er blitt observert at dette har en sammenheng dersom antallet retningsforandringer er lavt; jo flere retningsforandringer det blir, jo mindre viktig blir som følge lineær sprinthurtighet (Young et al., 2015). Derimot er det observert at lineær sprint,

sammen med vertikale hopp, er de hyppigste aksjonene i de fleste målscoringssituasjoner og bør derfor anses som en viktig egenskap i fotball (Faude et al., 2012), hvilket kan bety at fokus på forbedring av disse ferdighetene kan utgjøre en forskjell på kamputfall og endelig tabellplassering. Hva gjelder målscoringssituasjoner er det også observert at det eksisterer posisjonelle forskjeller der angreps- og midtbanespillere scorer flest mål etter utførelse av en lineær sprint, mens forsvarsspillere scorer flest mål etter å ha utført et vertikalt hopp (Faude et al., 2012). For å forbedre disse respektive ferdighetene (sprint og spenst) er man avhengig av god beinstyrke og power i strekkapparatet, og det er blant annet observert sammenhenger mellom 1RM i knebøy og 5m og 10m sprint, samt vertikal hopp høyde (Comfort et al., 2014; Wisløff et al., 2004). Viktigheten av beinstyrke i fotball kommer derimot mer til syne når en tar for seg hastigheten på kraftutviklingene, altså power, der evnen til å produsere så mye kraft som mulig på kortest mulig tid kan påvirke både sprint- og spenstferdigheter med bakgrunn i det store behovet for kort kontaktid (Young et al., 2015). En økning i powerferdigheter er ofte forbundet med økning i relativ styrke (1RM/kroppsvikt kg), og dermed forbedring av ferdigheter som akselerasjon og sprint (Helgerud, Rodas, Kemi & Hoff, 2011; Stølen et al., 2005). Ved å øke kraften i muskelsammentrekningene i de aktuelle musklene og muskelgruppene, kan akselerasjon og hastighet i de fysiske ferdighetene som anses som viktige i fotball, deriblant sprint og hurtige retnings- og tempoforandringer, forbedres (Bangsbo, 1994).

Selv om denne oppgaven kun fokuserer på fysisk kapasitet innenfor beinstyrke, hurtighet og spenst bør utholdenhet nevnes når en skal snakke om prestasjon i fotball da aerob kapasitet er en viktig faktor som påvirker opprettholdelsen av kvaliteten og intensiteten som kreves i de fysiske, tekniske og taktiske ferdighetene gjennom en hel kamp og sesong (Evangelos, Lefteris, Aristotelis, Ioannis & Natalia, 2016; Redkva, Paes, Fernandez & da-Silva, 2018). Avhengig av posisjon på banen forflytter en fotballspiller seg omlag 10-12 kilometer per kamp med en gjennomsnittlig intensitet på 80-90% av maksimal hjertefrekvens og 70-80% av maksimalt oksygenopptak (Casajús, 2001; Helgerud, Engen, Wisløff & Hoff, 2001; Hoff, Wisløff, Engen, Kemi & Helgerud, 2002), hvorav ca. 8-10% er høyintensitets løping på >19,1-19,8 km/t (Andrzejewski et al., 2018; Barnes et al., 2014; Bradley et al., 2013; Di Salvo et al., 2007; Osgnach et al., 2010). Aerob kapasitet kan derfor ha en påvirkning på prestasjonsindikatorer som tid tilbrakt i høy intensitet og antall sprinter (Evangelos et al., 2016; Helgerud et al., 2001). Dersom dette ses i sammenheng med at lineær sprint og vertikale hopp generelt er de hyppigst utførte aksjonene i de fleste målscoringssituasjoner (Faude et al., 2012), i tillegg til observasjoner om at det scores flest

mål i andre omgang, og gjerne mot slutten av en kamp (Armatas et al., 2007; Evangelos et al., 2018), er dette med på å underbygge viktigheten av aerob kapasitet i fotball. I tillegg er det sett en korrelasjon mellom aerob kapasitet og den endelige ligarangeringen etter endt sesong, hvor det er blitt observert signifikante forskjeller mellom toppen og bunnen av tabellen (Hoff, 2005; Wisløff, Helgerud & Hoff, 1998). Hovedfokuset i denne oppgaven har derimot, som nevnt, vært på beinstyrke, sprint- og spenstferdigheter, dermed har utholdenhet ikke vært interessant å se på og vil ikke bli nevneverdig tatt for seg videre.

### **2.1.1 Sprint**

Både akselerasjon og maksimal hastighet har vist seg å være viktige faktorer i fotball grunnet det duellerende aspektet ved egenskapen, altså evnen til å skape eller ødelegge målsjanser (Haugen, 2018; Haugen et al., 2013). En studie av Haugen et al. (2013) som tok for seg hvordan profesjonelle fotballspillers anaerobe ferdigheter har utviklet seg over tid observerte at sprinttid og topphastighet på 20m i gjennomsnitt var 1-2% bedre i perioden 2006-2010 enn 1995-1999, hvilket gir en indikasjon på at denne ferdigheten blir mer og mer viktig i moderne fotball. Dette støttes også av Barnes et al. (2014) hvor det er observert at total sprintdistanse og antall sprinter i kamp økte med henholdsvis ~35% og ~85% i den øverste divisjonen i England fra 2006/-07- til 2012/-13-sesongen.

Studier har vist at fotballspillere sprinter (hastighet >25 km/t) i gjennomsnitt 27-38 ganger i løpet av en kamp der antallet kan variere fra 17-58 avhengig av posisjon på banen (Burgess et al., 2006; Di Salvo et al., 2010; Di Salvo, Gregson, Atkinson, Tordoff & Druff, 2009; Di Salvo et al., 2013), med en total sprintdistanse på 152-500 meter. (Bradley et al., 2009; Burgess et al., 2006). Disse sprintene har en gjennomsnittlig varighet på 2-4 sekunder, distanse på ca. 20 meter og skjer med en hyppighet på ca. hvert 90. sekund (Burgess et al., 2006; Osgnach et al., 2010; Stølen et al., 2005). Her er det i tillegg viktig å påpeke at det er store forskjeller knyttet til posisjon på banen der midtstopperer har færrest og kortest sprinter, mens midtbanespillere og særlig kantspillere har flest og lengst sprinter i løpet av en kamp (Andrzejewski et al., 2018; Bradley et al., 2009; Di Salvo et al., 2009; Stølen et al., 2005). Det er også viktig å nevne at en skal være forsiktig med å sammenligne studier som tar for seg sprint opp mot hverandre da det ofte er ulik bruk av terskelhastighet for hva som kategoriseres som sprint. Eksempelvis brukes oftest >25 km/t som terskelhastighet (Bradley et al., 2009; Di Salvo et al., 2010; Di salvo et al., 2013; Faude et al., 2012; Mallo, Mena, Nevado & Paredes, 2015; Rampinini, Coutts, Castagna, Sassi & Impellizzeri, 2007), men det finnes også eksempler på studier som har kategorisert sprint som løpshastighet på >24 km/t (Burgess et

al., 2006), >23 km/t (Di Salvo et al., 2007), og >22 km/t (Osgnach et al., 2010). Løpshastighet på >19 km/t blir oftest kategorisert som høyintensitetsløp, men det finnes også eksempler på studier som har brukt denne hastigheten som terskel for sprint (Vigne, Gaudino, Rogowski, Alloatti & Hautier, 2010).

Forskning viser at omlag 90% av alle sprinter i fotball har en distanse på <20m (Di Salvo et al., 2010; Vigne et al., 2010), 70-80% foregår <10m og ca. 50% er <5m (Di Salvo et al., 2009; Di Salvo et al., 2010). Basert på dette kan det late til at evnen til akselerasjon er viktigere enn topphastighet for fotballspillere, noe som har blitt trukket frem som en potensielt undervurdert egenskap (Dalen et al., 2019). I nevnte studie ble det blant annet observert at spillere i snitt utfører  $91 \pm 17$  akselerasjoner i løpet av en kamp med 14% flere i første omgang enn i andre (Dalen et al., 2019). I tillegg er det observert at spillere i snitt utfører 34% færre akselerasjoner de siste 5 minuttene av en kamp, kontra i de første 5 minuttene, i alle spillerposisjoner (Dalen et al., 2019). Som kjent scores det flest mål mot slutten av en kamp (Armatas et al., 2007), og ofte etter utførelse av en sprint (Faude et al., 2012), ergo kan evnen til å utføre gjentatte akselerasjoner gjennom en hel kamp være en avgjørende faktor for kamputfallet (Dalen et al., 2019). Det later dessuten til at tid til maksfart spiller en større rolle enn topphastighet da utøvere i lagidretter kun trenger 20-36m på å oppnå topphastighet (Coleman & Dupler, 2004; Delecluse et al., 1995). Til sammenligning bruker profesjonelle 100m-sprintere ofte 50-60 meter på å oppnå topphastighet (Gajer, Thepaut-Mathieu & Lehenaff, 1999), mens sprint i fotball som nevnt ofte ikke er mer enn 20m (Di Salvo et al., 2010, Vigne et al., 2010). Det som derimot taler for at topphastighet er et viktig aspekt er at 70-75% av alle sprinter skjer fra et allerede påbegynt høy-intensitetsløp (Di Salvo et al., 2009; Di Salvo et al., 2010). I tillegg kan man se viktigheten av å forbedre hurtighet ved at en endring på bare 0,1 sekund på en 40 meter sprinttest kan utgjøre en forskjell på 0,7 meter i distanse, som kan være avgjørende for å om man vinner eller taper en løpsduell (Tønnesen et al., 2011).

### **2.1.2 Spenst**

En fotballspiller utfører i gjennomsnitt omlag 15 hopp i løpet av en kamp (Bangsbo, 1994), og spenstferdigheter har vist seg å være en av de grunnleggende faktorene som kreves for å prestere godt i idretten (Arnason et al., 2004). Dette på bakgrunn av at det er gjort observasjoner om at spillere som representer et høyere konkurransenivå har bedre spenstferdigheter (hopper høyere) enn spillere på lavere konkurransenivå (Arnason et al., 2004; Haugen et al., 2013). Herunder er det i tillegg sett en sammenheng mellom

tabellplassering og vertikal hopp høyde, hvor et lag med gjennomsnittlig høyere vertikal hopp høyde også fullførte høyere på tabellen (Arnason et al., 2004). En fotballspillers evne til å utføre raske og kraftfulle hopp er viktig for prestasjonen både hos den enkelte spilleren og laget som helhet da det blant annet er sett at vertikale hopp blant annet er en av de hyppigste utførte aksjonene før målscoringssituasjoner (Faude et al., 2012). Dette ser først og fremst ut til å gjelde når det scores med hodet etter innlegg eller dødballsituasjoner, og spesielt hos forsvarsspillere (Faude et al., 2012). Det later derimot til at vertikale hopp spiller en større rolle i defensive situasjoner når en spiller må reagere på motstanderens oppførsel og bevegelse, heller enn i målscoringssituasjoner (Faude et al., 2012).

Det er i tidligere studier gjort observasjoner om sammenhengen mellom spenst- og sprintferdigheter hos fotballspillere (Comfort et al., 2014; Haugen et al., 2013; Loturco et al., 2015; Loturco et al., 2020; Wisløff et al., 2004). Denne sammenhengen kan forklares av mekaniske konsepter. For å kunne hoppe høyere må man ha evnen til å raskt utvikle betydelige mengder kraft mot bakken fra begynnelsen av bevegelsen til avsats, altså når utøveren letter fra bakken (Loturco et al., 2015). Når kraften som utvikles mot bakken øker, øker også den vertikale hastigheten ved avsats, og dermed blir også hopp høyden høyere (Loturco et al., 2015). Tilsvarende har det vist seg at overgangen fra lavere til høyere sprinthastigheter, altså akselerasjonsfasen, resulterer i kortere kontakttider med en samtidig økning i maksimal vertikal kraftutvikling (Coyler et al., 2018). Derfor kan det fra et mekanisk synspunkt antas at spillere som er i stand til å hoppe høyere også vil være mer effektive i å akselerere fremover og vil oppnå høyere hastighet over korte avstander (Loturco et al., 2015). Dette er observert i forskning der det er sett sterke relasjoner mellom hopp høyde i svikhopp og sprinttid på <20m, samt svikhopp og topphastighet hos fotballspillere (Haugen et al., 2013). Der det derimot er sett at sprintdistanse og -hyppighet har økt med årene (Barnes et al., 2013), kan ikke det samme sies om spenstferdigheter hvor det ikke er observert noen signifikant forbedret utvikling med årene (Haugen et al., 2013), men dette er til nå et relativt lite utforsket område og kunne vært interessant å se videre på i senere forskning.

### **2.1.3 Beinstyrke**

Gjennom en kamp skal en fotballspiller utføre en rekke bevegelser bestående av kraftige muskelsammentrekninger, ikke bare for å utføre disse raskt, men også for å opprettholde balanse og kontroll over ballen mot defensivt trykk. Derfor er styrke og power, i lag med evnen til å repetere disse i løpet av en hel kamp, viktig for å opprettholde kvaliteten på disse bevegelsene på toppnivå i fotball (Wisløff et al., 2004). I en idrett der bevegelser domineres

av akselerasjoner og de-akselerasjoner fastslår Newtons andre lov om bevegelse ( $F=m*a$ ) at akselerasjonen for en gitt masse (spillernes kroppsvekt) er proporsjonalt, altså at det øker i samsvar med kraftutvikling. Dette kan fortelle noe om forholdet mellom kraftutvikling og sprint, og spenst, der en betydelig økning i kraftutvikling per kg kroppsvekt forventes å øke akselerasjon (Helgerud et al., 2011; Wisløff et al., 2004). På grunn av kraft-hastighetsforholdet, som viser til at høyere kraftutvikling foregår over lavere hastigheter, er det spesielt interessant å se på powerferdigheter da kraftutviklingene i fotball helst bør foregå så raskt som mulig for å effektivisere bevegelsene.

Hva gjelder betydningen av maksimal styrke har det vist seg å være en høy sammenheng mellom 1RM (repetisjon maksimum) i halv knebøy og tid på 10m sprint ( $r=0,94$ ), og noe lavere, men likevel god sammenheng for tid på 30m sprint ( $r=0,71$ ), samt vertikal hopphøyde ( $r=0,78$ ) (Wisløff et al., 2004). Dette betyr altså at det er en sammenheng der desto sterkere utøveren var i 1RM øvelsen, jo bedre prestasjon ble det på sprint- og spensttesten(e). Samsvarende resultater er vist i en studie av Comfort et al., (2014) der maksimal styrke (1RM) i knebøy korrelerer med bedre sprinttid på 5m og hopphøyde i svikthopp (CMJ), mens relativ styrke viste seg å ha en sammenheng med sprinttid på 20m. På generell basis viser forskning at det er stor enighet om at beinstyrke har en sammenheng med sprintprestasjoner, der sterkere utøvere later til å være raskere (Baker & Nance, 1999; Comfort, Bullock & Pearson, 2012; Comfort et al., 2014; Helgerud et al., 2011; Wisløff et al., 2004).

Når det kommer til maksimal løpshastighet og akselerasjonsevne er dette i stor grad avhengig av strekkapparatet i beina sin evne til å utvikle effekt, eller power (Rønnestad et al., 2008). Power defineres som kjent som arbeid utført per tidsenhet (Joule/sekunder eller produktet av kraft og hastighet) og referer til det nevromuskulære systemets evne til å gjennomføre størst mulig arbeid/produsere størst mulig impuls i en gitt tidsperiode (Stølen et al., 2005). Denne ferdigheten er derfor ikke bare avhengig av muskelens evne til å produsere mest mulig kraft (maksimal styrke), men også muskelens hastighetsegenskaper som vil beskrive hvor raskt denne kraften kan utvikles. Høyest mulig kraft ved høyest mulig fart er altså spesielt sentralt, samt høyest mulig kraftutvikling ved ulike hastigheter. Likevel er maksimal styrke en grunnleggende kvalitet som påvirker power-prestasjonen, og en økning i dette er vanligvis forbundet med forbedring i relativ styrke og dermed forbedring i power-egenskaper – heriblant akselerasjon og sprint (Helgerud et al., 2011; Stølen et al., 2005; Wisløff et al., 2004). Ved å øke den tilgjengelige kraften i muskelsammentreknings hos de aktuelle musklene eller muskelgruppene, kan akselerasjon og hastighet i de fysiske



ferdigheter som anses som viktige i fotball, som sprint og hurtige retnings- og tempoforandringer, forbedres (Bangsbo, 1994). I løpet av en fotballkamp skal utøverne gjennomføre en rekke eksplosive handlinger og evnen til å utvikle power vil derfor være viktig for å utføre disse bevegelsene med så høy kvalitet som mulig (Rønnestad et al., 2008; Wisløff et al., 2004). Det å implementere styrketrening i lagets treningsregime hvor de aktive musklene strekkes før de trekker seg sammen, kombinert med tradisjonell fotballtrening, ser derfor ut til å være effektivt for å forbedre sprintferdigheter (Beato, Bianchi, Coratella, Merlini & Drust, 2018; Chelly et al., 2010; Rønnestad et al., 2008; Slimani, Paravlić & Bragazzi, 2017).

## **2.2 Objektiv måling av treningsbelastning og prestasjon i kamp**

I nyere tid har bruken av teknologi for å objektivt overvåke treningsbelastning blitt veldig utbredt både i fotball og idrett generelt (Malone et al., 2015). Objektiv måling av treningsbelastning og fysisk prestasjon kan deles inn i to metoder; eksterne og interne. De eksterne metodene måler det faktiske arbeidet som blir utført, eksempelvis antall meter løpt, og kan måles med blant annet fysiske tester eller bevegelsesanalyser. Bevegelsesanalyser kan utføres ved bruk av videoanalyser eller GNSS-enheter (Global Navigation Satellite Systems), som er en fellesbetegnelse for alle satellittbaserte navigasjonssystemer. Disse målingene analyseres i sanntid, som betyr at dataene er tilgjengelige umiddelbart (Scott et al., 2016), mens videoanalyse ofte kan ta mange timer å gjennomføre og ses derfor på som mindre effektivt. Interne metoder for objektiv måling av treningsbelastning måler i motsetning det fysiologiske stresset kroppen blir utsatt for og inkluderer for eksempel puls- og laktatmålinger.

Opprinnelig var fotballag begrenset til bruk av subjektive skalaer for å overvåke treningsbelastning, og spesielt bruken av skalaen for å vurdere selvpoplevd anstrengelse (RPE) har vært utbredt (Malone et al., 2015). Senere har også bruk av pulsmålinger gjort det mulig å måle utøvernes kardiovaskulære respons på en treningsøkt. En begrensning ved dette har derimot vært at det kun har gitt en indikasjon på den interne responsen til en spiller, med mangel på kvantifisering av det eksterne arbeidet som er utført for å oppnå en slik respons (Malone et al., 2015). Denne begrensningen førte til utvikling av sporingssystemer og bevegelsesanalyser som har gjort det mulig å analysere treningsbelastningen i lagsport, både for individuelle utøvere og laget som helhet (Malone et al., 2015; Pyne et al., 2014). Bruk av bevegelsesanalyse (GNSS-system) og akselerometer har etter hvert blitt de mest utbredte

metodene for måling av treningsbelastning i fotball, mens i kamp er det nesten kun benyttet bevegelsesanalyse (Akenhead & Nassis, 2016). Dette fordi det tidligere har vært satt begrensninger til bruk av mikroteknologi i kamp der blant annet måling av puls og metabolsk power, som gir et estimat om energikravet som trengs for å eksempelvis utføre gjentatte akselerasjoner og de-akselerasjoner, tidligere ikke har vært tillatt (Akenhead & Nassis, 2016, Osgnach et al., 2010). Bruk av bevegelsesanalyse i form av GNSS-systemer tillater derimot å hente ut informasjon om totalt antall sprinter, maksfart, total distanse og antall sprinter i ulike hastighetssoner. Dette bidrar til å gi et objektivt mål på hvordan én enkelt utøver og laget som helhet presterer, samt da forsøke å bruke det til å finne ut hvordan hver individuelle utøver kan forbedre sine prestasjoner (Pyne et al., 2014). Alle elektroniske målesystemer som brukes i kamp for å måle utøvernes bevegelser må bære godkjenningsmerket «INTERNATIONAL MATCH STANDARD» (IMS) eller «FIFA QUALITY» (Fédération Internationale de Football Association (FIFA), 2018).

Et undervurdert aspekt i tidligere forskning på hvordan spillere beveger seg i kampsituasjon er meningen med bevegelsene. Dette kan innebære besittelse av ballen, støtte medspillere som er i besittelse av ballen, duell om ballen, unngå motspillere, løpe opp motspillere, samt andre tekniske og taktiske bevegelser (Bloomfield et al., 2007). Det later derimot til å bli tatt for gitt at alle bevegelser har en eller annen form for mening når det skal analyseres hvordan spillere beveger seg i kamp, og til nå er det kun én studie av Bloomfield et al. (2007) som har sett på denne faktoren. I denne studien ble det ved bruk av videoanalyse observert at spillerne brukte omlag 40% av total kamptid på å utføre meningsfulle bevegelser, hvorav det ble utført >700 retningsforandringer. Det ble også funnet forskjeller knyttet til de ulike posisjonene der angrepsspillere utførte flest høyintensitetsaksjoner, mens forsvarsspillere utførte prosentvis fler meningsfulle bevegelser mens de flytte seg bakover på banen (Bloomfield et al., 2007).

En potensiell og mindre undersøkt fysisk prestasjonsrelatert komponent i fotball er antall akselerasjoner og de-akselerasjoner gjennom en fotballkamp, og en relativt underekspontert faktor når det gjelder å undersøke fysisk prestasjon i form av akselerasjoner er spillernes posisjon på banen (Dalen et al., 2019). Tidligere forskning har blant annet vist at brede og sentrale midtbanespillere er de som løper mest under en fotballkamp, etterfulgt av backer, angrepsspillere og midtstopperer (Bradley et al., 2009). Videre er det også vist at midtstopperer spurter minst, mens brede midtbanespillere og backer spurter mest i distanse, samt at antall spurter og topphastighet har en nedadgående kurve utover i kamper i alle posisjoner (Bradley et al., 2009; Bradley et al., 2013; Dalen et al., 2019). Dette kunne vært

interessant å forske videre på da en bedre kartlegging av posisjonelle bevegelser kunne gjort det mulig å bedre tilrettelegge trening for de ulike posisjonene på banen.

### **2.2.1 Bruk av GNSS-system i idrett**

Globalt posisjoneringssystem (GPS) er et satellittbasert navigasjonssystem bestående av 27 satellitter som opprinnelig ble utviklet og brukt av det amerikanske forsvaret på 1970-tallet, men som i senere år har blitt tilgjengelig for offentligheten (El-Rabbany, 2002) og innført blant annet i idretten. En GPS-mottaker kommuniserer hele tiden med satellitter som kontinuerlig går i bane rundt jorda og mottar informasjon om hvor langt unna satellittene den befinner seg, og på denne måten kan den beregne mottakerens plassering og bevegelse i verden (El-Rabbany, 2002; Larsson, 2003; Scott et al., 2016). Betegnelsen GNSS står for «Global Navigation Satellite Systems» og kobler seg ikke bare på det opprinnelige amerikanske systemet (slik som GPS), men alle satellittsystemer det er mulig å koble seg til. Det er dette som etter hvert har blitt mest utbredt for å best mulig beregne nøyaktig posisjon.

For å så presist som mulig kunne beregne plasseringen må GNSS-mottakeren ha kontakt med minst 4 satellitter, og nøyaktigheten på dataene som samles inn avhenger av innsamlingshastigheten til mottakeren (Larsson, 2003). Per dags dato har mottakere med innsamlingshastighet på 10 Hertz (Hz) eller mer vist seg å være mest nøyaktig når de sammenlignes med lavere hastighet (Scott et al., 2016). Dette betyr at det samles inn informasjon om posisjon og bevegelse 10 ganger i sekundet. Det har derimot vist seg at lokale obstruksjoner som stadioner eller høye bygninger kan skape forstyrrelser i mottakelsen av GNSS-signaler, noe som kan by på utfordringer i idretten (Larsson, 2003; Scott et al., 2016). På grunn av dette er det anbefalt at GNSS-mottakerne oppbevares på et åpent område i ca. 15 minutter før bruk slik at de klarer å pare seg opp med satellittene (Scott et al., 2016).

Bruken av posisjoneringssystem i idrettslig sammenheng startet på 1990-tallet da det ble forsøkt testet ut om GNSS-mottakere kunne brukes for å observere forandringer i hastighet under gange, løping og sykling (Schutz & Chambas, 1997). Her ble det funnet ut at hastigheten som ble målt av GNSS-enhetene var tilnærmet det samme som faktisk hastighet målt med kronometer, med en feilmargen på  $\pm 0,8$  km/t (Schutz & Chambas, 1997). GNSS-systemene beregner hastighet ut ifra endringer i satellittsignalfrekvensen som oppstår på grunn av mottakerens bevegelse – kalt dopplereffekten (Larsson, 2003). Bruken av GNSS-system i idrettslig sammenheng kan dermed gjøre det mulig å observere og måle en utøvers posisjonering, hastighet og bevegelsesmønster under trenings- og konkurransesituasjon

(Cummins, Orr, O'Connor & West, 2013; Scott et al., 2016). Dersom GNSS-data i tillegg brukes i samspill med akselerometer, gyrometer og magnetometer, vil det også bli mulig å identifisere korte akselerasjoner/de-akselerasjoner, retningsforandringer og hopp. Disse innretningene vil her kunne bidra til å måle akselerasjon og kraft induisert av tyngdekraft for å kvantifisere kraftutviklinger (akselerometer), vinkelen på kraftutviklingen for å kvantifisere hopp og sprinter (gyrometer), og retningen på kraftutviklingen for å se i hvilken retning kraftutviklingene skjer (magnetometer).

Bruk av GNSS-system for å overvåke bevegelse og belastning under trening og kamp er populært utbredt i lagidretter ettersom det er en veldig lettvinntype måte å samle inn mye data på (Scott et al., 2016). Til sammenligning er også videoanalyse mye brukt i idrett for å observere bevegelsesmønstre, men der denne typen datainnsamling er veldig tidkrevende og kun gir mulighet for å observere én utøver av gangen, gir bruken av GNSS-system mulighet for å observere og samle inn data hos mange deltakere samtidig, i tillegg til at dataene blir tilgjengelig umiddelbart (Scott et al., 2016).

### **2.2.2 Bruk av GNSS-system i fotball**

I lagidretter som fotball har det lenge vært tradisjoner for å følge opp og analysere utøvere via GNSS-system og tilhørende data som distanse og hastighet (Akenhead & Nassis, 2016). Dette, i samspill med akselerometer, gyrometer og magnetometer, gjør det mulig å kartlegge og identifisere et bredt spekter av eksterne belastningsvariabler som tilbakelagt distanse, tid i hastighetssoner, akselerasjoner, antall sprinter osv. som kan gi en bedre forståelse av spesifikke fysiske krav i idretten knyttet til hver enkelt spillerposisjon, samt laget som helhet (Akenhead & Nassis, 2016; Bourdon et al., 2017; Cummins et al., 2013; Wallace, Slattery & Coutts, 2014). Slike data kan deretter brukes til å utforme individualiserte treningsprogrammer som tilstrekkelig forbereder den enkelte utøveren for konkurranse med mål om å optimalisere ytelsen på banen (Cummins et al., 2013; Pyne et al., 2014; Scott et al., 2016). Dette støttes også av Bloomfield et al. (2007) hvor det ble observert at angrepsspillere har flest aksjonsendringer med høy intensitet, mens midtbanespillere utfører færrest retningsforandringer, men har til gjengjeld flest hastighetsforandringer i løpet av en kamp.

En faktor som må tas i betraktning når man skal tolke GNSS-data fra kamp er det taktiske aspektet, og spesielt informasjon om laget leder eller ligger under. Det er blant annet funnet ut at laget som ledet til pause hadde dekket mer distanse i alle hastighetskategorier enn laget som lå under (Moalla et al., 2018). Ved fulltid hadde derimot laget som vant færre sprinter og høyintensitetsløp, noe som kan tyde på at det er blitt gjort taktiske endringer i

andre omgang (Moalla et al., 2018). Det er også vist at det er store forskjeller fra kamp til kamp hva gjelder høyintensitetsløping og total sprintdistanse, hvor det er dokumentert variasjoner på henholdsvis 10-22% og 19-46% (Carling, Bradley, McCall & Dupont, 2016; Gregson, Drust, Atkinson & Di Salvo, 2010). Total sprintdistanse har også vist seg å variere ut ifra om laget er i besittelse av ballen eller ikke, med variasjoner på henholdsvis 20-26% og ca. 30% (Carling et al., 2016; Gregson et al., 2010). I tillegg har det vist seg å være individuelle forskjeller hos spillere, med variasjoner i total sprintdistanse på opptil 60%, avhengig om de er i besittelse av ballen eller ikke (Carling et al., 2016).

Faktorer som konkurransesstandard (Di Salvo et al., 2013), motstander (Rampinini et al., 2007), tidspunkt i sesongen (Mohr et al., 2003) og underlag (Andersson, Ekblom & Krstrup, 2008) har også vist seg å påvirke spillernes bevegelser i kamp. Med bakgrunn i dette er det viktig at man er varsom når man skal tolke bevegelsesdata fra kampsituasjoner, og en skal helst bruke store datasett for å få et bedre bilde av gjennomsnittlig prestasjon i kamp (Gregson et al., 2010). Dette innebærer at man bør samle data fra flere kamper, og gjerne hos motstandere med variert nivå (høyt og lavt på tabellen), for å få et godt bilde av arbeidskrav og gjennomsnitt. Nøyaktig hvor mange kamper som kreves for å få en god analyse er det tilsynelatende ingen fasit på, men Gregson et al. (2010) antyder at spillere som har gjennomført 90 minutter i minst 10 kamper gjennom en sesong, eller 90 minutter i minst 4 kamper over en 8-ukers periode, vil kunne gi et godt bilde på arbeidskrav og fysisk kapasitet hos den enkelte. I tillegg kan det være en mulig å bruke GNSS-data fra standardisert spill både på stor og liten bane fra treninger for å monitorere bevegelser.

### **2.2.3 Catapultenheter**

Som nevnt må alle systemer som måler treningsbelastning i kamp bære enten godkjenningensmerket IMS eller FIFA QUALITY (FIFA, 2018). Av utstyr som bærer disse godkjenningensmerkene finnes blant annet Catapult Sports Vector S7 som er GNSS-enheten som ble benyttet i denne studien. I tillegg finnes det utstyr fra leverandørene RealTrack Systems og STATSports Group som bærer godkjenningensmerket (Pino-Ortega & Rico-González, 2020). Disse måleenhetene fra Catapult inneholder ikke bare en GNSS-brikke for å undersøke bevegelse, de inneholder også en integrert IMU-enhet (Inertial Measurement Unit) som består av et akselerometer, gyrometer og magnetometer. Disse innretningene bidrar, som nevnt, til å kvantifisere kraftutviklinger (akselerometer), vinkelen på kraftutviklingene (gyrometer), og retningen på kraftutviklingene (magnetometer). IMU-enheten vil i samspill med GNSS-enheten kunne gi en god forståelse av krav knyttet til

idretten i form av antall akselerasjoner, sprinter og lignende (Akenhead & Nassis, 2016; Bourdon et al., 2017; Cummins et al., 2013; Wallace et al., 2014).

### **2.3 Måling og testing av fysiske ferdigheter/kapasitet**

Spillernes fysiske ferdigheter/kapasitet kan måles ved bruk av ulike tester for egenskaper ansett som viktige i fotball, deriblant hurtighet, utholdenhet, spenst, evne til retningsforandringer, samt maksimal og eksplosiv styrke. Resultatene fra slike tester kan konkret si noe om en utøvers nivå på isolerte fysiske ferdigheter, men kun på ett gitt tidspunkt og kan ikke nødvendigvis si noe om hvordan utøveren presterer på banen. Dette fordi fysisk prestasjon varierer veldig fra kamp til kamp (Carling et al., 2016; Gregson et al., 2010) og påvirkes av en rekke ulike faktorer, deriblant taktikk som baseres på motstander og kampforløp. Derimot kan det å teste utøvere med jevne mellomrom fortelle noe om hvilken effekt treningen har hatt, finne styrker og svakheter hos spillerne, samt undersøke hvordan den underliggende fysiske kapasiteten har endret seg over tid hos de enkelte utøverne. Testing av utøvere vil altså kunne gi et bilde av den enkeltes fysiske kapasitet som ligger til grunn for prestasjonene på fotballbanen, samt hvordan denne kapasiteten endrer seg med trening gjennom en sesong. Hvorvidt endringer i underliggende fysisk kapasitet også fører til endring i hvordan den enkelte spilleren presterer i kamp er det derimot noe uklart rundt. Dermed kan det lønne seg å sette testresultater opp mot GNSS-data for å se hvordan den endringer i underliggende fysisk kapasitet har påvirket faktisk fysisk prestasjon på banen.

### **2.4 Sammenhengen mellom fysiske tester og fysisk prestasjon i kamp**

Det har lenge vært vanlig praksis å knytte resultater fra fysiske tester opp mot prestasjoner i kamp, og Bangsbo & Lindquist (1992) gjennomførte den første dokumenterte studien på dette hos profesjonelle fotballspillere. I denne studien ble det funnet en god korrelasjon mellom høyintensitetsløping og periodisk utholdenhetstest til utmattelse hvor det ble observert en svak sammenheng med totaldistanse, noe det også i senere studier ser ut til å være stor enighet om (Castagna, Impillizzeri, Cecchini, Rampinini & Alvarez, 2009; Rimpinini et al., 2007; Redkva et al., 2018).

Når det kommer til sammenhengen mellom eksplosive egenskaper og måling av fysisk prestasjon i kamp er dette et område som er relativt lite utforsket, men Silva, Magalhães, Ascensão, Seabra & Rebelo (2013) har gjort en studie på dette. Her ble det funnet en negativ korrelasjon mellom tid på 5m og 30m sprinttest, og sprintdistanse i kamp, hvilket vil si at

bedre tid på sprinttestene hadde en sammenheng med mer total sprintdistanse. Det samme gjaldt for høyintensitetsløping i fjerde 15min periode (46-60. spilleminutt) i kamp (Silva et al., 2013). Dette støttes opp av Black et al. (2018) sin studie på kvinnelige utøvere i australsk fotball som observerte at spillere med bedre tid på 5m og 30m sprint også tilbakela mer distanse med høyintensitetsløp i kamp. Som tidligere nevnt blir sprint og høyintensitetsløp delt inn i hastighets kategorier med ulike cutoff-verdier, eksempelvis blir sprint ofte kategorisert som hastigheter  $>25\text{km/t}$ , mens høyintensitetsløping ofte kategoriseres som hastigheter  $>19\text{km/t}$ . Desto raskere en spiller er, jo mindre tid kan den aktuelle spilleren potensielt bruke på å komme seg over denne terskelhastigheten, og holde seg der. En mulig logisk forklaring på hvordan bedre sprinttid kan påvirke total høyintensitetsløpsdistanse kan være at jo raskere en utøver er, eller jo mer power den enkelte klarer å produsere, jo mindre metabolsk kostnad vil det være for utøveren å tilbringe tid i høy hastighet (Osgnach et al., 2010). Et annet poeng er at jo raskere en spiller er, jo lengre distanse vil den aktuelle spilleren sannsynligvis klare å tilbakelegge i samme tidsrom. Det har i tillegg blitt observert en sammenheng mellom en retningsforandringstest og høyintensitetsløping i tredje 15min periode (31-45. spilleminutt) (Silva et al., 2013). En studie gjort på rugbyspillere har også vist at bedre tider på 10m og 40m sprinttest hadde god sammenheng med angrepsrelaterte prestasjoner, som evnen til å komme seg forbi forsvarslinjen til motstanderen med ball uten å bli taklet (Ross, Gill, Cronin & Malcata, 2015). I tillegg hadde resultater på repetert sprinttest og horisontal spensttest god sammenheng med forsvarsrelaterte prestasjoner, som effektiviteten på taklinger (Ross et al., 2015).

#### **2.4.1 Endring i fysisk prestasjon og kapasitet gjennom en sesong**

En fotballsesong er som nevnt lang og krevende og pågår i opptil 8-9 måneder, noe som utsetter spillerne for betydelig fysisk belastning (Anderson et al., 2016). En sesong kan deretter deles inn i en forberedelsesperiode, to konkurranseperioder og en overgangsperiode mellom slutten av sesongen og begynnelsen av forberedelsesperioden (Lyakh et al., 2016). På grunn av denne lengden på konkurranseperioden, samt at hver kamp i utgangspunktet er like viktig, følger ofte ikke idretten den klassiske periodiseringsmodellen der treningsvolum og intensitet endres markant inn mot konkurranse for å oppnå en formtopp (Bomba & Haff, 2009; Turner, 2011). En slik formtopp er det ikke mulig å opprettholde stort mer enn 2-3 uker (Turner, 2011) og er derfor lite gunstig for fotball. Derimot gjøres en form for formtopping ukentlig i mikrosykluser der treningsvolum og intensitet varierer ut ifra hvor lenge det er til kamp (Lyakh et al., 2016; Malone et al., 2015). Dette betyr altså at det gjennomføres tyngre

øker når det er lenge til kamp, og lettere øker de nærmeste dagene for å samle overskudd og restituere.

Flere studier har observert at utholdenheten hos spillere forbedrer seg under forberedelsesperioden (Caldwell & Peters, 2009; Kalapotharakos, Ziogas & Tokmakidis, 2011; Meckel, Doron, Eliakim & Eliakim, 2018), for deretter å opprettholdes (Kalapotharakos et al., 2011; Meckel et al., 2018) eller ha en degresjon (Caldwell & Peters, 2009) gjennom en sesong. Sprintprestasjoner har også en tendens til å forbedre seg frem til midtsesongen (Caldwell & Peters, 2009; Meckel et al., 2018), og vedlikeholdes frem til slutten (Caldwell & Peters, 2009). Studier som har undersøkt retningsforandringer viser også at dette forbedres kontinuerlig fra forberedelsesperioden frem til utenfor sesong (Caldwell & Peters, 2009; Meckel et al., 2018). Det samme har også vist seg å gjelde for både sprint og spenst (Haugen, 2018). I tillegg virker det å være en tendens til at flere fysiske egenskaper reduseres signifikant dersom de ikke vedlikeholdes (Caldwell & Peters, 2009). Blant annet reduseres styrkeprestasjonen raskt dersom den ikke opprettholdes i eller utenfor sesong (Rønnestad et al., 2010). Dette er som kjent en faktor som påvirker sprintegenskaper (Helgerud et al., 2011; Rønnestad et al., 2008; Wisløff et al., 2004), og vedlikehold av maksimal styrke vil kunne bidra til å opprettholde sprintferdigheter. Kun én økt med styrketrening i uka har vist seg å være nok for å opprettholde hurtighet, styrke og spenst gjennom en sesong (Rønnestad et al., 2010).

Flere studier som har sett på hvordan prestasjon i kamp endrer seg gjennom en sesong har funnet ut at det skjer en økning av fysisk prestasjon mot slutten av en sesong, og endret taktikk, adaptasjon til kampkrav, forbedret fysisk kapasitet og mer treningstid nevnes som mulige påvirkningsfaktorer (Haugen et al., 2018; Mohr et al., 2003; Rampinini et al., 2007; Silva et al., 2013). Forbedret fysisk kapasitet later likevel ikke til å ha noe utslag for bedret kampprestasjon da det ikke er observert noen signifikant forbedring på slutten av sesongen sammenlignet med tidligere i sesongen. Dette er det derimot fremdeles mye usikkerhet rundt og må undersøkes nøyere.

## **2.5 Oppsummering**

Det virker å være tydelig at god fysisk kapasitet er nødvendig når det kommer til prestasjon på toppnivå i fotball. Dette kan blant annet ses ved at idretten stadig får et økende tempo der høyintensitetsløp og sprinter har hatt en økende tendens med årene (Barnes et al., 2014; Haugen et al., 2013), og spillernes eksplosive ferdigheter ser spesielt ut til å være viktig for



prestasjonen. Dette kommer blant annet frem ved at lineære sprinter og vertikale hopp er de hyppigst utførte aksjonene før en målscoringssituasjon (Faude et al., 2012). Når det i tillegg er observert at det gjennomføres 1000-1400 aksjoner, herunder 608-882 retningsforandringer,  $91 \pm 17$  akselerasjoner og ca. 15 hopp, vil dessuten evnen til å utføre disse aksjonene med høyest mulig kvalitet være avgjørende for prestasjonen på toppnivå. Dermed kan evnen til kraftutvikling i beina være en stor påvirkningsfaktor for prestasjonen da det blant annet er sett sterke korrelasjoner mellom sprint, spenst og beinstyrke (Wisløff et al., 2004). Ved å øke den tilgjengelige kraften i musklene kan akselerasjon og hastighet på bevegelser også forbedres (Bangsbo, 1994), men spesielt viktig vil evnen til å utvikle mest mulig kraft på kortest mulig tid (power) være sentral da det later til at bevegelser bør skje med så kort kontakttid som mulig. På denne måten kan det bli mindre kostbart for en spiller å gjennomføre et hopp eller raskest mulig oppnå topphastighet, og oppholde seg i den.

Monitorering av spillernes arbeidskrav, fysiske kapasitet, bevegelse og belastning under kamp og trening har etter hvert blitt svært utbredt i fotballen. Nøyaktigheten på disse målingene har med tiden økt og gått fra bruk av tidkrevende videoanalyse, til at spillerne bruker GNSS-enheter med tilhørende akselerometer, gyroskop og magnetometer for å kvantifisere korte og intensive bevegelser. Kombinasjonen av dette og fysiske tester har gjort det mulig å få en objektiv oversikt over både hvordan spillerne presterer i kamp, samtidig som en kan undersøke hvordan underliggende fysisk kapasitet har en sammenheng med fysisk prestasjon og hvordan trening har påvirket prestasjonen.

Selv om det etter hvert er blitt gjort en del forskning på området rundt sammenhengen mellom fysisk kapasitet og faktisk fysisk prestasjon på fotballbanene, virker det fortsatt å være mye usikkerhet rundt dette. Med bakgrunn i at det er sett en tendens til at spillets intensitet har økt med årene kan det antas at arbeidskravene til toppfotballspillere i moderne fotball fortsatt er økende, og det vil være et interessant tema for idrettsforskere å undersøke videre. Blant annet virker det å være mye forskning på sammenhengen mellom fotballspilleres utholdenhet og fysiske prestasjon på banen, men det virker fortsatt å være noe mangelfull informasjon rundt sammenhengen mellom eksplosive ferdigheter og fysisk prestasjon på fotballbanen. Det kan derfor være interessant å forske videre på dette området, og spesielt sammenhengen mellom spenst- og sprintferdigheter i fotball er tilsynelatende fortsatt relativt lite forsket på.

## 3 Metode

### 3.1 Studiedesign

Planen var i utgangspunktet å gjennomføre en randomisert kontrollert studie (RCT) med hensikt å se på endringer i fysisk kapasitet, og hvordan dette påvirket fysisk prestasjon på fotballbanen. Studien skulle ta for seg hvordan hastighetsbasert styrketrening (VBST) hadde en påvirkning på spillernes kapasitet i sprint, spenst og beinstyrke. Hypotesen var da at trening med et relativt lite hastighetsfall, som 20%, gav bedre treningseffekt i form av muskelvekst, styrke og eksplosiv styrke (spenst/hurtighet) enn et stort hastighetsfall (40%), når treningsvolumet ble kontrollert for. Videre skulle disse resultatene kobles opp mot GNSS-data fra kamp for å undersøke hvilke effekter treningsintervensjonen hadde gitt i idrettsspesifikke bevegelser. På grunn av Covid 19-pandemien lot dette seg derimot ikke gjennomføre og vi anser det som heldig at vi i det hele tatt har fått muligheten til å gjennomføre fysiske tester med en toppfotballklubb på grunn av smittesituasjonen i landet. Dermed ble denne studien gjennomført som en observasjonsstudie som ved bruk av data fra catapultsystem benyttet i kamper og under trening, samt resultat fra fysiske tester, kunne kartlegge spillernes fysiske kapasitet og prestasjon på fotballbanen. Det ble gjennomført tester i sprint (30m), spenst (svikhopp) og beinpress (10-steps test med økende belastning) høsten 2020, under landslagspause, ca. 2-3 uker inn i datainnsamlingsperioden. Dette tidspunktet ble valgt i samarbeid med klubben slik at man på best mulig måte unngikk unødvendige forstyrrelser for deltakerne/laget under trening, kampforberedelser, eller kamp.

Alle fysiske tester ble gjennomført innendørs ved Spicheren treningssenter/Olympiatoppen sør sine lokaler i Kristiansand av mastergradsstudenter i idrettsvitenskap, under oppsyn av doktorgradsstipendiater og veiledere. I tillegg var minimum én ansatt fra støtteapparatet til klubben til stede under hele testperioden. Testene foregikk over 2 dager høsten 2020 der førstelagstroppen ble testet én dag, og andrelagstroppen en annen dag. Spillere som var på landslagsoppdrag på de aktuelle datoene ble testet ved en senere anledning. Deltakerne ble kalt inn én og én og brukte ca. 1,5 time hver på å gjennomføre alle testene, ergo krevde det relativt lite tid fra hver spiller for å gjennomføre hele syklusen.

Data fra posisjonssystemet ble samlet inn fra lagets totalt 7 kamper over 9 uker i perioden 21. august til 25. oktober 2020 mot motstandere av varierende kvalitet (høyt og lavt på tabellen). Så få antall kamper gir relativt lite informasjon og på bakgrunn av dette ble det i tillegg inkludert data fra lagets treninger i den samme perioden. Datainnsamlingen foregikk relativt uforstyrret for spillere og støtteapparat da ingen personer fra forskningsprosjektet som

ikke var tilknyttet klubben, var til stede under trening eller kamp. I tillegg har det vært strenge retningslinjer grunnet Covid-19-pandemien som har gjort at personer tilknyttet laget skulle være i så lite kontakt som mulig med utenforstående. Alle deltakerne var dessuten vant til å bruke catapultsystemet under trening og kamp fra før, så det var heller ikke nødvendig med noen ekstra tilvenningsperiode for dette. Deltakelse i studien har i liten grad krevd noe ekstra tid av spillerne da testing har foregått under landslagspause i sesong, mens spillere som var på landslagsoppdrag i denne perioden ble testet da de var tilbake.

### 3.2 Forsøkspersoner

Forsøkspersonene i denne studien var profesjonelle mannlige fotballspillere på nasjonalt nivå og ble derfor rekruttert fra IK Start's første- og andrelagstropp. Deltakerne som ble inkludert i studien var spillere som hadde data fra både trening og kamp i den avgrensede tidsperioden. Totalt ble det gjennomført tester på 42 deltakere fra første- og andrelagstroppen, representert med henholdsvis 25 og 17 spillere. Av disse ble til slutt 30 deltakere (n=30) inkludert i studien, hvorav første- og andrelagstroppen til slutt ble representert med henholdsvis 22 og 8 spillere. Dette fordi det kun var disse 30 spillere som hadde GNSS-data fra catapultenhetene i denne tidsperioden. Alder, høyde og vekt hos utvalget ble registrert da deltakerne ankom på testdagen, hvor gjennomsnittlig alder hos deltakerne var 22,9 år og varierte fra 17 år (yngst) til 36 år (eldst). Karakteristika ved utvalget er presentert i tabell 1.

**Tabell 1:** Karakteristika ved utvalget

<b>Deltakere</b>	<b>Førstelag</b>	<b>Andrelag</b>	<b>Totalt</b>
<b>N</b>	22	8	30
<b>Alder (år)</b>	25,0 ± 4,8	17,3 ± 0,5*	22,9 ± 5,4
<b>Høyde (cm)</b>	182,0 ± 4,9	183,0 ± 5,4	182,2 ± 4,9
<b>Vekt (kg)</b>	78,7 ± 5,0	78,0 ± 7,3	78,5 ± 5,6

Data er presentert med gjennomsnitt ± standardavvik. N=antall deltakere, cm=centimeter, kg=kilogram.

\*=Forskjell fra førstelag (P<0,0001)

### 3.3 Testgjennomføring

Under selve testdagen startet deltakerne med å fylle ut et samtykkeskjema for studien, for deretter å gjennomføre en kroppsanalyse. Her ble også alder, høyde og vekt for deltakerne registrert. Videre fikk de ca. 10 minutters oppvarming før 30-meter sprinttest. Deretter ble det

gjennomført spensttest i form av countermovement jump (CMJ), eller svikthopp på norsk, før testdagen ble avsluttet med en 10-steps beinstyrketest i Keiser beinpress-apparat (Keiser Leg Press A300, Modell 2531, Keiser Corporation, Fresno CA USA).

Studien ble gjennomført under strenge retningslinjer i henhold til Covid-19-pandemien ettersom spillerne reiste rundt i landet og hadde sine egne strenge retningslinjer de måtte følge, og som vi som testledere også tok hensyn til og fulgte. Det ble brukt engangshansker og -munnbind, og både hender og utstyr ble spritet mellom hver testperson for å minimere smitterisiko. I tillegg var det satt en maksimal antallsgrense på 2-4 personer inne på de ulike testrommene, avhengig av størrelse på rommene, samt hvor nødvendig det var å være flere personer der inne. Dette gjorde det mulig å opprettholde sikker avstand (>1 meter) mellom deltakere, testledere og andre personer tilknyttet laget/studien og anlegget. Testledere fikk heller ikke lov til å forlate lokalet under testdagene, og personer som ikke var tilknyttet klubben, Spicheren treningssenter, Olympiatoppen eller universitetet, ble så godt det lot seg gjøre holdt utenfor lokalet. Samtidig ble retningslinjer fra Helsinkideklarasjonen fulgt der deltakerne under testdagene fikk utdelt et samtykkeskjema fra De nasjonale forskningsetiske komiteene (FEK) (VEDLEGG) som måtte signeres. Forsøket ble godkjent av Norsk senter for forskningsdata (NSD) (VEDLEGG).

### **3.4 Testprotokoll/datainnsamling**

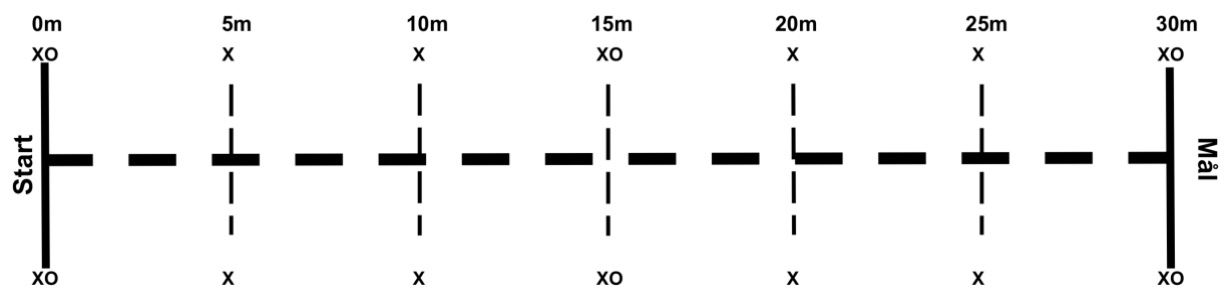
For testing og måling av hurtighet, spenst og beinstyrke under de fysiske testene ble det brukt MuscleLab-systemer (Ergotest Innovation AS, Porsgrunn, Norway) under testing av hurtighet og spenst, samt Brower-system (Brower Timing Systems, Draper, USA) under hurtighetstesting. Ved testing av power og maksimal styrke i bein ble det benyttet et beinpressapparat fra Keiser. For objektiv måling av treningsbelastning ble det benyttet et GNSS-basert system fra Catapult (Catapult Vector S7, Catapult Sports Ltd, Melbourne, Australia).

#### **3.4.1 Sprinttest**

Anbefalinger for testing av hurtighet hos lagidrettsutøvere sier at fokuset bør være på akselerasjoner over 5-40m (Teo, Newton & McGuigan 2011). Med bakgrunn i dette, og at de fleste sprinter i fotball stort sett ikke er mer enn 20m (Di Salvo et al., 2010; Vigne et al., 2010), ble sprinttesten gjennomført på 30m hvor det også ble registrert mellomtider for hver 5. meter. Dette foregikk innendørs på en oppmerket 30 meters bane, og ble registrert ved bruk

av MuscleLab-system koblet opp mot software fra MuscleLab (MuscleLab 20, versjon 10.201.93.5113) på nettbrett. Fotoceller og reflektorer ble plassert på hver sin side av banen med en avstand på ca. 1,6 meter. Den første måleren ble plassert på bakken på startstreken der testpersonene plasserte foten, og tidtakingen startet dermed så fort foten forlot startstreken fra gulvet. Testpersonen valgte selv hvilken fot han plasserte der. Videre ble det plassert fotoceller og reflektorer på 5, 10, 15, 20, 25 og 30 meter, ca. 120 cm over bakken. I tillegg ble det plassert sensorer fra Brower-system på startstreken, 15m og 30m på samme bredde som MuscleLab-systemet. De første sensorene ble plassert ca. 20 cm over startstreken og tidtakingen startet når benet brøt laseren mellom de to sensorene, mens de resterende ble plassert på høyde med MuscleLab-systemet. Det ble benyttet to systemer for å validitetssikre testresultatene, og samtidig sammenligne tallene (tiden) fra begge systemene opp mot hverandre for å kontrollere at de stemte. Løpebanen med målepunkter for både MuscleLab- og Brower-system er illustrert i figur 1. Reliabiliteten til 30m sprinttest har vist seg å være god med en variasjonskoeffisient (CV) på 1,2% (Lindberg, upublisert 2021). I tillegg har toppfart, 10m- og 20m sprinttest en CV på henholdsvis 2%, 1,8% og 1,4% (Lindberg, upublisert 2021), hvilket tilsier at disse testene også har god reliabilitet.

Alle testpersoner gjennomførte en standardisert oppvarming på 10 minutter bestående av jogging på tredemølle med høye kneløft og rumpespark, etterfulgt av 2-4 stigningsløp på løpebanen, alt ettersom hva den enkelte testpersonen følte han trengte. Selve sprinttesten ble deretter gjennomført med 2-4 forsøk, evt. flere dersom testpersonen gjorde det bedre for hvert forsøk. Mellom hvert løp ble det lagt inn 3-4 minutter pause og det ble gitt beskjed om når det var 1 minutt igjen.

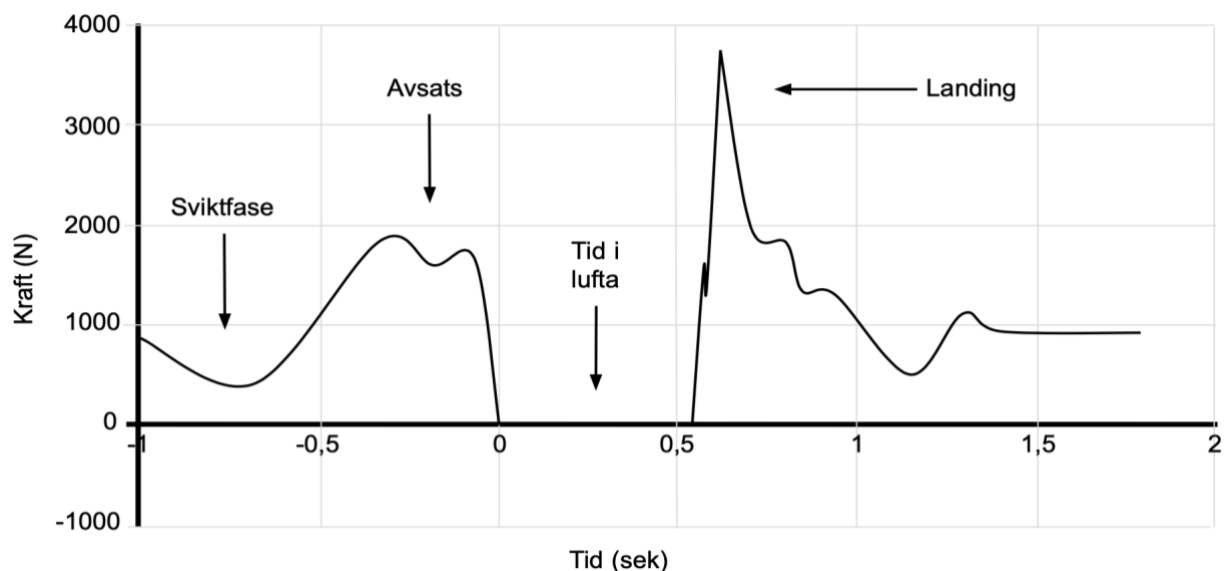


**Figur 1:** Enkel illustrasjon av 30m løpebanen. Den vannrette linjen illustrerer banen, mens de loddrette linjene markerer målepunktene for hver 5. meter. X markerer målepunkt for MuscleLab-system (hver 5. meter); O markerer målepunkt for Brower system (hver 15. meter)

### 3.4.2 Spentstest

Spentstesten ble gjennomført i form av CMJ. I denne testen startet testpersonene i oppreist posisjon med hendene plassert på hofta og frivillig beinstilling. De ble så instruert om å gå

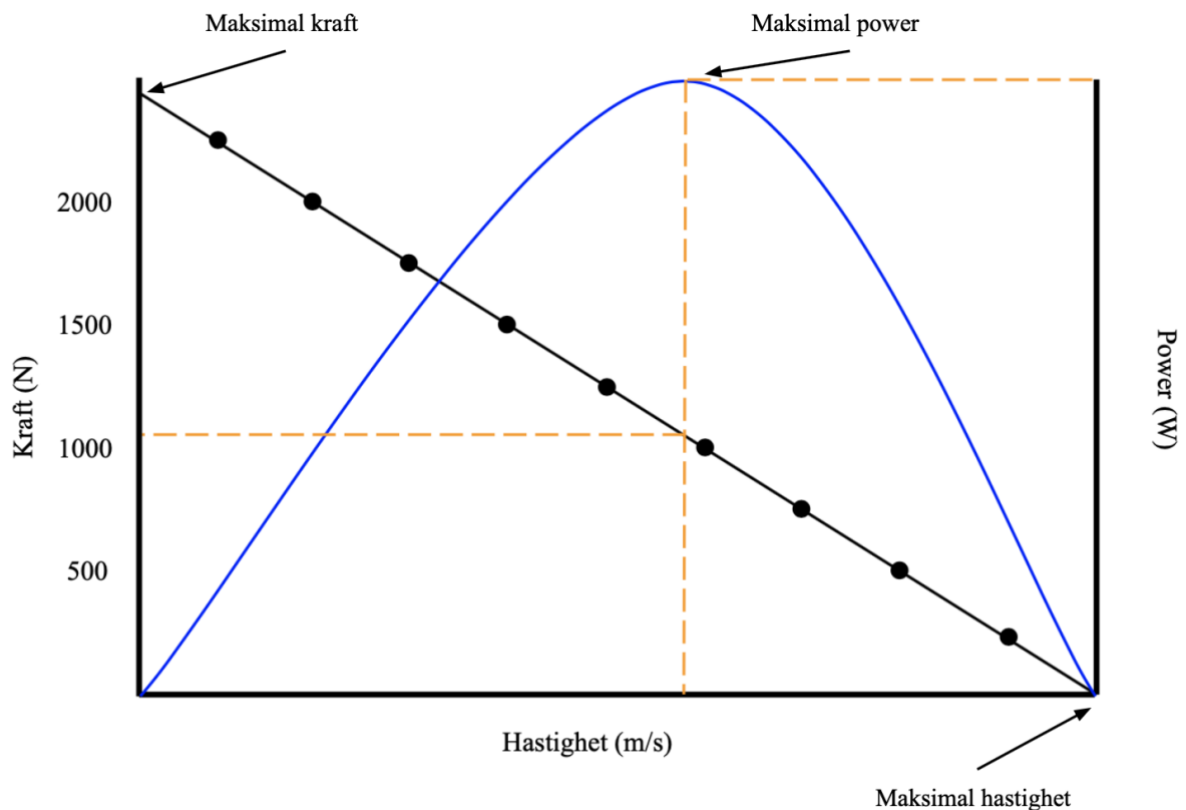
ned i sats (så dypt de selv måtte ønske), for deretter å hoppe så høyt de klarte. Testen ble gjennomført og registrert ved bruk av en kraftplattform fra MuscleLab koblet opp mot software fra MuscleLab på nettbrett. Hopp høyden fra denne plattformen blir så beregnet ut ifra kraftimpulsen i avsatsen i forhold til kroppsvekten til deltakeren (Linthorne, 2001). Se illustrasjon i figur 2. Dermed har det eksempelvis ingenting å si om deltakerne ønsket å trekke til seg knærne under hoppet, slik som ved måling av hopp høyde via flytid. Hver testperson gjennomførte 2 serier på 3-5 hopp, med 2 minutter pause mellom seriene, og 10-20 sekunder pause mellom hvert hopp. Dersom resultatene fra serie 2 var bedre enn serie 1 ble det gjennomført en tredje serie. For å forsikre at testene var valide ble det før hver serie kontrollert for at kraftplattformen var nullstilt og at frekvensen var satt til 1000Hz. Forskning har også vist at reliabiliteten til CMJ er god med en CV på <1-5% (Cormack, Newton, McGulan & Doyle, 2008; Lindberg upublisert, 2021; Jiménez-Reyes et al., 2017).



**Figur 2:** Illustrasjon av kraftutvikling mot plattform. N=Newton, sek=sekund

### 3.4.3 Beinstyrketest

Beinstyrketesten ble gjennomført ved bruk av Keiser beinpressapparat. I et slikt beinpressapparat styres motstanden av lufttrykk og måler hastighet (m/s) og kraft (N) på utførelsen. Målet med testen er å dytte ifra med beina så raskt man klarer for å utvikle høyest mulig power (W) (kraft\*hastighet), illustrert i figur 3. I et tradisjonelt beinpressapparat er det vanlig at beina er plassert på en plate mens kroppen dyttes bakover, men i denne maskinen sitter man fast og dytter ifra med beina. Føttene ble dessuten plassert på hver sin «pedal» slik at det ble mulig å måle begge bein uavhengig av hverandre.



**Figur 3:** Illustrasjon av en kraft-hastighetsprofil. Maksimal power er produktet av kraft\*hastighet og fremstår som verdien der summen av disse variablene er høyest. N=Newton, m/s=meter per sekund, W=watt.

Før testen ble satt i gang ble setet stilt inn slik at vinkelen i kneleddet var på 80-90 grader. Deretter ble motstanden satt til 100kgf (kilogram force) hvor deltakerne skulle foreta 3-5 prøveforsøk, for så å sette motstanden til 60kgf og gjøre det samme. Deltakerne fikk instruksjon om å utføre hver repetisjon med full hastighet og maksimal innsats. Når deltakeren følte han hadde forstått testen og var klar, ble den satt i gang.

Selve testen startet med to oppvarmingsrepetisjoner. Deretter foregikk gjennomføringen ved at deltakerne utførte en 10-steps test. Maskinen styrte selv pausene og motstanden som begge økte for hver repetisjon (totalt 10) der den startet veldig lett og ble avsluttet der testpersonen ikke klarte mer. For at motstanden skulle bli riktig beregnet var det viktig at testpersonen gjennomførte hver repetisjon med så høy hastighet som mulig. Etter hvert som motstanden ble tyngre gikk hastigheten på repetisjonene ned, og power ble dermed lavere selv om kraftutviklingen ble høyere. Dette fordi power følger en omvendt U-kurve som vist i figur 3. Som nevnt ble hastighet (m/s) og kraft (N), og ut ifra dette power (W), målt for hver repetisjon slik at resultatene fra de ulike belastningsnivåene kunne sammenlignes mot hverandre. Med en CV på 4-8% (Lindberg et al., 2021) har reliabiliteten til styrke og power i en keiser beinpresstest vist seg å være god.

### 3.4.4 Catapultenheter

For objektiv måling av utendørs treningsbelastning ble det benyttet et GNSS-basert system fra Catapult (Vector S7), illustrert i figur 4, som spillerne hadde på seg under trening og kamp, koblet opp mot software på PC/nettbrett. Denne catapultenheten består av en GNSS-chip, hvilket betyr at den klarer å koble seg til både det amerikanske og det russiske satellittnettverket, noe som bidrar å styrke dens nøyaktighet. I tillegg inneholdt enheten en IMU-enhet (Inertial Measurement Unit). Denne enheten består av et akselerometer, gyrometer og magnetometer, noe som gjorde det mulig å identifisere og kvantifisere korte, eksplosive handlinger som normalt ikke fanges opp av GNSS-signaler. På denne måten har det vært mulig å identifisere et bredt spekter av eksterne belastningsvariabler, eksempelvis tilbakelagt distanse, tid i hastighetssoner, maksimal og gjennomsnittlig hastighet, antall sprinter, hopp, akselerasjoner og de-akselerasjoner, retningsforandringer, og lignende (Akenhead & Nassis, 2016; Bourdon et al., 2017; Wallace et al., 2014). Frekvensen på datainnsamlingen foregikk med en hastighet på 10Hz på GPS-chipen, mens sensorene i IMU-enheten hadde en innsamlingshastighet på 100Hz hver. Catapult-enheten hadde en størrelse på 81\*43,5\*15,9mm (lengde\*bredde\*dybde), veide 53gram, og var festet mellom skulderbladene i en vest fra produsenten.



**Figur 4:** Et eksempel på en avansert GNSS-enhet med integrerte sensorer som måler kraft, vinkel og retning og blir brukt til å følge opp idrettsutøvere

### 3.5 Databehandling og analyse

Alle data ble behandlet med MATLAB (R2020 version, MathWorks, Inc., Natick, USA). Figurer og tabeller er utarbeidet i Microsoft Excel, versjon 16.45 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) for Mac.

På grunn av det store antallet variabler som tilbys av GNSS-sporingsystemet, brukte vi en informert datautforskningsmetode. GNSS-variablene som ble inkludert i studien ble hentet fra catapultplattformen Openfield. Fra denne plattformen ble alle forhåndsdefinerte



variabler fra utvalget samlet inn i perioden 21. august til 25. oktober, som inkluderer både kamper og treningsøkter. Disse variablene bestod av forskjellige beregninger for hastighet, akselerasjon, bevegelsesberegninger, spillerbelastning mm. For komplett liste av parametrene fra Openfield-konsollen, se deres dokumentasjon på <https://support.catapultsports.com/hc/en-us/sections/360000108236-Parameters>. Hver kategori av variabler er igjen delt inn i en rekke variabler, for eksempel er akselerasjoner delt inn i totalt antall akselerasjoner, avstand dekket i en akselerasjon, den totale tiden involvert i en akselerasjon og maksimal oppnådd akselerasjon. Flere av variablene er deretter delt inn i «soner» med ulike cutoff-verdier for hver variabel. For eksempel, for totalt antall akselerasjoner, kan man ha 3 variabler (eller flere): en mellom 1-3, 4-6 og 6-10 m/s. Det totale antallet ulike GNSS-variabler var 1310 for hver deltaker. Disse variablene ble deretter registrert med et gjennomsnitt på  $16 \pm 11$  (maks: 32, minst: 1) ulike økter for hver deltaker. Den høyeste verdien hver deltaker hadde på hver av de 1310 variablene samlet inn over de ulike øktene ble så brukt til videre analyse. Eksempelvis ble den høyeste hastigheten deltakerne oppnådde på alle de inkluderte øktene brukt i analysene. Variablene ble deretter korrelert med prestasjonsdata (målt i lab) og sortert i rekkefølge fra sterkeste (positiv og negativ) til svakeste. Deretter ble variablene med sterkest korrelasjon med prestasjonsdata fra kategoriene akselerasjon, spillerbelastning og metabolsk power valgt for videre regresjonsanalyse. Variabelen for toppfart ble forhåndsbestemt uavhengig av sorteringen av korrelasjoner.

### 3.5.1 Variabler for fysisk prestasjon fra catapultsystem

**Max vel (m/s):** Maksimal oppnådd hastighet i meter per sekund.

**Acc B2-3 Tot Eff (Gen 2):** Akselerasjon. Denne variabelen telte totalt antall akselerasjoner fra akselerasjonssone 2 til 3 hvor bare akselerasjoner over  $5\text{km/t}^{-1}$  ble registrert. En akselerasjon med varighet på under 0,9 sekunder ville heller ikke bli registrert, hvilket nærmest forsikret at de rapporterte bevegelsene var bevegelser på  $>3-4$  meter (ca. 3 steg). Derimot, dersom en akselerasjon eksempelvis hadde en varighet på 0,9 sekunder, etterfulgt av en stoppfase (eks. retningsforandring) for så en ny akselerasjon på 0,9 sekunder, ville dette registreres som én akselerasjonssekvens dersom stoppfasen var kortere enn 0,8 sekunder.

**MP B6 Avg Power:** Metabolsk power. Denne variabelen estimerte gjennomsnittlig metabolsk power (energikostnaden) til akselerasjonene og de-akselerasjonene i hastighetszone 6 målt med GNSS-enheten. Denne estimeringen baserer seg på utregningene til Osgnach et al. (2010) hvor lineære akselerasjoner og de-akselerasjoner antas å være de primære kildene til

energikostnaden. Variabelen forteller altså hvor mye det gjennomsnittlig har kostet for spillerne å utføre bevegelser i hastighetszone 6.

**PL B3 Avg Eff:** Spillerbelastning. Denne variabelen er summen av alle akselerasjoner over alle akser til hastighetszone 3 i det triaksale akselerometeret under bevegelse. Den beregner den øyeblikkelige hastigheten på endring av akselerasjoner og deler den på en skaleringsfaktor (deles på 100). Skaleringsfaktoren brukes til å redusere den totale verdien av den akkumulerte spillerbelastningen og ble utviklet av Australian Institute of Sport. Den forteller altså hvor mye gjennomsnittlig arbeid en spiller har utført i zone 3 i løpet av kamp og trening.

### 3.6 Statistiske analyser

Kontinuerlige data ble ved bruk av histogram og scatterplot for å kontrollere spredning og normalfordeling av regresjonsrester, vurdert som normalfordelt. Dermed er deskriptive data oppgitt i gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik (SD). Statistiske analyser er utført i MATLAB.

En multippel lineær regresjonsanalyse ble brukt for å vurdere assosiasjonene mellom GNSS-variablene og muskelstyrke, power, sprint og spentsferdigheter. I tillegg ble det gjort en Pearsons r-analyse for å korrelere de ekstra variablene som ikke er inkludert i hovedanalysen. For å undersøke sammenhengen mellom de ulike fysiske kapasitetene målt med ulike tester ble det gjort lineære regresjonsanalyser presentert med scatterplot og  $R^2$ -verdier. På denne måten har det vært mulig å observere en tendens til om blant annet spentsferdigheter kan forklare sprintferdigheter. For å undersøke forskjellen på tid mellom målepunkter på 30m sprinttesten ble det gjort uavhengige T-tester. Signifikansnivået ble satt til 5% ( $P < 0,05$ ).

## **4 Resultater**

### **4.1 Resultater for fysisk testing og catapultenheter**

Testresultatene for fysisk kapasitet og fra catapultenhetene er presentert for første- og andrelaget separert, og for gruppen som helhet. I hovedanalysene for denne oppgaven er data for gruppen som helhet benyttet.

#### **4.1.1 Testresultater for fysisk kapasitet**

Testresultater for fysisk kapasitet hos første- og andrelaget, samt gruppen som helhet, er presentert med gjennomsnittlig data  $\pm$  standardavvik i tabell 2. Tabellen viser at førstelaget i gjennomsnitt presterte litt bedre på alle de fysiske testene enn andrelaget, men denne forskjellen var ikke signifikant ( $P>0,05$ ). I tillegg ble det observert signifikante forskjeller innad i lagene på tid mellom målepunktene hvor spillere på begge lag, samt gruppen som helhet, i gjennomsnitt hadde bedre sprinttider for hver 10. meter på 30m sprinttesten ( $P<0,001$ ).

**Tabell 2:** Testresultater for toppfart 30m, 30m sprintvariabler, svikthopp og maksimal styrke og power i beinpress

Testresultat	Førstelag	Andrelag	Totalt
<b>Beste toppfart 30m</b>			
M/s	8,77 ± 0,31	8,41 ± 0,38	8,68 ± 0,36
Km/t	31,58 ± 1,11	30,27 ± 1,37	31,21 ± 1,30
<b>Beste sprinttid (s)</b>			
10m	1,50 ± 0,07	1,56 ± 0,03	1,52 ± 0,06
20m	2,74 ± 0,10	2,83 ± 0,06	2,76 ± 0,10
30m	3,88 ± 0,15	4,01 ± 0,09	3,91 ± 0,14
<b>Tid mellom målepunkt (s)</b>			
0-10m	1,50 ± 0,07	1,56 ± 0,03	1,52 ± 0,06
10-20m	1,23 ± 0,04 <sup>A</sup>	1,27 ± 0,04 <sup>A</sup>	1,24 ± 0,04 <sup>A</sup>
20-30m	1,14 ± 0,04 <sup>AB</sup>	1,18 ± 0,03 <sup>Ab</sup>	1,15 ± 0,04 <sup>AB</sup>
<b>Beste CMJ (cm)</b>	45,33 ± 5,43	38,14 ± 4,48	43,41 ± 6,06
<b>Pmax (w)</b>	1753 ± 247	1530 ± 202	1693 ± 253
<b>Fmax (N)</b>	2828 ± 462	2734 ± 260	2803 ± 415

Data er presentert med gjennomsnitt ± standardavvik. M/s=meter per sekund, Km/t=kilometer i timen, s=sekund, CMJ=svikthopp, cm=centimeter, Pmax=maksimal power, w=watt, Fmax=maksimal styrke, N=Newton. A=Forskjell fra 0-10m (P<0,0001); B/b=Forskjell fra 10-20m (P<0,0001/P<0,001)

#### 4.1.2 Data fra catapultenheter

Tabell 3 viser gjennomsnittlig data fra catapultenhetene i datainnsamlingsperioden for førstelaget og andrelaget, samt laget som helhet. Tabellen viser at førstelaget hadde signifikant bedre prestasjon på banen enn andrelaget under datainnsamlingsperioden på catapultvariablene for *antall akselerasjoner fra sone 2-3 (Acc B2-3 Tot Eff (Gen 2))* (P<0,0001), *gjennomsnittlig metabolsk power i sone 6 (MP B6 Avg Power)* (P<0,05) og *spillerbelastning, altså gjennomsnittlig antall akselerasjoner opp til sone 3 over alle akser under trening og kamp (PL B3 Avg Eff)* (P<0,01). På variabelen for *maksimal oppnådd hastighet (Max vel (m/s))* fra catapultenhetene hadde førstelaget litt bedre gjennomsnittlig prestasjon enn andrelaget, men denne forskjellen var ikke signifikant (P=0,44).

**Tabell 3:** Gjennomsnittsdata fra catapultenhetene

Catapultvariabler	N	Førstelag	N	Andrelag	N	Totalt
Max vel (m/s)	20	8,88 ± 0,40	8	8,46 ± 0,38	28	8,76 ± 0,43
Acc B2-3 Tot Eff (Gen 2)	20	30,85 ± 10,87	7	10,14 ± 5,87***	27	25,48 ± 13,41
MP B6 Avg Power	22	21,59 ± 10,29	7	11,57 ± 8,90*	29	19,17 ± 10,75
PL B3 Avg Eff	22	71,68 ± 24,75	7	35,71 ± 15,82**	29	63,00 ± 27,54

Data er presentert med gjennomsnitt ± standardavvik. N=antall deltakere Max vel (m/s)=maksimal oppnådd hastighet i meter per sekund fra Catapult, Acc B2-3 Tot Effs=totalt antall akselerasjoner fra sone 2-3 fra Catapult, MP B6 Avg Power=gjennomsnittlig metabolsk power i sone 6 fra Catapult, PL B3 Avg Eff=gjennomsnittlig spillerbelastning i sone 3 fra Catapult. \*=Forskjell fra førstelag (P<0,05); \*\*=Forskjell fra førstelag (P<0,01); \*\*\*=Forskjell fra førstelag (P<0,0001)

## 4.2 Sammenhengen mellom testresultater fra fysisk testing og catapultvariabler

Tabell 4 viser sammenhengen mellom resultater fra fysisk testing og catapultvariablene for *maksimal oppnådd hastighet (Max vel (m/s)), antall akselerasjoner fra sone 2 til 3 (Acc B2-3 Tot Effs (Gen 2)), gjennomsnittlig metabolsk power i sone 6 (MP B6 Avg Power), og gjennomsnittlig spillerbelastning i sone 3 (PL B3 Avg Eff)*, som er samlet inn under datainnsamlingsperioden. Utenom sammenhengen mellom evnen til maksimal power og spillerbelastning, hvor det kun ser ut til å være en tendens som ikke er statistisk signifikant ( $R^2=0,13$ ,  $P=0,056$ ), viste det seg å være signifikante sammenhenger mellom underliggende fysisk kapasitet og prestasjon på fotballbanen ( $P<0,05$ ). Eksempelvis ser det ut til å være en sammenheng mellom toppfart målt under 30m sprinttesten og toppfart fra catapultenhetene, hvor det ble observert at deltakerne som hadde høyere topphastighet på sprinttesten også hadde høyere topphastighet på fotballbanen ( $R^2=0,53$ ,  $P<0,001$ ). I tillegg ble det observert at alle catapultvariabler, utenom spillerbelastning, hadde en økende sammenheng med sprinttid fra 30m sprinttesten desto lenger sprintdistansen ble ( $P<0,01$ ). Eksempelvis har akselerasjonsvariabelen fra Catapult en  $R^2$ -verdi på 0,35 og 0,47 på henholdsvis 10m ( $P<0,01$ ) og 30m ( $P<0,001$ ) sprint. Hva gjelder spenstferdigheter målt med svikthopp hadde dette størst sammenheng med antall akselerasjoner fra catapultenhetene ( $R^2=0,051$ ,  $P<0,001$ ), men også god sammenheng med både maksimal hastighet ( $R^2=0,37$ ,  $P<0,001$ ), metabolsk power ( $R^2=0,28$ ,  $P<0,01$ ) og spillerbelastning ( $R^2=0,21$ ,  $P<0,05$ ). Når det kommer til powerkapasitet ser det ut til å være en tendens til sammenheng med variabelen for

spillerbelastning, men denne tendensen var ikke statistisk signifikant ( $P=0,056$ ). Derimot hadde denne kapasiteten signifikante sammenhenger med variablene for både maksimal hastighet ( $R^2=0,20$ ,  $P<0,05$ ), akselerasjon ( $R^2=0,30$ ,  $P<0,01$ ) og metabolsk power ( $R^2=0,18$ ,  $P<0,05$ ) fra Catapult.

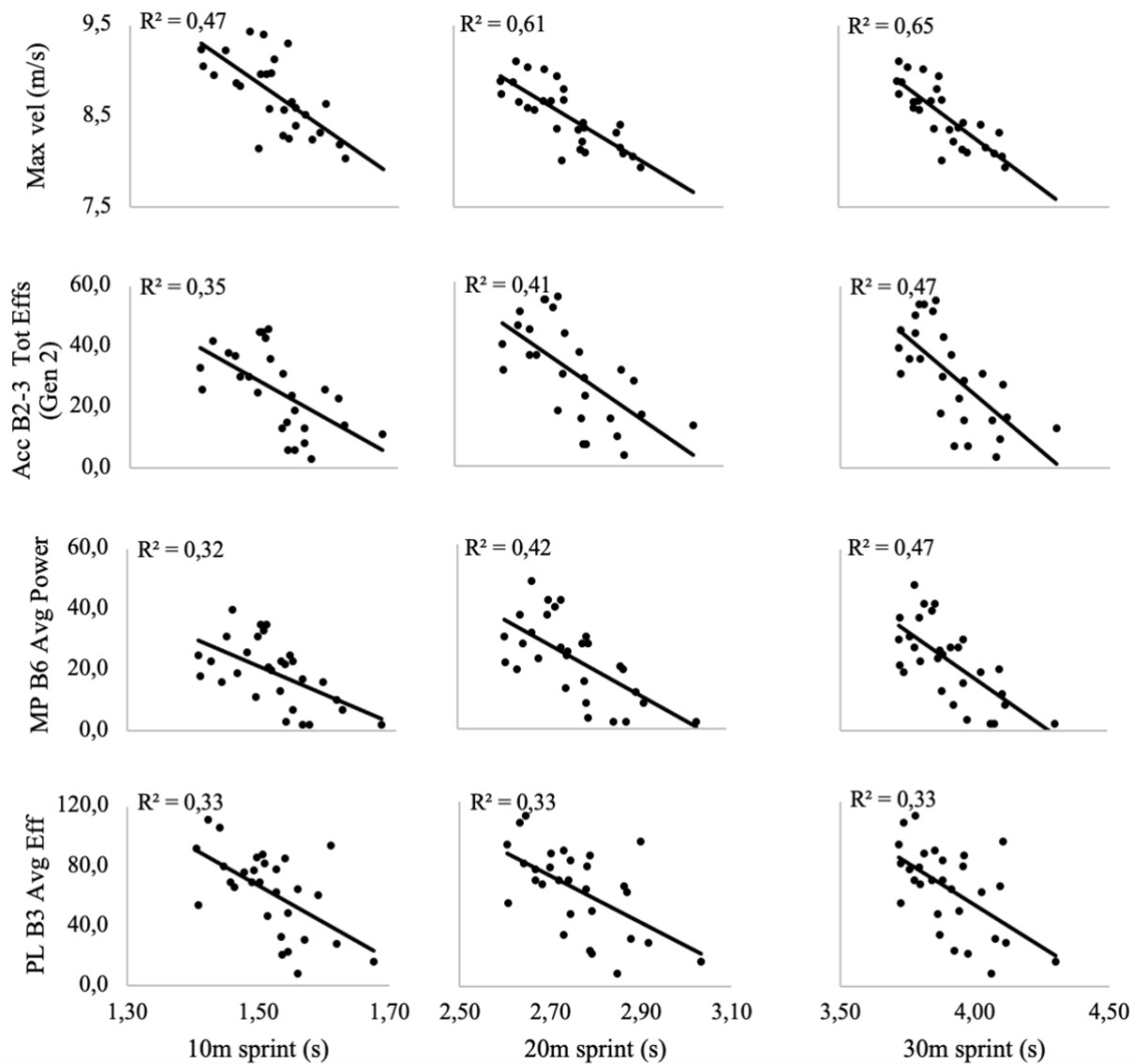
**Tabell 4:** Sammenheng mellom testresultater og variabler fra catapultsystem

Catapult-variabler	Testresultat	N	R <sup>2</sup>	SEE	b	P-verdi
Max vel (m/s)	10m sprint	28	0,47	0,32	-5,095 [-7,297, -2,893]	<0,001
	20m sprint	28	0,61	0,27	-3,732 [-4,938, -2,526]	<0,001
	30m sprint	28	0,65	0,26	-2,794 [-3,627, -1,961]	<0,001
	Toppfart (m/s)	28	0,53	0,30	0,916 [0,568, 1,264]	<0,001
	CMJ	28	0,37	0,35	0,043 [0,021, 0,066]	<0,001
	Pmax	28	0,20	0,39	0,001 [0,000 0,001]	<0,05
Acc B2-3 Tot Effs (Gen 2)	10m sprint	27	0,35	10,99	-123,865 [-192,782, -55,001]	<0,01
	20m sprint	27	0,41	10,47	-83,764 [-124,799, -42,728]	<0,001
	30m sprint	27	0,47	9,94	-63,152 [-90,706, -35,598]	<0,001
	Toppfart (m/s)	27	0,48	9,89	24,602 [14,000, 35,205]	<0,001
	CMJ	27	0,51	9,55	1,648 [0,986, 2,310]	<0,001
	Pmax	27	0,30	11,44	0,028 [0,010, 0,045]	<0,01
MP B6 Avg Power	10m sprint	29	0,32	8,99	-95,974 [-150,653, -41,312]	<0,01
	20m sprint	29	0,42	8,32	-68,357 [-99,916, -36,799]	<0,001
	30m sprint	29	0,47	7,95	-51,160 [-72,484, -29,835]	<0,001
	Toppfart (m/s)	29	0,56	7,26	22,029 [14,311, 29,747]	<0,001
	CMJ	29	0,28	9,30	0,963 [0,351, 1,576]	<0,01
	Pmax	29	0,18	9,93	0,018 [0,003, 0,033]	<0,05
PL B3 Avg Eff	10m sprint	29	0,33	23,01	-246,864 [-386,685, -107,043]	<0,01
	20m sprint	29	0,33	23,02	-153,978 [-241,315, -66,640]	<0,01
	30m sprint	29	0,33	23,03	-108,755 [-170,576, -46,934]	<0,01
	Toppfart (m/s)	29	0,27	24,04	38,852 [13,305, 64,400]	<0,01
	CMJ	29	0,21	24,95	2,137 [0,493, 3,781]	<0,05
	Pmax	29	0,13	26,17	0,038 [-0,001, 0,078]	0,056

N=antall deltakere, R<sup>2</sup>=r-kvadrat, SEE=feilmargin, b=betakoeffisient, m/s=meter per sekund, CMJ=svikthopp, Pmax=maksimal power, Max vel (m/s)=maksimal oppnådd hastighet i meter per sekund fra Catapult, Acc B2-3 Tot Effs=totalt antall akselerasjoner fra sone 2-3 fra Catapult, MP B6 Avg Power=gjennomsnittlig metabolsk power i sone 6 fra Catapult, PL B3 Avg Eff=gjennomsnittlig spillerbelastning i sone 3 fra Catapult.

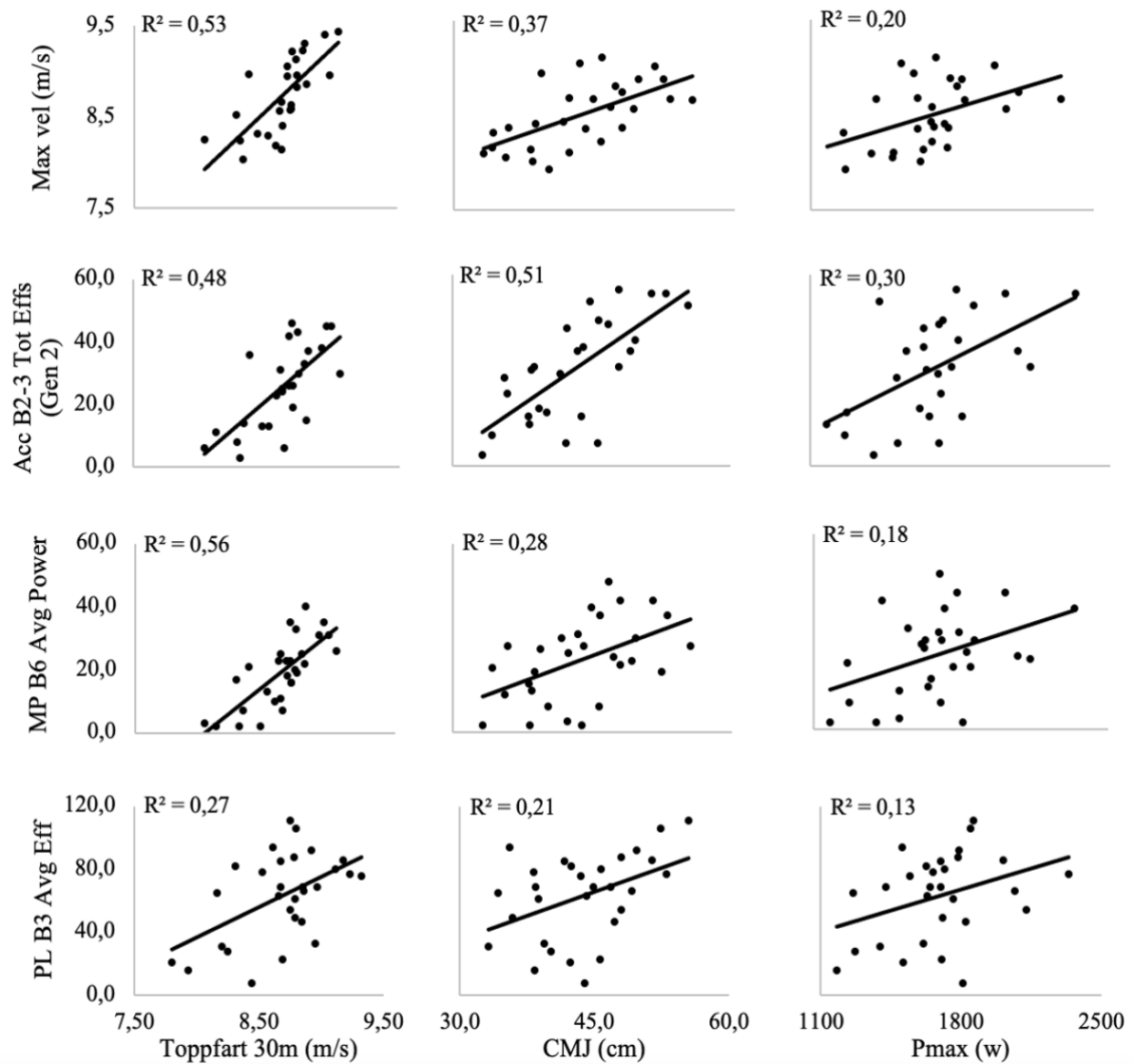
Figur 5 og 6 presenterer resultatene fra tabell 4 i scatterplot med R<sup>2</sup>-verdier for å gi en billedlig illustrasjon av sammenhengen mellom de ulike variablene for testing av fysisk

kapasitet og catapultdata.  $R^2$ -verdien forteller hvor mye hver variabel kan forklare hverandre. Eksempelvis er  $R^2$ -verdien for 10m sprint og Max vel (m/s) 0,47, hvilket forteller at tid på 10m sprint kan forklare 47% av prestasjonen i maksimal hastighet på fotballbanen ( $P < 0,001$ ).



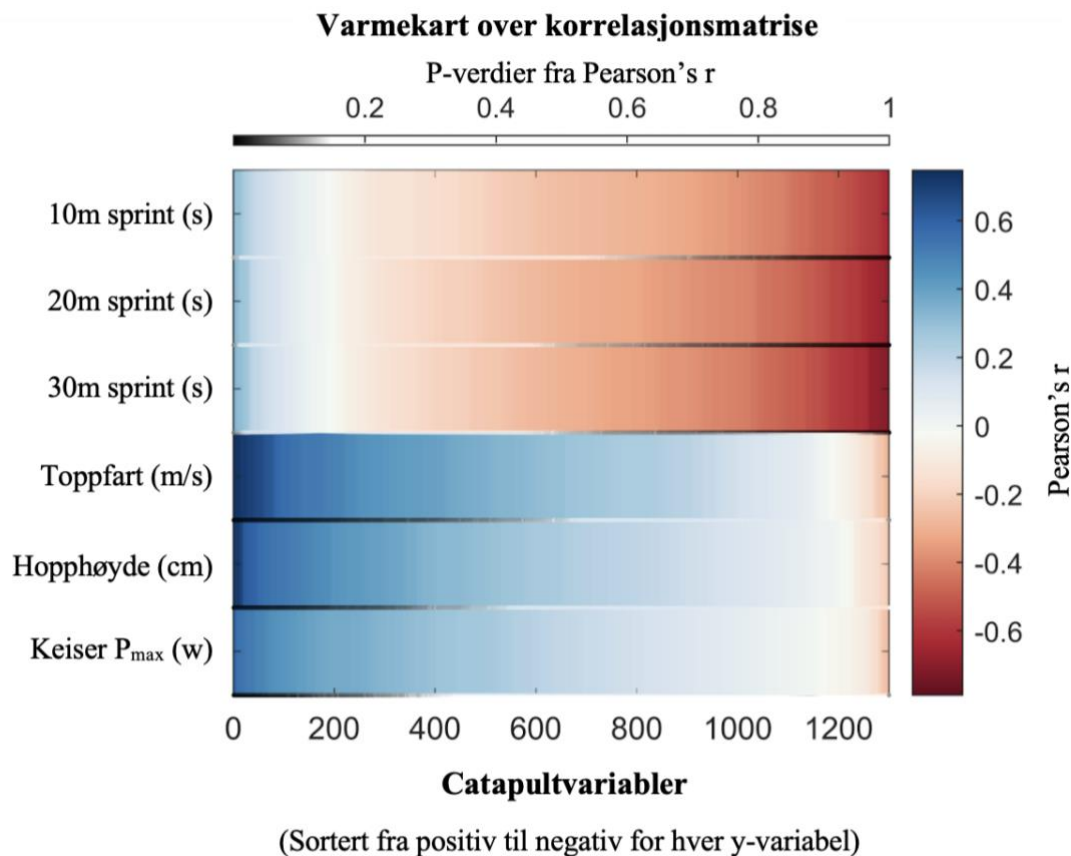
**Figur 5:** Presentasjon av sammenhengen mellom testresultater på 10m, 20m og 30m sprint (s) langs x-aksen, og variabler fra catapultsystem langs y-aksen.  $R^2$ =r-kvadrat, m/s=meter per sekund, s=sekund, Max vel (m/s)=maksimal oppnådd hastighet i meter per sekund fra Catapult, Acc B2-3 Tot Effs (Gen 2)=totalt antall akselerasjoner fra sone 2-3 fra Catapult, MP B6 Avg Power=gjennomsnittlig metabolsk power i sone 6 fra Catapult, PL B3 Avg Eff=gjennomsnittlig spillerbelastning i sone 3 fra Catapult.





**Figur 6:** Presentasjon av sammenhengen mellom testresultat på toppfart 30m (m/s), CMJ (cm) og Pmax (w) langs x-aksen og variabler fra catapultsystem langs y-aksen.  $R^2=r$ -kvadrat, m/s=meter per sekund, CMJ=svikhopp, cm=centimeter, Pmax=maksimal power, w=watt, Max vel (m/s)=maksimal oppnådd hastighet i meter per sekund fra Catapult, Acc B2-3 Tot Effs (Gen 2)=totalt antall akselerasjoner fra sone 2-3 fra Catapult, MP B6 Avg Power=gjennomsnittlig metabolsk power i sone 6 fra Catapult, PL B3 Avg Eff=gjennomsnittlig spillerbelastning i sone 3 fra Catapult.

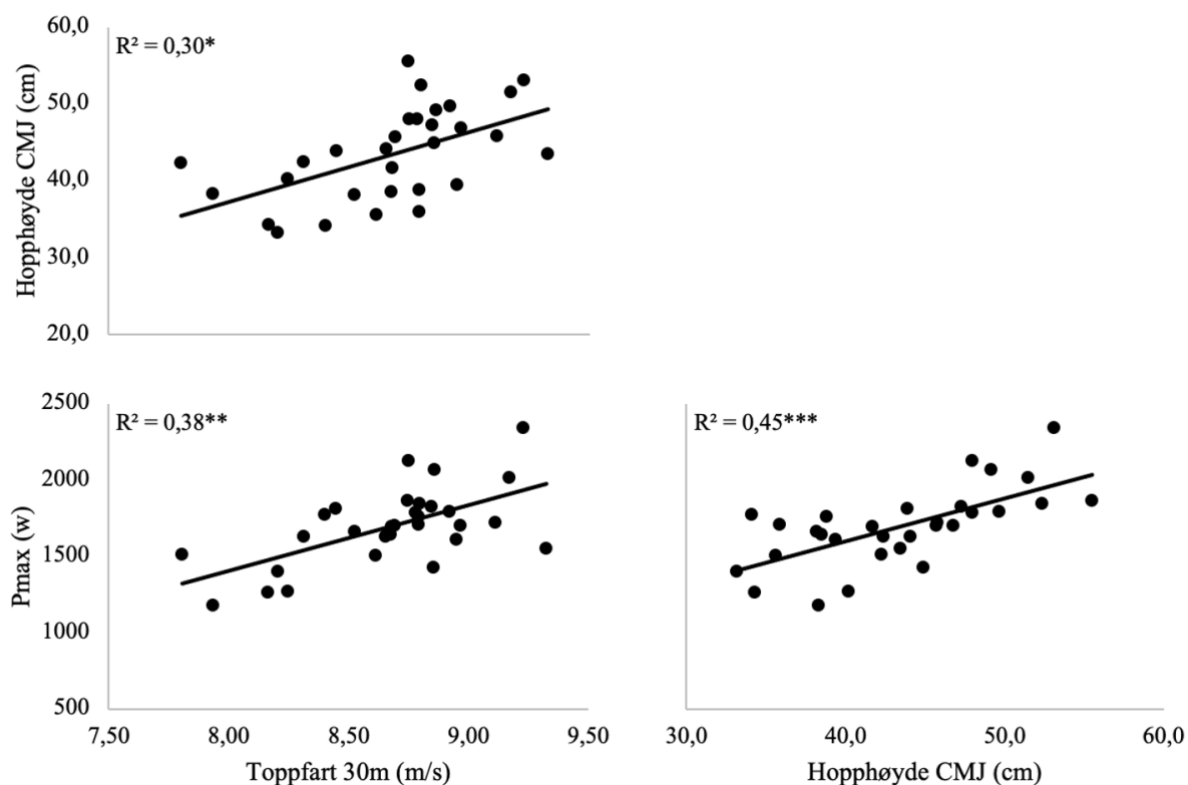
Figur 7 illustrerer et varmekart over antall catapultvariabler, totalt 1310, og deres korrelasjon med resultater fra fysisk testing. Fargene representerer enkelte korrelasjoner mellom variablene hvor blå og rød farge viser henholdsvis positiv og negativ korrelasjon, mens mørkere farge representerer sterkere positiv (blå) eller negativ (rød) korrelasjon. Svart-hvit skalaen representerer p-verdien til korrelasjonene hvor mørkere farge viser til lavere p-verdi. Denne skalaen er presentert under fargekoden for hver variabel.



**Figur 7:** Varmekart over korrelasjonsmatrise hvor x-akse viser antall catapultvariabler (GPS) og y-akse viser variabler fra fysisk testing. Fargene representerer enkelte korrelasjoner mellom x- og y-variabler, hvor blå og rød farge viser henholdsvis positiv og negativ korrelasjon, og mørkere farge representerer sterkere positiv (blå) eller negativ (rød) korrelasjon, som forklart i skalaen på høyre side. Svart-hvit-skalaen på toppen viser p-verdien til korrelasjonene hvor mørkere farge representerer lavere p-verdi. S=sekund, m/s=meter per sekund, cm=centimeter, Pmax=maksimal power, w=watt.

### 4.3 Sammenhengen mellom prestasjon i toppfart 30m, maksimal power og svikthopp

Figur 8 viser sammenhengen mellom prestasjon i toppfart 30m (m/s), maksimal power (w), og svikthopp målt med ulike fysiske tester, illustrert med scatterplot. Her ble det observert signifikante sammenhenger hvor deltakeren presterte bedre på sprinttesten, presterte han også bedre på beinpresstesten ( $R^2=0,38$ ,  $P<0,001$ ) og spensttesten ( $R^2=0,030$ ,  $P<0,01$ ). I tillegg ble det observert at dersom deltakeren presterte bedre på spensttesten presterte han også bedre på beinstyrketesten ( $R^2=0,45$ ,  $P<0,0001$ ).

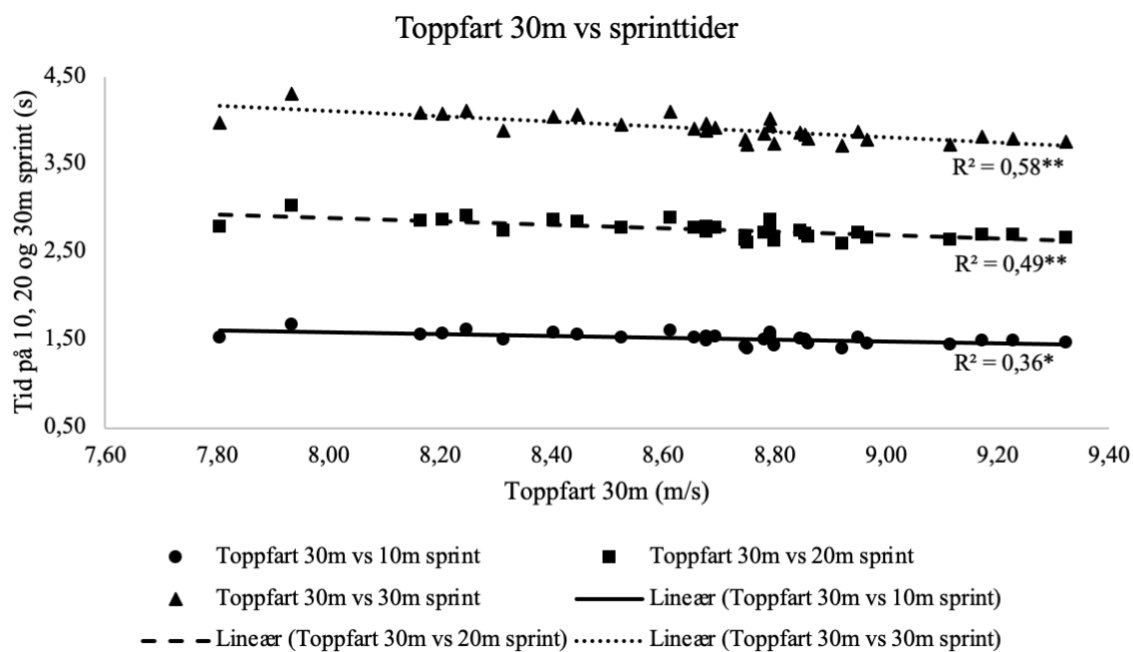


**Figur 8:** Sammenhengen mellom prestasjon i toppfart 30m, maksimal power og svikthopp målt med ulike fysiske tester. Figuren viser en tendens til at deltakere som presterte bedre på sprinttesten også presterte bedre på beinstyrke- og spensttesten, og at spillere som presterte bedre på spensttesten også presterte bedre på beinstyrketesten. CMJ=svikthopp, cm=centimeter, Pmax=maksimal power, w=watt, m/s=meter per sekund,  $R^2=r$ -kvadrat. \* $P<0,01$ ; \*\* $P<0,001$ ; \*\*\* $P<0,0001$

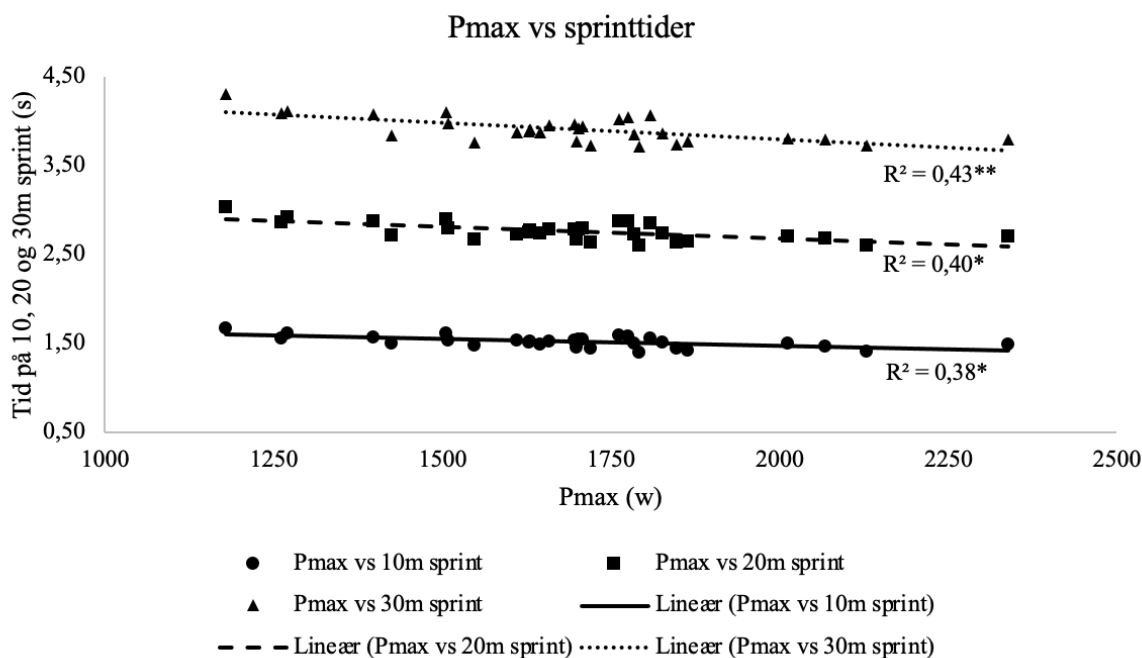
#### 4.4 Sammenhengen mellom toppfart 30m, spenst- og powerprestasjon og sprinttid på 10m, 20m og 30m

Figur 9, 10 og 11 viser sammenhengen mellom toppfart 30m (m/s), maksimal power og hopp høyde, og sprinttider på 10-, 20 og 30m. Det ble observert signifikante tendenser til at prestasjon i toppfart 30m, Keiser beinpress og svikthopp blir viktigere jo lengre sprintene blir, og at den er mest tydelig når det gjelder evnen til toppfart (figur 9). Sprintprestasjonen på toppfart 30m-testen hadde størst betydning på sprinttiden når distansen var 30m ( $R^2=0,58$ ,  $P<0,0001$ ), og minst betydning når distansen var 10m ( $R^2=0,36$ ,  $P<0,001$ ).

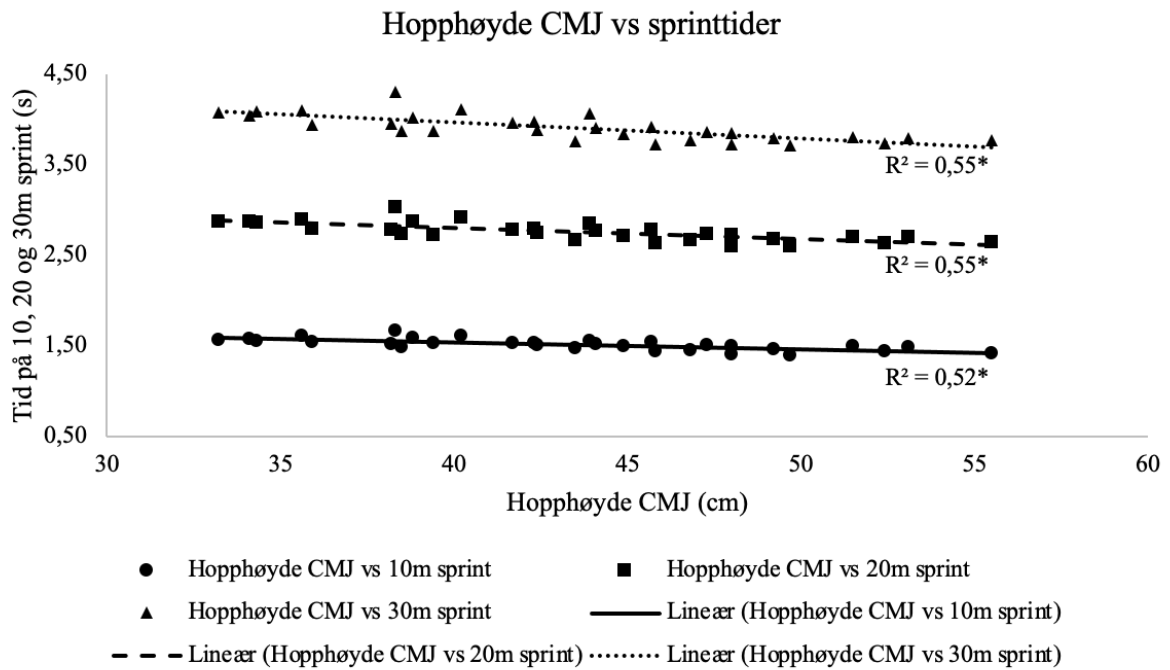
Powerprestasjonen i Keiser beinpress-testen hadde også større betydning desto lengre sprinten ble hvor  $R^2$ -verdien for 10m og 30m henholdsvis var 0,38 ( $P<0,001$ ) og 0,43 ( $P<0,0001$ ) (figur 10). Spenstprestasjonene i svikthopp-testen hadde derimot lik betydning på sprinttidene når distansen var 20m ( $R^2=0,55$ ,  $P<0,0001$ ), og 30m ( $R^2=0,55$ ,  $P<0,0001$ ), men litt mindre betydning på sprinttiden på 10m ( $R^2=0,52$ ,  $P<0,0001$ ) (figur 11).



**Figur 9:** Sammenhengen mellom toppfart 30m og sprinttid på 10-, 20- og 30m. Figuren viser at evnen til toppfart blir mer viktig desto lengre sprintdistansen blir. S=sekund, m/s=meter per sekund,  $R^2=r$ -kvadrat. \* $P < 0,001$ ; \*\* $P < 0,0001$



**Figur 10:** Sammenhengen mellom maksimal power og sprinttid på 10-, 20- og 30m. Figuren viser at evnen til maksimal power blir viktigere desto lengre sprintdistansen blir. S=sekund, Pmax=maksimal power, w=watt,  $R^2=r$ -kvadrat. \* $P < 0,001$ ; \*\* $P < 0,0001$



**Figur 11:** Sammenhengen mellom hoppøyde og sprinttid på 10-, 20- og 30m. Figuren viser at spenstferdigheter er viktigere når sprintdistansen øker fra 10m til 20m, men at den ikke blir viktigere når distansen øker fra 20m til 30m. S=sekund, CMJ=svikhopp, cm=centimeter, R<sup>2</sup>=r-kvadrat. \*P<0,0001

## 5 Diskusjon

Hensikten med denne oppgaven var å undersøke sammenhengen mellom fysisk kapasitet og fysisk prestasjon på fotballbanen. Dette ble gjort ved å gjennomføre tester på sprint-, spenst-, og powerkapasiteter under kontrollerte omstendigheter, samt ved å samle inn data fra catapultenheter over 9 uker (7 kamper) som deltakerne hadde på seg under trening og kamp. Testingen foregikk ca. 2-3 uker inn i datainnsamlingsperioden etter avtale med klubben da dette hadde minst påvirkning på deres treningsrutiner, kamp og kampforberedelser.

### 5.1 Studiedesign og forsøkspersoner

Denne studien var en observasjonsstudie av et fotballag i den norske Eliteserien, noe som gjør det utfordrende å generalisere funnene til andre lag. Dette fordi generalisering handler om å overføre egne funn til andre, og det kunne derfor vært hensiktsmessig å inkludere flere utøvere i studien da en ville fått et større utvalg av profesjonelle fotballspillere. Å inkludere flere deltakere hadde sannsynligvis blitt mer kostbart og tidkrevende, men det kunne til gjengjeld bidratt til å styrke studiens overførbarhet. Fordelen med å inkludere flere lag er at det kunne gjort det mulig å dekke flere kamper mot varierende motstandernivå, ulike taktiske tilnærminger til kamper og ulike treningsrutiner, som kunne gitt utslag for resultatene. I tillegg kunne det gitt et bedre bilde av utøvernes underliggende fysiske kapasitet, og dermed også et bedre innblikk i de fysiske kravene som stilles til toppfotballspillere. Det kunne også gjort at eventuelle frafall eller manglende deltakerdata hadde fått mindre betydning da utvalget hadde dekket flere lag og utøvere. En utfordring ved dette er derimot at toppidrettsutøvere svært sjeldent deltar i slike forskningsprosjekt da det kan skape forstyrrelser under sesong og kampforberedelser. Ulike lag kan være veldig forskjellige avhengig av spillernivå eller taktiske tilnærminger til kamper, noe som gjør at det kan være hensiktsmessig at senere studier fokuserer på å inkludere et større utvalg av toppidrettsutøvere for å bedre kunne generalisere resultatene. På den annen side er det observert signifikante betydninger av sprintkapasitet i denne studien som tyder på at det kan være tilstrekkelig statistisk power til å finne en sammenheng her.

Denne studien ble lagt opp i godt samarbeid med IK Start hvor det ble avtalt testdager som skapte minimale forstyrrelser for laget og deltakerne. Testdagene ble gjennomført under landslagspause under høstsesongen 2020 der de få spillerne som var på oppdrag for sine respektive land ble testet ved en senere anledning. Studien krevde relativt lite tid av deltakerne ettersom hele testprotokollen ble gjennomført på én dag (egen for første- og

andrelag), og hver deltaker brukte ca. 1,5 time på å gjennomføre. I tillegg var alle deltakerne vant med å bruke catapultsystem fra før, hvilket gjorde at dette utstyret skapte minimale/ingen forstyrrelser under trening og kamp. Det gjorde også at noen ekstra tilvenningsperiode til bruken av catapultenhetene ikke var nødvendig.

Av totalt 42 spillere som ble testet på fysisk kapasitet var det et frafall på 12 deltakere i den endelige analysen hvor første- og andrelagstroppen hadde henholdsvis 3 og 9 frafall. Det kan være flere årsaker til at det bare var totalt 30 spillere som ble inkludert i den endelige analysen, men hovedgrunnen er at det kun var disse spillerne som hadde catapultdata fra trening og kamp. En årsak var det frivillig for spillerne å bruke enhetene under trening og kamp, samt å dele dataene med andre utenfor klubben, selv om det fra klubben sin side naturlig vil være ønskelig at alle spillerne gjør det. Dette for at trenere og støtteapparat skal få et bilde av hvordan spillerne presterer på banen, og hva som kan forbedres hos den enkelte. En annen årsak kan være at catapultsystemet er et svært kostbart utstyr, noe som også kan ha gjort at det potensielt ikke har vært tilstrekkelig med enheter til å dekke alle spillerne. Tar vi utgangspunkt i sistnevnte virker det logisk at spillerne fra førstelagstroppen har blitt prioritert i monitoreringen av trening og kamp, og at spillerne fra andrelagstroppen som har blitt inkludert i monitoreringen er de som har deltatt på førstelagstreninger, og mest sannsynlig er nærmest å få spilletid for førstelaget. Dette blir derimot bare spekulasjoner, og vi har ingen oversikt over hvor mange enheter klubben er i besittelse av. En skal heller ikke utelukke at deltakerne kan ha glemt å ta på seg enheten på enkelte økter.

Som vist i tabell 3 og 4 hadde 28 deltakere data på maksimal hastighet, 27 på akselerasjon, 29 på metabolsk power og 29 på spillerbelastning. Likevel er 30 deltakere inkludert i studien da for eksempel de to som manglet data på maksimal hastighet hadde data på de andre variablene og vice versa. Av disse 30 spillerne var det derimot store variasjoner i deltakelse på treningsøktene der den som deltok på færrest bare var med på én økt, mens den som deltok på flest var med på 32. Spillerne deltok i snitt på  $16 \pm 11$  økter. Med bakgrunn i Gregson et al. (2010) sine anbefalinger om at spillere bør ha spilt minimum 90min. 4 kamper over en 8 ukers periode, eller 10 kamper i løpet av en hel sesong for å kunne gi store nok datasett til å gi et bilde av gjennomsnittlig prestasjon, kan dette ses på som en svakhet ved studien. Dette fordi fysisk prestasjon kan variere veldig fra kamp til kamp på grunn av motstander og taktikk, og en kan ikke utelukke at kampforberedende trening også har båret preg av dette. Det er uvisst hvorfor den/de spilleren(e) kun deltok på én trening, men det er en mulighet for at det kan ha skyldtes skade som holdt den/de respektive spilleren(e) ute i en lengre periode. Uansett kan det tenkes at det kunne vært hensiktsmessig å utelukke

denne/disse deltakeren(e) fra den endelige analysen da dataene herfra ikke har gitt noe godt bilde på prestasjon over tid. Selv om dette igjen hadde ført til at det endelige utvalget ble mindre, kunne det gjort at resultatene fra de resterende inkluderte deltakerne hadde gitt et bedre gjennomsnittlig bilde av fysisk prestasjon på banen.

Et aspekt ved studien som bør trekkes frem er også at keepere ikke er utelukket fra den endelige analysen. Keepere har vanligvis et svært lite bevegelsesområde på banen og oppnår sjeldens/aldri toppfart i kampsituasjon da de ofte ikke har lange nok sprinter til å gjøre dette (White et al., 2018). I tillegg er det i tidligere studier vist at utespillere utfører en sprint ca. hver 90. sekund (Burgess et al., 2006; Osgnach et al., 2010; Stølen et al., 2005), mens keepere i snitt bare utfører to korte sprinter i løpet av en kamp (White et al., 2018). Derimot er catapultenhetene innstilt på den måten at de bare registrerer akselerasjoner på over 5km/t over minimum 0,9 sekunder mellom sone 2 og 3, som gjør at hastighetsøkninger i form av hopp til siden eller at de slenger seg etter en ball muligens ikke har blitt registrert som en akselerasjon. Når man skal analysere keeperes bevegelser med GNSS-system er det viktig at man tar for seg andre fysiologisk krevende handlinger som høyhastighets spark og kast, hopping og at de slenger seg for å hindre mål som sannsynligvis er med på å øke den totale fysiske belastningen spillere i denne posisjonen opplever i kamp (White et al., 2018). Disse bevegelsene er ikke blitt isolert i denne oppgaven fordi de ikke var interessante å ta for seg i henhold til forskningsspørsmålet, hvilket underbygger at keeperne potensielt burde ha blitt utelukket fra den endelige analysen.

## **5.2 Testmetoder/testprotokoll og utstyr**

På generelt grunnlag er hensikten med testing i idrettsvitenskapen å undersøke nåværende fysiske kapasiteter, eller effekten av treningsintervensjoner. Det er derfor noen viktige aspekter som må tas hensyn til når man skal drive med testing: (a) at testene er valide og reliable, (b) kontroll av arbeidsforholdene, (c) nøyaktige målinger fra utstyret, og (d) det må være en standardisert protokoll før, under og etter testingen (Thomas, Nelson & Silverman, 2015). For å opprettholde en høy grad av reproducerbarhet ble standardiserte protokoller fulgt hvor de samme testlederne hadde ansvar for de samme testene under testdagene; én leder for sprinttest, to for spensttest og én for beinstyrketest.

Alle tester er gjennomført til det punktet at deltakerne ikke klarte å prestere bedre. Eksempelvis har deltakerne gjennomført sprinttest til de ikke hadde bedre sprinttid, enten det var etter 2 eller 8 gjennomføringer. Samme gjelder for spensttest der deltakerne i



utgangspunktet bare skulle gjennomføre to serier på 3-5 hopp, men dersom deltakeren hadde bedre prestasjon på den andre serien ble det også utført en tredje serie. Under beinstyrketesten justerte Keiser-apparatet motstanden automatisk basert på deltakerens prestasjon fra steg til steg. For å få riktige beregninger av motstand og power var det derimot viktig at deltakerne gjennomførte hvert steg med full innsats, noe de ble nøy instruert om før testen begynte.

Testingen ble gjennomført på én dag for førstelaget og én dag for andrelaget, i tillegg til at det ble satt av en dag for spillere som hadde vært på landslagsoppdrag i perioden testene opprinnelig ble gjennomført. Hver deltaker brukte ca. 1,5 time på å gjennomføre hele protokollen og det har derfor krevd svært lite tid av både deltakerne og klubben å være med på prosjektet. En utfordring ved dette er derimot at deltakerne ble testet til ulike tider av døgnet hvilket kan ha gitt utslag på prestasjonene da restitusjonen til deltakerne har vært ulik. Det er et kjent fenomen innen helse- og idrettsstudier at restitusjonsstatus er en avgjørende faktor for prestasjon (Heidari et al., 2019; Lee et al., 2017). Alle deltakerne hadde treningsfri på testdagen og hadde kun en rolig økt på morgenen dagen før. Dette for at de skulle ha best mulig grunnlag for god prestasjon på testene, og at det på denne måten skulle gi et så godt som mulig bilde av spillernes fysiske kapasitet. Alle deltakerne registrerte selvopplevd restitusjonsnivå på en skala fra 1-10 ved ankomst på testdagen der gjennomsnittlig nivå var 8,1 og varierte fra 4 (lavest) til 10 (høyest). Dette antyder at det kan ha vært stor forskjell fra den som gjennomførte testene kl. 08:00 og den som gjennomførte kl. 18:00 da de som testet på senere tidspunkt blant annet hadde mulighet til å få flere timer søvn og innta mer næring i løpet av dagen.

En annen ting som bør tas i betraktning er at deltakerne bare er testet ved én anledning, noe som kan ha ført til at enkelte har over- eller underprestert på testene i forhold til hva de vanligvis ville ha gjort dersom dette var en del av deres vanlige treningsrutiner og gjennomført av eksempelvis trenerteamet. Ettersom deltakerne ble plassert i nye omstendigheter, med nytt utstyr og nye mennesker rundt seg som kunne bedømme dem på bakgrunn av testresultater, kan dette ha ledet til en følelse av at de måtte prestere for å gjøre et godt inntrykk både på oss som testledere og personer tilknyttet klubben som var til stede – eksempelvis hovedtrener og fysisk trener. Dette kalles «selv-presentasjon» og har i idrettspsykologien vist seg å være en faktor som kan påvirke deltakernes prestasjoner både i positiv og negativ grad (Prapavessis, Grove & Eklund, 2004). I tillegg ble én deltaker fulgt av et mediateam under hele testdagen, og en kan heller ikke utelukke at dette kan ha påvirket denne deltakerens prestasjoner. Det ble også tatt høyde for at deltakerne er toppidrettsutøvere og derfor har et antatt høyt nivå av konkurranseinstinkt. På bakgrunn av dette ble de enkelte

deltakerens testresultater, så godt det lot seg gjøre, ikke delt med noen andre deltakere før alle hadde gjennomført. Dersom deltakerne ønsket det, fikk de derimot vite sine egne resultater og hadde muligheten til å konkurrere mot seg selv. En kan dermed heller ikke utelukke at deltakerne har delt sine resultater internt med hverandre. Under testene ble det også gitt verbal motivasjon i form av en testleder som ropte og heiet langs 30m sprinttesten, men dette var til tider veldig ulikt da det ofte var flere testledere og støtteapparat fra klubben til stede i gangene, som kan ha gitt mer eller mindre motivasjon til enkelte utøvere. Om dette har hatt noen påvirkning på prestasjonen vil derimot bare være en spekulasjon.

### **5.2.1 Sprinttest – 30m**

Denne testen ble utført innendørs hvilket gjør at faktorer som kunne påvirket resultatet, for eksempel vind og temperatur, ikke hadde noen innvirkning. Dette gjorde også at underlaget var likt for alle deltakerne, noe som kunne vært en utfordring om det hadde blitt testet på en fotballbane da gresset ofte blir tråkket ned og glattere når det løpes mye på. Det kunne derimot vært ideelt å gjøre testene på en innendørs kunstgressbane da dette hadde vært mer likt det underlaget spillerne løper på til vanlig, og de kunne brukt fotballsko. Det som derimot ikke var likt for alle deltakerne var at de hadde ulikt skotøy med ulik friksjon mot underlaget. Enkelte opplevde det som glatt dersom de gjennomførte testen med løpesko, mens andre brukte innesko som har en yttersåle med bedre feste på underlaget. Det er usikkert om dette hadde utslag for resultatene, men for å unngå eventuelle utslag burde alle deltakerne gjennomført med samme type skotøy.

Under selve gjennomføringen av testen ble starten standardisert ved at kroppen og foten deltakeren valgte å plassere på startstreken måtte være helt i ro ettersom tidtakingen begynte i det foten forlot startstreken. Deltakerne måtte dermed ikke reagere på nedtelling eller lignende fra testleder, de kunne begynne testen akkurat når de ville etter at testleder ga klarsignal. Ble det gjort en feil i selve starten ble utøveren umiddelbart stanset av testleder og fikk en kort pause før han fikk prøve igjen. Alt dette gjorde at utøverne ikke fikk et svakere resultat på bakgrunn av en dårlig start i form av dårlig reaksjonstid eller uforsiktighet, i tillegg til at han ikke ble utmattet uten hensikt. Utover dette ble deltakerne instruert om å løpe 5-10m lenger enn det testen tilsa for å hindre at de begynte nedbremsingen før testen var ferdig, som kunne ført til dårligere resultat.

Reliabiliteten til denne typen sprinttest har vist seg å være god med en CV på 1,2% (Lindberg, upublisert 2021). I tillegg har toppfart, 10m- og 20m sprinttest vist seg å ha en god CV på henholdsvis 2%, 1,8% og 1,4% (Lindberg, upublisert 2021), hvilket tilsier at disse

testene også har god reliabilitet. CV beskriver hvor mye variasjon det er i testen, og desto lavere CV-en er, desto bedre presisjon er det på testen. Det vil altså si at det er liten spredning når en skal teste samme ferdighet flere ganger, noe som er betydningsfullt for å klare å se de rette sammenhengene. På denne måte ser man altså sammenhenger mellom to variabler med lite støy og mindre variasjon.

### **5.2.2 Spensttest – svikthopp**

I denne testen ble deltakerne instruert om å alltid ha hendene på hofta fra de startet hoppsekvensen, til landing. På denne måten ble det kontrollert for at hopp høydene utelukkende var en beskrivelse av underekstremitetens evne til å produsere kraft, uten påvirkning av moment i form av å svinge med armene. Dersom en deltaker i noen grad beveget hendene bort fra hofta, ble resultatet av dette hoppet ikke registrert.

En utfordring var at vi av og til mistet kontakt med kraftplattformen under spensttesten, noe som gjorde at den registrerte feil hopp høyde (alt fra 2 cm til 300 cm). Dette kan ha ført til at det beste resultatet ikke ble registrert. I tillegg kan det ha gjort at de deltakeren dette gjaldt fikk litt lengre pause mellom hoppene og seriene enn de andre, uten at dette nødvendigvis har gitt utslag på prestasjonen. Deltakerne skulle uansett gjennomføre minimum to fulle serier på 3-5 hopp, så om vi eksempelvis mistet kontakt med plattformen på hopp 2 i serie 2, måtte denne serien gjennomføres på nytt. Etter en serie hadde også plattformen en tendens til å beregne litt for lite vekt (trekke ifra 1-2 kg) hos testpersonene, og den ble derfor nullstilt før hver serie. For sikkerhets skyld ba vi også deltakerne informere om hva vekten deres var da de ankom på testdagen, og kontrollerte for at vekten på plattformen stemte overens med det som ble registrert tidligere. Dersom det ikke var stort avvik her ble deltakeren instruert til å gå av plattformen, og den ble nullstilt på nytt. I tillegg ble det før hver serie kontrollert for at innsamlingshastigheten til plattformen var på 1000Hz, da den i sjeldne tilfeller endret seg til 200Hz.

Når det gjelder reliabiliteten til svikthopp har denne også vist seg å være god med en CV på <1-5% (Cormack et al., 2008; Lindberg upublisert, 2021; Jiménez-Reyes et al., 2017), altså har det også her vist seg å være relativt lite spredning når den samme ferdigheten er testet flere ganger.

### 5.2.3 Beinstyrketest – Keiser beinpress

Under denne testen ble all motstand regulert automatisk med lufttrykk basert på deltakernes prestasjon på 10-stegstesten. Dette gjør at vi ikke har kontroll over hva motstanden på neste steg ville være, men med en CV på 4-8% (Lindberg et al., 2021) kan en anta at reliabiliteten til styrke og power i et Keiser beinpressapparat er god, i samsvar med både sprint- og spensttesten. Noe som kan ha vært en påvirkningsfaktor under denne testen er derimot vinkelen på kneleddet. Denne skulle som kjent være 80-90 grader, men ble kun angitt ved øyemål og ikke fastsatt ved bruk av hjelpemidler som måler den faktiske vinkelen, noe som kan ha vært utfordrende for standardiseringen av testen. Det kan derfor spekuleres i om deltakerne ikke alltid har hatt samme utgangspunkt for kraftutvikling da enkelte spillere kan ha hatt litt lengre arbeidsvei enn andre.

## 5.3 Catapultenheter

Catapultenheten gir et objektivt mål på bevegelse og fysisk prestasjon på fotballbanen. Disse enhetene og tilhørende software evner å samle inn store mengder data som omhandler eksempelvis tilbakelagt distanse, tid i hastighetssoner, maksimal og gjennomsnittlig hastighet, antall sprinter, hopp, akselerasjoner og de-akselerasjoner, retningsforandringer, og lignende variabler. Det at deltakerne var vant med å bruke slikt utstyr fra før, i tillegg til at de er brukt sammenhengende over 9 uker, bidrar til å øke sikkerheten om at deltakerne ikke har «overprestert», som kunne forekommet dersom de bare skulle brukt de i en uke eller lignende. Tidligere atferdsstudier har blant annet observert at testpersoner har en tendens til å øke sitt aktivitetsnivå dersom de overvåkes (Campbell, Maxey & Watson, 1995; Chiesa & Hobbs, 2008), og en kan anta at dette kunne forekommet i dette tilfellet også da man ofte ønsker å vise seg fra sin beste side (Prapavessis et al., 2004).

Catapultenheten var festet i en vest mellom skulderbladene. Dette gjorde at det ville forekomme minst mulig signalforstyrrelser mellom enheten og satellittene (Stevens et al., 2014). I tillegg ville det være mindre forstyrrelser fra for eksempel bevegelser i hofteleddet som kunne ha forekommet dersom den var festet i et belte, eller bevegelser i armen/håndleddet dersom utøverne skulle hatt på seg et armbånd eller en klokke. Sistnevnte er for øvrig heller ikke er tillatt av hensyn til spillernes sikkerhet.

Vi har måttet stole på at deltakerne har brukt samme catapultenhet hver gang for at resultatene skal være valide, i tillegg til at enhetene måtte bli satt til strømforsyning etter bruk for at de ikke skulle gå tomme for strøm under neste økt/kamp. Alternativt må det være

rapportert at deltakerne har hatt på seg en annen enhet dersom det har skjedd, og gjort justeringer for dette. Dette tar vi for gitt at klubben har kontroll på ettersom de bruker catapultsystemet til daglig utover denne studien. Alle enhetene var dessuten nummerert til hver deltaker, hvilket skal ha sørget for at de brukte den samme enheten hver gang.

En annen ting som må tas høyde for i denne studien er at deltakerne hadde på seg enhetene under både trening og kamp, men det er uklart om inkludert data er samlet inn fra fullstendige treningsøkter, eller om de kun er brukt under standardisert spill på trening. En kan derfor ikke utelukke at noe av dataene er hentet fra øvelser som stimulerer til høy- eller lavintensitets løping i større eller mindre grad enn det som skjer i kamp. Dersom laget eksempelvis har hatt løpetreninger i perioden der de har blitt utsatt for få eller mange retningsforandringer, akselerasjoner og høyintensitetsløp som ikke tilsvarer det de normalt blir utsatt for i kamp, kan dette ha hatt innvirkning dataene. Det samme kan gjelde for om de har hatt mye trening med lavere intensitet enn det som er normalt i kamp. Fordelen med dette er derimot at det gir mye data på spillernes prestasjoner på banen og dermed kanskje et mer helhetlig gjennomsnitt av hvordan fotballspillere responderer på treningsvolumet de blir utsatt for. Når det gjelder standardisert spill på trening, eksempelvis i form av 5v5/4v4 etc. på kort bane, viser forskning at denne typen spill har en tendens til å underestimere sprintaksjoner (Casamichana, Castellano & Castagna, 2012; Owen, Long, Paul & Dellal, 2014) og overestimere korte høyintensitetsaksjoner som akselerasjoner, de-akselerasjoner og hurtige retningsforandringer (Beenham et al., 2017; Casamichana et al., 2012; Clemente et al., 2019) i forhold til hva som skjer i kamp. Derimot er det tilsynelatende ingen studier som har analysert hvordan varierende banestørrelse påvirker intensiteten på akselerasjoner og de-akselerasjoner, men det har vist seg at spillere har flere sprinter og oppnår høyere maksimal hastighet under kamp enn standardisert småspill (Castillo, Raya-González, Yanci & Clemente, 2021). Dermed kan det være en fordel for trenere, og senere forskning på området, å standardisere en modell for småbanespill som også stimulerer til flere lengre sprinter der spillerne potensielt har bedre betingelser for å oppnå topphastighet. Dette kan gjøre det lettere å gjenskape kampsituasjoner og dermed undersøke spillernes kapasitet på trening opp mot kamp.

Hastigheten på datainnsamlingen foregikk med en frekvens på 10Hz på GNSS-chipen da dette har vist seg å være den mest nøyaktige innsamlingshastigheten sammenlignet med 1 eller 5Hz, og de har heller ikke vist seg å være noe mer nøyaktig på høyere hastigheter som 100Hz (Scott et al., 2016). Hver sensor i IMU-enheten (akselerometer, gyrometer og magnetometer) hadde en innsamlingshastighet på 100Hz som har vist seg å være en hastighet som gir akseptabel nøyaktighet når en skal gjøre målinger på løping (Provot, Chimentin,

Oudin, Bolaers & Murer, 2017). På hastigheter utover dette har kvaliteten på responsen vist seg å være utilstrekkelig for å tillate korrekt tolkning av resultatene (Provot et al., 2017). For å forsikre at enheten paret seg opp med satellittene og på best mulig måte unngikk forstyrrelser i signalene, som kunne blitt forårsaket av obstruksjoner som høye bygninger (eks. stadion) (Larsson, 2003; Scott et al., 2016), ble de oppbevart åpent utendørs før spillerne tok de på seg.

## **5.4 Covid 19-restriksjoner**

En faktor som bør nevnes ved datainnsamlingen fra trening og kamp er at denne studien har foregått under en sesong som har vært sterkt preget av Covid 19-pandemien. På grunn av dette gjorde Norges Fotballforbund blant annet midlertidige endringer i reglene som omhandler spillerbytter i kamp. Det ble i denne sesongen tillat å gjøre 5 bytter i stedet for 3 (Norges Fotballforbund, 2020), som skulle føre til mindre risiko for belastningsskader på spillerne ettersom kampprogrammet i en periode var veldig tett som følge av at sesongen ble utsatt med 3 måneder. Det kan også ha ført til at flere spillere fikk muligheten i kamp enn de ellers ville ha gjort. Det kan være sannsynlig å anta at dette tette kampprogrammet har hatt en påvirkning på spillerne og lagets fysiske kapasitet, treninger, restitusjon og rutiner, men om det har hatt noen påvirkning på datainnsamlingen i denne studien kan man ikke si med sikkerhet. Myndighetene innførte også restriksjoner om tilskuere på tribunen under idrettsarrangementer da dette utgjorde en risiko for smittespredning både til befolkningen og idrettslagene. Gjennom mesteparten av sesongen ble derfor kampene spilt uten tilskuere, noe som blant annet kan ha hatt en påvirkning på hjemmebanefordelen (Pollard, 2008; Tilp & Thaller, 2020), og disse restriksjonene gjaldt blant annet i denne datainnsamlingsperioden. Hvordan mangel på tilskuere har påvirket spillernes fysiske prestasjon på banen er vanskelig å slå fast (Pollard, 2008), men det kan være en sannsynlighet for at den nevnte hjemmebanefordelen til en viss grad har blitt annullert da det blant annet er vist at hjemmelag oftere får fordelene med seg i 50/50-situasjoner der publikum har en tendens til å påvirke dommerens avgjørelser (Pollard, 2008; Tilp & Thaller, 2020), som indirekte kan ha en påvirkning spillernes prestasjoner via taktiske tilnærminger i kampsituasjon.

## **5.5 Resultater for fysisk kapasitet vs prestasjon på banen**

Hovedfunnene fra oppgaven var at underliggende fysisk kapasitet, målt med tester i sprint, spenst og beinpress, hadde en sammenheng med prestasjon på fotballbanen i form av toppfart, antall akselerasjoner, metabolsk power og spillerbelastning. Denne sammenhengen var mest

tydelig når det gjaldt toppfart, antall akselerasjoner og metabolsk power, og ble mindre tydelig når det gjaldt spillerbelastning. I denne studien kunne det også se ut til at evnen til maksimal power hadde minst betydning på prestasjonsvariablene på banen av de kapasitetene som ble testet, og hadde blant annet ingen signifikant sammenheng med spillerbelastning selv om det ser ut til å være en tendens her ( $P=0,056$ ).

Resultatene fra testingen av spillernes fysiske kapasitet i sprint, spenst og beinstyrke viste at førstelaget presterte litt bedre enn andrelaget på alle testene, men denne forskjellen var ikke signifikant ( $P>0,05$ ). Det kan spekuleres i om denne lille forskjellen kan forklares av deltakernes aldersforskjell da andrelaget kun var bestående av ungdomsspillere (eldste 18 år), og en kan tydelig se i tabell 1 at spillerne på førstelaget i gjennomsnitt var vesentlig eldre enn på andrelaget ( $P<0,0001$ ). En kan anta at spillere som er eldre både har trent og spilt aktivt lengre enn yngre spillere og at de med dette har opparbeidet seg bedre utviklede muskulære og nevromuskulære ferdigheter, som kan ha gitt utslag på prestasjonene selv om forskjellen mellom lagene ikke var signifikant.

Studiedesignet i denne studien gjør at man har kunnet observere en sammenheng mellom målte fysiske ferdigheter og fysisk prestasjon på fotballbanen. Det er derimot vanskelig å si noe om årsakssammenhengene hvor en ikke med sikkerhet kan si at for eksempel spenstferdigheter har hatt en påvirkning på topphastighet og akselerasjon eller omvendt, altså at det er spillernes evne til topphastighet og akselerasjon som har ført til bedre spenstferdigheter. For å kunne fastslå dette vil det være hensiktsmessig å gjennomføre en intervensjon der man spesifikt trener på å for eksempel utbedre spenstferdigheter og se hvordan denne treningen har påvirket deltakernes prestasjon på banen. Dette var, som nevnt tidligere, den opprinnelige planen hvor vi skulle undersøke hvordan VBST hadde en påvirkning på spillernes fysiske kapasitet, og videre hvordan endring i fysisk kapasitet hadde påvirkning på fysisk prestasjon på banen. En intervensjon hadde eksempelvis gjort det mulig å nærmere undersøke sammenhengen mellom kapasitet i spenst og fysisk prestasjon på banen som tidligere er relativt lite utforsket i studier på fotballspillere, men hvor man vet at det er flere mekaniske elementer som ligger til grunn for at endring i spenst også påvirker endring i eksempelvis evnen til akselerasjon og sprint (Cormie, McGuigan & Newton, 2011; Loturco et al., 2015). Denne studien antyder derimot at det er en signifikant sammenheng mellom disse ferdighetene (spenst og sprint) ( $P<0,05$ ), noe som også stemmer overens med antakelsen om at spillere som er i stand til å hoppe høyere også er mer effektive i å akselerere fremover, og vil dermed raskere kunne oppnå høyere hastigheter (Loturco et al., 2015).

Det bør nevnes at fotball er en idrett som er svært kompleks, noe som kan forklare at sammenhengene mellom fysisk kapasitet og fysisk prestasjon er noe varierende, selv om de fleste var statistisk signifikante med unntak av sammenhengen mellom maksimal power og spillerbelastning ( $P=0,056$ ). Det vil si at en spesifikk test av en spesifikk ferdighet ikke nødvendigvis gjenspeilet seg i prestasjonene på banen. Eksempelvis var det ikke den spilleren som hadde lavest topphastighet på 30m sprinttesten som også hadde lavest topphastighet i kamp, selv om det ble observert en signifikant korrelasjon mellom disse variablene (figur 6,  $R^2=0,53$ ,  $P<0,001$ ). Her er det derimot store variasjoner og varmekartet i figur 7 viser at hver variabel for fysisk kapasitet hadde signifikante sammenhenger med opptil flere hundre variabler fra catapultenhetene, selv om denne studien kun har tatt for seg de fire nevnte i hovedanalysen. Disse variasjonene kan komme av at fysisk prestasjon på banen ofte er situasjonsspesifikk, altså at spillerne må reagere på ytre faktorer som motstander og taktisk tilnærming (Faude et al., 2012), mens testene er gjennomført isolert under kontrollerte omstendigheter. Eksempelvis er sprinttesten gjennomført med full uavbrutt akselerasjon over 30m, mens spillerne på banen må forholde seg til det som skjer i spillet, heriblant offensive og defensive bidrag med og uten ball, som retningsforandringer, akselerasjoner og de-akselerasjoner.

Catapultvariabelen for metabolsk power ble i denne studien observert å ha signifikante sammenhenger med alle variablene for fysisk kapasitet ( $P<0,05$ ), hvor evnen til toppfart 30m så ut til å ha størst betydning ( $R^2=0,56$ ,  $P<0,001$ ), mens kapasitet i 10m sprint ( $R^2=0,32$ ,  $P<0,01$ ), svikthopp ( $R^2=0,28$ ,  $P<0,01$ ), maksimal power ( $R^2=0,18$ ,  $P<0,05$ ) så ut til å ha noe mindre sammenheng, selv om disse også var statistisk signifikante. Metabolsk power er, spesielt i fotball, et relativt nytt forskningsområde som kan beskrive prestasjon. Resultatene fra denne studien samsvarer likevel med tidligere forskning som antyder at metabolsk power hos fotballspillere i stor grad er korrelert med eksplosive ferdigheter som sprint og spenst (Hoppe, Baumgart, Slomka, Plolglaze & Freiwald, 2017). I tillegg er det gjort observasjoner om at kapasitet i spenst har en sammenheng med metabolsk power under løping på tredemølle (Lazzer et al., 2014). Sett under ett kan disse funnene antyde at bedre eksplosive egenskaper kan føre til bedre verdier av metabolsk power, potensielt på grunn av biomekaniske egenskaper som energilagring og -utnyttelse. Det må også trekkes frem at estimering av metabolsk power baserer seg på en matematisk utregning der den primære energikostnaden består av akselerasjoner og de-akselerasjoner (Osgnach et al., 2010), hvilket potensielt kan bety at mer energieffektive spillere har lavere aktivitetsnivå under trening og kamp på grunn av deres eksplosive kapasiteter som kan kreve lengre tid på å komme seg etter intensive



aksjoner (Wallace & Norton, 2014). Tilsvarende trenger ikke høyere verdier av metabolsk power å bety at det krever mer energi av en spiller å utføre en akselerasjon eller de-akselerasjon, det kan også bety at spilleren har hatt kapasitet til å utføre flere slike høyintensitetsaksjoner. Dermed kan det være interessant å trekke inn aerob kapasitet som en annen faktor som kan påvirke metabolsk power eller energikostnad i fotball da denne kapasiteten blant annet har i oppgave å forsyne de anaerobe kapasitetene med energi. Det vil derimot kreves videre forskning på området før en kan trekke slike konklusjoner.

Når det kommer til catapultvariabelen for spillerbelastning viste dette seg å ha en signifikant sammenheng med alle sprintvariablene ( $P < 0,01$ ) og kapasiteten i spenst ( $P < 0,05$ ). Dette var også forventet på bakgrunn av at denne catapultvariabelen tar for seg summen av akselerasjoner over alle akser og beregner hvor mye arbeid spillerne har utført. Derfor var det noe overraskende at denne variabelen bare en tendens til sammenheng med beinstyrke, som riktignok var sterk, men ikke var signifikant ( $P = 0,056$ ). Siden introduksjonen av beregningen av spillerbelastning i idrettsforskning, har dette blitt utbredt i idretten for å undersøke hvor mye arbeid spillerne gjennomfører i løpet av trening og kamp (Bredt, Chagas, Peixoto, Menzel & de Andrade, 2020). Det har derimot vist seg å være vanskelig å sammenligne resultatene fra denne studien med tidligere forskning da det virker å være uenighet om hva spillerbelastning faktisk estimerer (Bredt et al., 2020). Catapult, som er utvikleren av denne belastningsvariabelen, definerer det som summen av alle akselerasjoner over alle akser, delt på en skaleringsfaktor, som brukes for å fortelle hvor mye gjennomsnittlig arbeid som har blitt utført i løpet av trening eller kamp (Julien, 2020). Derimot hevder Bredt et al. (2020) at spillerbelastning er mer relatert til omfanget av endringer i akselerasjon, og ikke omfanget av akselerasjoner i seg selv. Derfor vil det være hensiktsmessig å utvikle en videre forståelse av hva spillerbelastning omhandler før man begynner å trekke sammenligninger, da det fortsatt er mye usikkerhet rundt hva denne variabelen for fysisk kapasitet faktisk estimerer (Bredt et al., 2020). For eksempel har spillerbelastning vist seg å ha en sammenheng med total løpsdistanse på grunn av økt antall steg innenfor større avstander (Bredt et al., 2020). Dette kan antyde at spillerbelastning ikke gjenspeiler omfanget av akselerasjonen, men øker vanskeligheten med å skille mellom den ytre belastningen til en spiller som dekker større avstand og den spilleren som opplever handlinger med høyere intensitet (eks. sprint, hopp og kroppsdueller). I denne forbindelsen kan variabler som omfatter omfanget av akselerasjonen, som antall telte akselerasjoner eller tid tilbragt i en akselerasjonssone, være mer informativ og bedre til å skille mellom spillere som skiller seg ut i omfanget av akselerasjon (Bredt et al.,

2020). Videre studier på hva som påvirker spillerbelastning, og hvordan, kan derfor være aktuelt for idrettsforskere å undersøke.

### 5.5.1 Sprintferdigheter

Det var forventet at deltakernes kapasitet innen sprint ville ha en sammenheng med de fysiske prestasjonene på banen hva gjelder evne til topphastighet, akselerasjon, metabolsk power og spillerbelastning, noe som også viste seg å stemme ( $P < 0,05$ ). Dette med bakgrunn i at desto raskere en utøver er, jo mindre vil det potensielt koste for denne utøveren å tilbringe tid i høy hastighet (Osgnach et al., 2010). Dersom dette ses i sammenheng med at en sprint i fotball svært ofte oppstår etter et allerede påbegynt høyintensitetsløp (Di Salvo et al., 2009; Di Salvo et al., 2010), er det med på å underbygge påstanden om at det vil være lettere for en rask utøver å akselerere lenge nok til å oppnå topphastighet. I tillegg kan en raskere spiller potensielt bruke kortere tid, og dermed mindre krefter, på å akselerere opp til høy hastighet og holde seg der.

Variabelen for maksimal oppnådd hastighet på banen hadde størst sammenheng med testvariabelen for 30m sprinttid ( $R^2=0,65$ ,  $P < 0,001$ ), som kan komme av at den tilbakelagte distansen som trengs for å oppnå topphastighet i tidligere studier har vist seg å være at 20-36 meter for fotballspillere (Coleman & Dupler, 2004; Delecluse et al., 1995). Dette kan ses i sammenheng med at en sprint i fotball ofte forekommer etter et allerede påbegynt høyhastighetsløp (Di Salvo et al., 2009; Di Salvo et al., 2010), hvilket antyder at maksimal oppnådd hastighet har kommet av et lengre løp. Der studier har vist at omlag 90% av alle sprinter i fotball har en distanse på  $< 20m$  (Di Salvo et al., 2010; Vigne et al., 2010), 70-80% foregår  $< 10m$  og ca. 50% er  $< 5m$  (Di Salvo et al., 2009; Di Salvo et al., 2010), er det viktig å påpeke at GNSS-dataene for antall sprinter og lengde ovenfor en bestemt hastighet ikke har tatt hensyn til akselerasjon ettersom de kun defineres av hastighet. Eksempelvis kan en spiller løpe i 15km/t, øke til 20km/t, ned til 15 igjen og opp til 20. Dette kan klassifiseres som to sprinter dersom cutoff-verdien er satt til 20km/t, mens spilleren i realiteten bare har akselerert fra 15 til 20km/t. Det kan derfor late til at evnen til akselerasjon er viktigere enn topphastighet for fotballspillere, og det er observert at spillere utfører omlag 91 akselerasjoner i løpet av en kamp (Dalen et al., 2019). I motsetning ble det i denne studien observert at spillerne i gjennomsnitt utførte 25 akselerasjoner, noe som er hele 73% lavere enn i Dalen et al. (2019) sin studie. Forskjellen her er derimot at vi i denne studien kun registrerte akselerasjoner som varte i over 0,9 sekunder. Studien til Dalen et al. (2019) har tilsynelatende ikke satt begrensninger på dette, noe som tilsier at en akselerasjon etterfulgt av en stoppfase og ny

akselerasjon (eks. retningsforandring) kan ha blitt telt som to akselerasjoner, mens det i denne studien kun har blitt telt som én akselerasjon dersom stoppfasen var kortere enn 0,8 sekunder.

Overgangen fra lavere til høyere sprinthastigheter resulterer i kortere kontakttid mot bakken med en samtidig økning i vertikal kraftutvikling (Coyler et al., 2018), og dermed oppstår forventningen om at sprintkapasitet har en sammenheng med både spenst- og powerkapasitet. Resultatene fra de fysiske testene i denne studien viser at det var en korrelasjon mellom disse ferdighetene når de ble testet isolert da prestasjon i svikthopp hadde en signifikant sammenheng med prestasjon i toppfart 30m ( $R^2=0,30$ ,  $P<0,01$ ), tid på 10m ( $R^2=52$ ,  $P<0,0001$ ), tid på 20m ( $R^2=55$ ,  $P<0,0001$ ) og tid på 30m ( $R^2=55$ ,  $P<0,0001$ ) sprint. Dette samsvarer med tidligere studier som også har tatt for seg denne sammenhengen (Comfort et al., 2014; Köklü et al., 2015; Lutorco et al., 2020; Wisløff et al., 2004). I tillegg var det en sammenheng mellom svikthopp og catapultvariablene for maksimal hastighet ( $P<0,001$ ) og antall akselerasjoner ( $P<0,001$ ). Samtidig hadde evnen til å utvikle maksimal power en sammenheng med både toppfart på 30m sprintesten ( $R^2=0,83$ ,  $P<0,001$ ), samt tid på 10m sprint ( $R^2=0,38$ ,  $P<0,001$ ), 20m sprint ( $R^2=0,40$ ,  $P<0,001$ ) og 30m sprint ( $R^2=0,43$ ,  $P<0,0001$ ). Dette kan ses i sammenheng med at powerferdigheter er en grunnleggende faktor for å kunne utføre akselerasjoner og hopp (Cormie, McGuigan & Newton, 2011), hvor begge disse kapasitetene er avhengige av underekstremitetens evne til å produsere mer vertikal kraft enn massen som skal flyttes ( $F=m*a$ ). Denne kapasiteten hadde også en forventet sammenheng med variablene maksimal oppnådd hastighet ( $P<0,05$ ) og antall akselerasjoner ( $P<0,01$ ) fra Catapult.

### **5.5.2 Spenstferdigheter**

Det var forventet at spillere med bedre kapasitet i spenst, i likhet med sprint, ville ha en sammenheng med deres prestasjon på fotballbanen. Dette med bakgrunn i at sprint og spenst kan forklares av mange av de samme mekanismene hvor man er avhengig av god beinstyrke for å ha god kapasitet i begge ferdighetene (Cormie et al., 2011). Denne forventningen viste seg å stemme da det ble observert signifikante sammenhenger hvor spillere med bedre kapasitet i spenst også hadde bedre prestasjon på banen innenfor alle catapultvariablene ( $P<0,05$ ). I tillegg viste resultater fra den fysiske testingen at det var sterke korrelasjoner mellom kapasitet i spenst og sprint når de ble testet isolert da prestasjon i svikthopp hadde signifikante sammenhenger med prestasjon i toppfart 30m ( $P<0,01$ ), tid på 10m ( $P<0,0001$ ), tid på 20m ( $P<0,0001$ ) og tid på 30m ( $P<0,0001$ ) sprint. Dette samsvarer også med tidligere studier som har tatt for seg denne sammenhengen (Comfort et al., 2014; Köklü et al., 2015;

Lutorco et al., 2020; Wisløff et al., 2004). Hva gjelder sammenhengen mellom kapasitet i spenst og prestasjon på fotballbanen er dette derimot et område som fortsatt er lite utforsket.

For å være i stand til å hoppe høyere må man ha evnen til å så raskt som mulig utvikle så mye kraft som mulig mot bakken og når denne kraftutviklingen øker, øker også den vertikale hastigheten ved avsats (Lutorco et al., 2015). Prinsippet om power later altså til å være sentral her. Dermed kan en anta at spillere med bedre powerkapasitet også er i stand til å hoppe høyere, noe denne studien også observerte ( $R^2=0,45$ ,  $P<0,0001$ ). Dette er også blitt vist i tidligere forskning (Cormie et al., 2011; Philpott et al., 2020; Wilson, Newton, Murphy & Humpfires, 1993). Spillere med bedre evne til å utvikle power vil potensielt være i stand til å hoppe høyere da spenst er en ferdighet som benytter seg av musklens elastiske energi og strekk-forkortningshastighet (Cormie et al., 2011). Når en muskel aktiveres, strekkes og så forkortes, vil det genereres kraft og power under den konsentriske aksjonen som er større enn en ren konsentrisk aksjon, noe forskning har vist at har en påvirkning på fotballspesifikk kapasitet hva gjelder blant annet sprint og spenst (Cormie et al., 2011; Wilson et al., 1993). For å forbedre evnen til powerproduksjon, og dermed kapasiteter knyttet til dette som spenst og sprint, bør en derfor trene for å utvikle musklens evne til å lagre og frigjøre elastisk energi. Dette kalles fjærstivhet og omhandler et objekts (eks. muskler, sener og bein) evne til å motstå lengdeforandringer, for eksempel ved et svikthopp eller sprint, hvor objektet lagrer energien i den eksentriske fasen og frigjør den i den konsentriske fasen (Butler, Crowell & Davis, 2003; Latash & Zatsiorsky, 1993). Det å implementere styrketrening i lagets treningsregime hvor de aktive musklene strekkes før de trekker seg sammen har i forskning vist seg å være effektivt for å forbedre kapasiteten i spenst og sprint (Beato et al., 2018; Chelly et al., 2010; Slimani et al., 2017), og kun én økt med styrketrening i uka har vist seg å være nok for å opprettholde kapasiteten i hurtighet, spenst og styrke gjennom en sesong (Rønnestad et al., 2010). Nøyaktig hvordan dette har påvirkning på prestasjon på fotballbanen er det derimot fortsatt usikkerhet rundt og ville vært interessant å forske videre på.

### **5.5.3 Beinstyrkeferdigheter**

Evnen til å utvikle maksimal power kan anses som svært viktig i idretter som fotball da det er en faktor som blant annet påvirker utførelsen av akselerasjoner, sprint, hopp, retningsforandringer og spark (Cormie et al., 2011). Derfor var det forventet at denne kapasiteten hadde sammenheng med fysisk prestasjon på banen hva gjelder evnen til topphastighet, antall akselerasjoner, metabolsk power og spillerbelastning. Dette viste seg å stemme hvor denne kapasiteten hadde en signifikant sammenheng med catapultvariablene

topphastighet, antall akselerasjoner og metabolsk power ( $P < 0,05$ ), mens det kun ble observert en sterk, men ikke-signifikant tendens med variabelen for spillerbelastning ( $P = 0,056$ ).

Derimot viser varmekartet i figur 7 at denne kapasiteten hadde en signifikant sammenheng med nærmere 200 catapultvariabler, og selv om sammenhengen med spillerbelastning ikke var statistisk signifikant, er den likevel så sterk at en her kan se en tendens til sammenheng mellom variablene. Tidligere er det også rapportert at sprint over korte distanser er svært avhengig av spillernes evne til å generere power (Delecluse et al., 1995), noe resultatene fra testing på fysisk kapasitet i denne studien også antyder hvor spillernes powerprestasjon hadde signifikante sammenhenger med sprinttid på både 10m ( $P < 0,001$ ), 20m ( $P < 0,001$ ) og 30m ( $P < 0,0001$ ). Dette er også vist i tidligere forskning (Baker & Nance, 1999; Comfort et al., 2014; Harris, Cronin, Hopkins & Hansen, 2008).

Hva gjelder topphastighet og akselerasjonsevne har forskning vist at dette i stor grad er avhengig av strekkapparatet i beina sin evne til å utvikle power (Rønnestad et al., 2008), hvor det i denne oppgaven ble observert en signifikant sammenheng mellom disse variablene både for toppfart på 30m sprinttesten ( $P < 0,001$ ) og toppfart på fotballbanen ( $P < 0,05$ ). Disse ferdighetene (akselerasjon og topphastighet) ses ofte i sammenheng når det snakkes om sprintprestasjon på grunn av deres bakenforliggende fysiologiske, metabolske og biomekaniske faktorer (Buchheit et al., 2014). Derimot har Haugen et al. (2013) antydnet disse ferdighetene er ulike og krever ulik treningstilnærming da evnen til akselerasjon eksempelvis hovedsakelig er avhengig av konsentrisk kraftutvikling, impuls og kne- og hofteekstensoraktivitet (Dorn, Scache & Pandy 2012), mens toppfart kan være nærmere relatert til bedre strekk-forkortningssyklus, stivhet i muskulaturen i beina og hofteekstensoraktivitet med hensikt å produsere store mengder vertikal kraft mot bakken per kg kroppsvekt (Harris et al., 2008; Weyand, Sandell, Prime & Bundle 2010). Kombinasjonen av strekk og forkortning (ekstensjon og kontraksjon) i muskulaturen utgjør dannelsen av normale bevegelser som gange og hopp, og kan derfor overføres til sprint og spenst (Cormie et al., 2011). En akselerasjon fra stillestående posisjon vil derfor sannsynligvis være mer avhengig av evnen til å utvikle maksimal kraft enn maksimal power, mens evnen til å utvikle power kan komme mer til syne etter bevegelsen har startet for å opprettholde og øke hastighet (Cormie et al., 2011). Resultatene i denne studien kan støtte opp denne påstanden da det ble observert at kapasitet i power hadde større sammenheng med sprint desto lengre sprinten ble under testingen av fysisk kapasitet ( $P < 0,001$ ). I tillegg kunne det også vært interessant å se videre på om maksimal kraftutvikling har en sammenheng med akselerasjon, noe tidligere

studier har observert for 1RM i knebøy og akselerasjon (Comfort et al., 2014; Helgerud et al., 2011; Wisløff et al., 2001).

Evnen til å utvikle power under bevegelse styres av de kontraktile kapasitetene til de involverte musklene, som påvirkes av faktorer som sammensetningen av muskelfibertyper, muskelarkitektur og seneegenskaper som stivhet, samt nevromuskulære faktorer som rekruttering av motoriske enheter, fyringsfrekvens og intramuskulær koordinasjon (Cormie et al., 2011). Muskler og muskelgrupper med høyere andel av type II-muskelfibre ser dermed ut til å kunne produsere mer power enn type I-fibre (Cormie et al., 2011). Derfor er forståelse av grunnlaget for maksimal powerproduksjon viktig i arbeidet med treningsprogrammer som effektivt forbedrer ferdigheter knyttet til powerkapasiteten. Ut ifra denne oppgaven later det til at dette for fotballspillere innebærer kapasitet innenfor spenst, sprint og metabolsk power, men det ville vært interessant å forske videre på hvordan forbedret power også forbedrer prestasjon på fotballbanen.

## **5.6 Videre forskning**

Videre forskning på området om sammenhengen mellom fysisk kapasitet og fysisk prestasjon på fotballbanen burde først og fremst gjøre intervensjoner for å påvirke kapasitetene, og dermed observere endring på banen. Det bør inkluderes flere deltakere/lag for å kunne gi et bedre bilde på hvordan ulike fysiske kapasitetes henger sammen med prestasjon på banen på toppnivå. I tillegg kan det vært hensiktsmessig at fremtidige studier inkluderer kontrollerende faktorer som flere tester (før, under og etter sesong), nivå på motstandere, spillerposisjoner og ulike taktiske tilnærminger til kamp for å kunne gi et mer helhetlig bilde av hvilke fysiske kapasiteter som påvirker prestasjonen på banen. Det bør også kontrolleres for treningsforhold dersom det skal inkluderes data fra både trening og kamp der standardiserte øvelser som er spesifikke til kampsituasjoner, eksempelvis småbanespill, bør prioriteres som kilde til datainnsamling. Dette fordi det kunne gitt et bedre bilde av hvordan fysisk kapasitet mer spesifikt påvirker prestasjonene knyttet til kamp og konkurranse. Det bør også kontrolleres for at det analyseres store nok datasett til å kunne generalisere og gi et godt bilde av gjennomsnittlig fysisk prestasjon (Gregson et al., 2010), og en kan diskutere om det er nødvendig å inkludere keepere i slike analyser da de tilsynelatende har andre fysiske krav enn utespillere (White et al., 2018).

## 6 Konklusjon

Det er en sammenheng mellom spillernes underliggende fysiske kapasitet i ferdigheter som anses som svært viktige fotball, og fysisk prestasjon på banen. Herunder gjelder evne til topphastighet, antall akselerasjoner og metabolsk power (energikostnad), hvor det ser ut til å være en korrelasjon. Dette ser derimot ikke ut til å gjelde for powerferdigheters sammenheng med spillerbelastning. Selv om det er observert signifikante sammenhenger kan studien, på bakgrunn av studiedesignet, ikke presentere årsaksforklaringer. En kan altså ikke konkludere med at forbedret fysisk kapasitet innen sprint, spenst eller beinstyrke hos spillerne fører til forbedret fysisk prestasjon på banen, eller om det er den fysiske prestasjonen på banen som fører til at spillerne forbedrer sin fysiske kapasitet. For å undersøke dette vil det være nødvendig å gjennomføre intervensjoner som tar for seg forbedring den fysiske kapasiteten, og deretter undersøke endringer i fysisk prestasjon på banen.

## Referanseliste

- Akenhead, R. & Nassis, G. P. (2016). Training load and player monitoring in high-level football: current practice and perceptions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(5), 587-593. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0331>
- Andersson, H., Ekblom, B. & Krstrup, P. (2008). Elite football on artificial turf versus natural grass: Movement patterns, technical standards, and player impressions. *Journal of Sports Sciences*, 26(2), 113-122. <https://doi.org/10.1080/02640410701422076>
- Anderson, L., Orme, P., Di Michele, R., Close, G. L., Milsom, J., Morgang, R., ... & Morton, J. P. (2016). Quantification of seasonal-long physical load in soccer players with different starting status from the English Premier League: Implications for maintaining squad physical fitness. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(8), 1038-1046. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0672>
- Andrzejewski, M., Chmura, P., Konefal, M., Kowalczyk, E. & Chmura, J. (2018). Match outcome and sprinting activities in match play by elite German soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(6), 785-792. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07352-2>
- Armatas, V., Yiannakos, A. & Sileloglou, P. (2007). Relationship between time and goal scoring in soccer games: Analysis of three World Cups. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 7(2), 48-58. <https://doi.org/10.1080/24748668.2007.11868396>
- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L. & Bahr, R. (2004). Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(2), 278-285. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000113478.92945.CA>
- Baker, D. & Nance, S. (1999). The relation between running speed and measures of strength and power in professional rugby league players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(3), 230-235. Hentet fra: [https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/1999/08000/the\\_relation\\_between\\_running\\_speed\\_and\\_measures\\_of.9.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/1999/08000/the_relation_between_running_speed_and_measures_of.9.aspx)
- Bangsbo, J. (1994). The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum*, 619, 1-155. Hentet fra: <https://europepmc.org/article/med/8059610>



- Bangsbo, J. & Lindquist, F. (1992). Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players. *International Journal of Sports Medicine*, 13(2), 125-132. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021243>
- Bangsbo, J., Nørregaard, L. & Thorsø, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 16(2), 110-116. Hentet fra: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1647856/>
- Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., Bush, M. & Bradley, P. S. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *International Journal of Sports Medicine*, 35(13), 1095-1100. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1375695>
- Beato, M., Bianchi, M., Coratella, G., Merlini, M. & Drust, B. (2018). Effects of plyometric and directional training on speed and jump performance in elite youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(2), 289-296. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002371>
- Beenham, M., Barron, D. J., Fry, J., Hurst, H. H., Figuierdo, A. & Atkins, S. (2017). A comparison of GPS worklod demands in match play and small-sided games by the positional role in youth soccer. *Journal of Human Kinetics*, 57, 129-137. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0054>
- Biggest Global Sports. (2021, 20. mai). A statistics-based analysis of the world's most popular sports. Hentet fra: <http://www.biggestglobalsports.com/worlds-biggest-sports/4580873435>
- Black, G. M., Gabbett, T. J., Johnson, R. D., Cole, M. H., Naughton, G. & Dawson, B. (2018). The influence of physical qualities on activity profiles of female Australian football match play. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(4), 524-529. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0723>
- Bloomfield, J., Polman, R. & O'Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(1), 63-70. Hentet fra: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3778701/pdf/jssm-06-63.pdf>

- Bomba, T. O. & Haff, G. G. (2009). *Periodization: Theory and methodology of training*. Human Kinetics. Hentet fra:  
[https://books.google.no/books?hl=no&lr=&id=2f9QDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=Periodization:+Theory+and+methodology+of+training&ots=rxK1Wzu3vl&sig=3CheYet6b2FqPVpy9uDYonTORFo&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Periodization%20%3A%20Theory%20and%20methodology%20of%20training&f=false](https://books.google.no/books?hl=no&lr=&id=2f9QDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=Periodization:+Theory+and+methodology+of+training&ots=rxK1Wzu3vl&sig=3CheYet6b2FqPVpy9uDYonTORFo&redir_esc=y#v=onepage&q=Periodization%20%3A%20Theory%20and%20methodology%20of%20training&f=false)
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., ... Gregson, W. (2017). Monitoring athlete training loads: consensus statement. *International journal of sports physiology and performance*, 12(s2), S2-161-S162-170.  
<https://doi.org/10.1123/IJSPP.2017-0208>
- Bradley, P. S., Carling, C., Diaz, A. G., Hood, P., Barnes, C., Ade, J., ... Mohr, M. (2013). Match performance and physical capacity of players in the top three competitive standards of English professional soccer. *Human Movement Science*, 32(4), 808-821.  
<https://doi.org/10.1016/j.humov.2013.06.002>
- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P. & Krstrup, P. (2009). High intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 159-168. <https://doi.org/10.1080/02640410802512775>
- Bredt, S. D. G. T., Chagas, M. H., Peixoto, G. H., Menzel, H. J. & de Andrade, A. G. P. (2020). Understanding player load: Meanings and limitations. *Journal of Human Kinetics*, 71, 5-9. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0072>
- Buccheit, M., Samozino, P., Glynn, J. A., Michael, B. S., Al Haddad, H., Mendez-Villanueva, A. & Morin, J. B. (2014). Mechanical determinants of acceleration and maximal sprinting speed in highly trained young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 32(30), 1906-1913. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.965191>
- Burgess, D. J., Naughton, G. & Norton, K. I. (2006). Profile of movement demands of national football players in Australia. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(4), 334-341. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.01.005>
- Butler, R. J., Crowell III, H. P. & Davis, I. M. (2003). Lower extremity stiffness: implications for performance and injury. *Clinical Biomechanics*, 18(6), 511-517.  
[https://doi.org/10.1016/S0268-0033\(03\)00071-8](https://doi.org/10.1016/S0268-0033(03)00071-8)
- Caldwell, B. P. & Peters, D. M. (2009). Seasonal variation in physiological fitness of a semiprofessional soccer team. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1370-1377. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a4e82f>

- Casamichana, D., Castellano, J. & Castagna, C. (2012). Comparing the physical demands of friendly matches and small-sided games in semiprofessional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(3), 837-843.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822a61cf>
- Campbell, J. P., Maxey, V. A. & Watson, W. A. (1995). Hawthorne effect: implications for prehospital research. *Annals of Emergency Medicine*, 26(5), 590-594.  
[https://doi.org/10.1016/S0196-0644\(95\)7009-9](https://doi.org/10.1016/S0196-0644(95)7009-9)
- Carling, C., Bradley, P., McCall, A. & Dupont, G. (2016). Match-to-match variability in high speed running activity in a professional soccer team. *Journal of Sports Sciences*, 34(24), 2215-2223. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1176228>
- Casajús, J. A. (2001). Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(4), 463-469. Hentet fra: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.470.1094&rep=rep1&type=pdf>
- Castagna, C., Impellizzeri, F., Cecchini, E., Rimpinini, E. & Alvarez, J. C. B. (2009). Effects of intermittent-endurance fitness on match performance in young male soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 1954-1959.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b7f743>
- Castillo, D., Raya-González, J., Yanci, J. & Clemente, F. M. (2021). Influence of pitch size on short-term intensity actions and body impacts in soccer sided games. *Journal of Human Kinetics*, 78(1), 187-196. <https://dx.doi.org/10.2478/hukin-2021-0037>
- Chelly, M. S., Ghenem, M. A., Abid, K., Hermassi, S. Tabka, Z. & Shephard, R. J. (2010). Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump- and sprint performance of soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2670-2676. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e2728f>
- Chiesa, M. & Hobbs, S. (2008). Making sense of social research: How useful is the Hawthorne effect?. *European Journal of Social Psychology*, 38(1), 67-74.  
<https://doi.org/10.1002/ejsp.401>
- Clemente, F. M., Sarmiento, H., Rabbani, A., Van der Linden, C. M., Kargarfard, M. & Costa, I. T. (2019). Variations of external load variables between medium-and large-sided soccer games in professional players. *Research in Sports Medicine*, 27(1), 50-59.  
<https://doi.org/10.1080/15438627.2018.1511560>

- Coleman, E. & Dupler, T. L. (2004). Changes in running speed in game situations during a season of Major League Baseball. *Journal of Exercise Physiology Online*, 7(3). 89-93
- Comfort, P., Bullock, N. & Pearson, S. J. (2012). A comparison of maximal squat strength and 5-, 10-, and 20-meter sprint times, in athletes and recreationally trained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(4), 937-940.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822e5889>
- Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L. & Clarkson, B. (2014). Relationship between strength, sprint and jump performance in well-trained youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(1), 173-177.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318291b8c7>
- Cormack, S. J., Newton, R. U., McGulan, M. R. & Doyle, T. L. A. (2008). Reliability of measures obtained during single and repeated countermovement jumps. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(2), 131-144.  
<https://doi.org/10.1123/ijspp.3.2.131>
- Cormie, P., McGuigan, M. R. & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power. *Sports Medicine*, 41(1), 17-38. <https://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>
- Coyler, S. L., Nagahara, R., Takai, Y & Salo, A. I. (2018). How sprinters accelerate beyond the velocity plateau of soccer players: Waveform analysis of ground reaction forces. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(12), 2527-2535.  
<https://doi.org/10.1111/sms.13302>
- Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H. & West, C. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: a systematic review. *Sports medicine*, 43(10), 1025-1042. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0069-2>
- Dalen, T., Lorås, H., Hjelde, G. H., Kjøsnes, T. N. & Wisløff, U. (2019). Accelerations – a new approach to quantify physical performance in male elite soccer? *European Journal of Sports science*, 19(8), 1015-1023.  
<https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1566403>
- Delecluse, C., Van Coppenolle, H., Willems, E., Van Leemputte, M., Diels, R. & Goris, M. (1995). Influence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(8), 1203,1209.  
<https://doi.org/10.1249/00005768-199508000-00015>

- Di Salvo, V., Baron, R., González-Haro, C., Gormasz, C., Pigozzi, F. & Bachl, N. (2010). Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *Journal of Sports Sciences*, 28(14), 1489-1494. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.521166>
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Montero, F. C., Bachl, N. & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 28(03), 222-227. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924294>
- Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P. & Drust, B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League Soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 30(3), 205-212. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1105950>
- Di Salvo, V., Pigozzi, F., González-Haro, C., Laughlin, M. S. & De Witt, J. K. (2013) Match Performance Comparison in Top English Soccer Leagues. *International Journal of Sports Medicine*, 34(06), 526-532. <https://dx.doi.org/10.1055/s-0032-1327660>
- Dorn, T. W., Scache, A. G. & Pandy. M. G. (2012). Muscular strategy shift in human running: dependence of running speed on hip and ankle muscle performance. *Journal of Experimental Biology*, 214(11), 1994-1956. <https://doi.org/10.1242/jeb.064527>
- El-Rabbany, A. (2002). *Introduction to GPS: the global positioning system*. Artech house.  
Hentet fra:  
[https://books.google.no/books?hl=no&lr=&id=U2JmghrrB8cC&oi=fnd&pg=PR13&dq=what+is+global+positioning+system&ots=9NwTlSSBJX&sig=QRfeaxHFmBPG6z2eXmCKL1vHhyg&redir\\_esc=y#v=onepage&q=what%20is%20global%20positioning%20system&f=false](https://books.google.no/books?hl=no&lr=&id=U2JmghrrB8cC&oi=fnd&pg=PR13&dq=what+is+global+positioning+system&ots=9NwTlSSBJX&sig=QRfeaxHFmBPG6z2eXmCKL1vHhyg&redir_esc=y#v=onepage&q=what%20is%20global%20positioning%20system&f=false)
- Evangelos, B., Gioaldasis, A., Ioannis, G. & Georgia, A. (2018). Relationship between time and goal scoring of European soccer teams with different league ranking. *Journal of Human Sport and Exercise*, 13(3), 518-529. <https://doi.org/10.14198/jhse.2018.133.04>
- Evangelos, B., Lefteris, M., Aristotelis, G., Ioannis, G. & Natalia, K. (2016). Aerobic and anaerobic capacity of professional soccer players in annual macrocycle. *Journal of Physical Education and Sport*, 16(2), 527-533. <https://doi.org/10.7752/jpes.2016.02083>
- Faude, O., Koch, T. & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional soccer. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 625-631. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.665940>

- FIFA. (2018). About the IMS Standard for Wearable Tracking Devices. Football technology. Hentet fra: <https://football-technology.fifa.com/en/media-tiles/about-the-ims-standard-for-wearable-tracking-devices/>
- Gregson, W., Drust, B., Atkinson, G. & Di Salvo, V. (2010). Match-to-match variability of high-speed activities in Premier League soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 31(4), 237-242. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0030-1247546>
- Harris, N. K., Cronin, J. B., Hopkins, W. G. & Hansen, K. T. (2008). Relationship between sprint times and strength/power output of a machine squat jump. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 691-698. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013816d8d80>
- Haugen, T. A. (2018). Soccer seasonal variations in sprint mechanical properties and vertical jump performance. *Kinesiology*, 50(1), 102-108. Hentet fra: <https://hrcak.srce.hr/ojs/index.php/kinesiology/article/view/6301>
- Haugen, T. A., Tønnesen, E. & Seiler, S. (2013). Anaerobic performance testing of professional soccer players 1995-2010. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(2), 148-156. <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.2.148>
- Heidari, J., Beckmann, J., Bertollo, M., Brink, M., Kallus, K. W., Robazza, C. & Kellmann, M. (2019). Multidimensional monitoring of recovery status and implications for performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(1), 2-8. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0660>
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisløff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(11), 1925-1931. Hentet fra: [https://henriquetateixeira.com.br/up\\_artigo/aerobic\\_endurance\\_training\\_improves\\_soccer\\_performance\\_va5te8.pdf](https://henriquetateixeira.com.br/up_artigo/aerobic_endurance_training_improves_soccer_performance_va5te8.pdf)
- Helgerud, J., Rodas, G., Kemi, O. J. & Hoff, J. (2011). Strength and endurance in elite football players. *International Journal of Sports Medicine*, 32(6), 667-672. <https://dx.doi.org/10.1055/s-0031-1275742>
- Hoff, J. (2005). Training and testing physical capacities for elite soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 573-582. <https://doi.org/10.1080/02640410400021252>
- Hoff, J., Wisløff, U., Engen, L. C., Kemi, O. J. & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *British Journal of Sports Medicine*, 36(3), 218-221. <https://dx.doi.org/10.1136/bjism.36.3.218>

- Hoppe, M. W., Baumgart, C., Slomka, M., Polglaze, T. & Freiwald, J. (2017). Variability of metabolic power data in elite soccer players during pre-season matches. *Journal of Human Kinetics*, 58, 233-245. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0083>
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Pareja-Blanco, F., Concieção, F., Cuadrado-Peñañiel, V., González-Badillo, J. J. & Morin, J. B. (2017). Validity of a simple method for measuring force-velocity-power profile in countermovement jump. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1), 36-43. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2015-0484>
- Julien, C. (2020, desember). What is player load?. Hentet fra: <https://support.catapultsports.com/hc/en-us/articles/360000510795-What-is-Player-Load->
- Kalapotharakos, V. I., Ziogas, G. & Tokmakidis, S. P. (2011). Seasonal aerobic performance variation in elite soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(6), 1502-1507. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181da85a9>
- Köklü, Y., Alemdaroglu, U., Özkan, A., Koz, M. & Ersöz, G. (2015). The relationship between sprint ability, agility and vertical jump performance in young soccer players. *Science & Sports*, 30(1), e1-e5. <https://dx.doi.org/10.1016/j.scispo.2013.04.006>
- Larsson, P. (2003). Global positioning system and sport-specific testing. *Sports Medicine*, 33(5), 1093-1101. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333150-00002>
- Latash, M. L. & Zatsiorsky, V. M. (1993). Joint stiffness: Myth or reality?. *Human Movement Science*, 12(6), 653-692. [https://doi.org/10.1016/0167-57\(93\)900010-M](https://doi.org/10.1016/0167-57(93)900010-M)
- Lazzer, S., Taboga, P., Salvadego, D., Rejc, E., Simunic, B., Narici, M. V., ... & di Prampero, P. E. (2014). Factors affecting metabolic cost of transport during a multi-stage running race. *Journal of Experimental Biology*, 217(5), 787-795. <https://doi.org/10.1242/jeb.091645>
- Lee, E. C., Fragala, M. S., Kavouras, S. A., Queen, R. M., Pryor, J. L. & Casa, D. J. (2017). Biomarkers in sports and exercise: tracking health, performance, and recovery in athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(10), 2920-2937. <https://doi.org/10.1519/JSC0000000000002122>
- Lindberg, K., Solberg, P., Bjørnsen, T., Helland, C., Rønnestad, B., Thorsen Frank, M., ... & Paulsen, G. (2021). Force-velocity profiling in athletes: Reliability and agreement across methods. *Plos One*, 16(2), e0245791. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245791>
- Lindberg, K. (2021). Upublisert artikkel.

- Linthorne, N. P. (2001). Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *American Journal of Physics*, 69(11), 1198-1204. <https://doi.org/10.1119/1.1397460>
- Loturco, I., Pereira, L. A., Cal Abad, C. C., D'Angelo, R. A., Fernandes, V., Kitamura K., ... & Nakamura, F. Y. (2015). Vertical and horizontal jump test are strongly associated with competitive performance in 100-m dash events. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7), 1966-1971. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000849>
- Loturco, I., Pereira, L. A., Fílter, A., Olivares-Jabalera, J., Reis, V. P., Fernades, V., ... & Requena, B. (2020). Curve sprinting in soccer: relationship with linear sprints and vertical jump performance. *Biology of Sport*, 37(3), 277-283. <https://doi.org/10.5114/biosport.2020.96271>
- Lyakh, V., Mikołajec, K., Bujas, P., Witkowski, Z., Zajac, T., Litkowycz, R. & Banyś, D. (2016). Periodization in team sport games: A review of current knowledge and modern trends in competitive sports. *Journal of Human Kinetics*, 54(1), 173-180. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0053>
- Mallo, J. J., Mena, E., Necado, F. & Paredes, V. (2015). Physical demands of top-class soccer friendly matches in relation to playing position using global positioning system technology. *Journal of Human Kinetics*, 47(1), 179-188. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0073>
- Malone, J. J. Di Michele, R., Morgans, R., Burgess, D., Morton, J. P. & Drust, B. (2015). Seasonal training-load quantification in elite English Premier League soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(4), 489-497. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0352>
- Meckel, Y., Doron, O., Eliakim, E. & Eliakim, A. (2018). Seasonal variations in physical fitness and performance indices of elite soccer players. *Sports*, 6(1), 14. <https://doi.org/10.3390/sports6010014>
- Moalla, W., Fessi, M. S., Makni, E., Dellal, A., Filetti, C., Di Salvo, V. & Chamari, K. (2018). Association of physical and technical activities with partial match status in a soccer professional team. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(6), 1708-1714. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002033>
- Mohr, M., Krstrup, P. & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21(7), 519-528. <https://doi.org/10.1080/0264041031000071182>



- Norges Fotballforbund. (2020, 9. juni). Spilleregler. Hentet fra:  
<https://www.fotball.no/lov-og-reglement/spilleregler/spilleregler2/#Toppen>
- Olympiatoppen. (2019). Fysisk kapasitet. Hentet fra:  
[https://www.olympiatoppen.no/fagstoff/teknikk\\_motorikk/teknikk\\_motorikk/page2858.html](https://www.olympiatoppen.no/fagstoff/teknikk_motorikk/teknikk_motorikk/page2858.html)
- Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R. & Di Prampero, P. E. (2010). Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(1), 170-178.  
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ae5cfd>
- Owen, A. L., Wong, D. P., Paul, D. & Dellal, A. (2014). Physical and technical comparison between various-sided games within professional soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 35(4), 286-292. <https://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1351333>
- Philpott, L. K., Forrester, S. E., van Lopik, K. A., Hayward, S., Conway, P. P. & West, A. A. (2020). Countermovement jump performance in elite male and female sprinters and high jumpers. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 235(2), 131-138.  
<https://doi.org/10.1177/1754337120971436>
- Pino-Ortega, J. & Rico-González, M. (2020). Review of Ultra-Wide Band in Team Sports. *UWB Technology*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.94591>
- Pollard, R. (2008). Home advantage in football: A current review of an unsolved puzzle. *The Open Sports Sciences Journal*, 1(1), 12-14. Hentet fra:  
<https://benthamopen.com/contents/pdf/TOSSJ/TOSSJ-1-12.pdf>
- Prapavessis, H., Grove, J. R. & Eklund, R. C. (2004). Self-presentational issues in competition and sport. *Journal of Applied Sport Psychology*, 16(1), 19-40.  
<https://doi.org/10.1080/10413200490260035>
- Provot, T., Chiementin, X., Oudin, E., Bolaers, F. & Murer, S. (2017). Validation of a high sampling rate inertial measurement unit for acceleration during running. *Sensors*, 17(9), 1958. <https://doi.org/10.3390/s17091958>
- Pyne, D. B., Spencer, M. & Mujika, I. (2014). Improving the value of fitness testing for football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 511-514.  
<https://doi.org/10.1123/IJSPP.2013-0453>
- Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R. & Impellizzeri, F. M. (2007). Variation in top level soccer match performance. *International Journal of Sports Medicine*, 28(12), 1018-1024. <https://doi.org/10.1055/s-2007-965158>

- Redkva, P. E., Paes, M. R., Fernandez, R. & da-Silva, S. G. (2018). Correlation between match performance and field tests in professional soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 62(1), 213-219. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0171>
- Reilly, T. & Thomas, V. (1976). A motion analysis of work rate in different positional roles in professional football match play. *Journal of Human Movement Studies*, 2(2), 87-97
- Ross, A., Gill, N., Cronin, J. & Malcata, R. (2015). The relationship between physical characteristics and match performance in rugby sevens. *European Journal of Sport Science*, 15(6), 565-571. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1029983>
- Rønnestad, B., Hansen, E. A. & Raastad, T. (2010). In-season strength maintenance training increases well-trained cyclists' performance. *European Journal of Applied Physiology*, 110(6), 1269-1282. <https://doi.org/s00421-010-1622-4>
- Rønnestad, B. R., Kvamme, N. H., Sunde, A. & Raastad, T. (2008). Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 773-780. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816a5e86>
- Schutz, Y. & Chambas, A. (1997). Could a satellite-based navigation system (GPS) be used to assess the physical activity of individuals on earth?. *European Journal of Clinical Nutrition*, 51(5), 338-339. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1600403>
- Scott, B. R., Lockie, R. G., Davies, S. J., Clark, A. C., Lynch, D. M. & Janse de Jonge, X. A. (2014). The physical demands of professional soccer players during in-season field-based training and match-play. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 22(4), 48-52. Hentet fra: <https://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/33373/>
- Scott, M. T. U., Scott, T. J. & Kelly, V. G. (2016). The validity and reliability of global positioning systems in team sport: a brief review. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), 1470-1490. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001221>
- Silva, J. R., Magalhães, J., Ascensão, A., Seabra, A. F. & Rebelo, A. N. (2013). Training status and match activity of professional soccer players throughout a season. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(1), 20-30. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31824e1946>
- Slimani, M., Paravlič, A. & Bragazzi, N. L. (2017). Data concerning the effect of plyometric training on jump performance in soccer players: A meta-analysis. *Data in Brief*, 15, 324-334. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2017.09.054>

- Stevens, T. G., de Ruiter, C. J., Van Niel, C., Van de Rhee, R., Beek, P. J. & Savelsbergh, G. J. (2014) Measuring acceleration and deceleration in soccer-specific movements using a local positioning measurement (LPM) system. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 446-456. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0340>
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C. & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Medicine*, 35(6), 501-536. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004>
- Teo, W., Newton, M. J. & McGuigan, M. R. (2011). Circadian rhythms in exercise performance: implications for hormonal and muscular adaptations. *Journal of Sports Science & Medicine*, 10(4), 600-606. Hentet fra: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3761508/>
- Thomas, J. R., Nelson, J. K. & Silverman, S. J. (2015). *Research methods in physical activity*. Human kinetics.
- Tilp, M. & Thaller, S. (2020). Covid-19 has turned home-advantage into home-disadvantage in the German Soccer Bundesliga. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2, 165. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.593499>
- Turner, A. (2011). The science and practice of periodization: a brief review. *Strength & Conditioning Journal*, 33(1), 34-46. Hentet fra: <https://search.proquest.com/docview/852766610/176E16EFC56D4C67PQ/1?accountid=45259>
- Tønnesen, E., Shalfawi, S. A., Haugen, T. & Enoksen, E. (2011). The effect of 40-m repeated sprint training on maximum sprinting speed, repeated sprinting speed endurance, vertical jump, and aerobic capacity in young elite male soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2364-2370. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182023a65>
- Vigne, G., Gaudino, C., Rogowski, I., Alloatti, G. & Hautier, C. (2010). Activity profile in elite Italian soccer team. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 304-310. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248320>
- Wallace, J. L. & Norton, K. I. (2014). Evolution of World Cup soccer final games 1966-2010: Game structure, speed and play patterns. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(2), 223-228. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.03.016>
- Wallace, L., Slattery, K. & Coutts, A. J. (2014). A comparison of methods for quantifying training load: relationships between modelled and actual training responses. *European Journal of Applied Physiology*, 114(1), 11-20. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2745-1>

- Weyand, P. G., Sandell, R. F., Prime, D. N. & Bunder, M. W. (2010). The biological limits to running speed are imposed from the ground up. *Journal of Applied Physiology*, 108(4), 950-961. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00947.2009>
- White, A., Hills, S. P., Cooke, C. B., Batten, T., Kilduff, L. P., Cook, C. J., ... & Russell, M. (2018). Match-play and performance test responses of soccer goalkeepers: A review of current literature. *Sports Medicine*, 48(11), 2497-2516. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0977-2>
- Wilson, G. J., Newton, R. U., Murphy, A. J. & Humpries, B. J. (1993). The optimal training load for development of dynamic athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(11), 1279-1286. Hentet fra: <https://europepmc.org/article/med/8289617>
- Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R. & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285-288. <https://doi.org/10.1136/bjism.2002.002071>
- Wisløff, U., Helgerud, J. & Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(3), 462-467. <https://doi.org/10.1097/00005768-199803000-00019>
- World Atlas. (2021, 20. Mai). The Most Popular Sports In The World. Hentet fra: <https://www.worldatlas.com/articles/what-are-the-most-popular-sports-in-the-world.html>
- Young, W. B. (1995). Laboratory strength assessment of athletes. *New Studies in Athletics*, 10(1), 89-96. Hentet fra: <https://www.semanticscholar.org/paper/Laboratory-strength-assessment-of-athletes-Young/ab1b4df8950c0561c468bff6469c748f29bfa137>
- Young, W. B., Dawson, B. & Henry, G. J. (2015). Agility and change-of-direction speed are independent skills: Implications for training for agility in invasion sports. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 10(1), 159-169. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.10.1.159>

## **Vedlegg**

1. Samtykkeskjema for deltakerne
2. Godkjenning fra NSD
3. Godkjenning fra FEK

## 1. Samtykkeskjema for deltakerne

### *Vil du delta i forskningsprosjektet: «Hastighetsstyrt styrketrening med oppfølging av belastning i trening og kamp»?*

Dette er en forespørsel til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å undersøke hvordan prestasjonen endres i trening og kamp over en hel sesong. I dette skrivet gir vi deg informasjon om hensikten med prosjektet og hva deltakelse som forsøksperson vil innebære for deg.

#### FORMÅL

Man har lenge antatt at en endring i styrke vil kunne påvirke prestasjon i trening og kamp, men få har undersøkt dette. I nyere tid har det blitt mer og mer vanlig å ta i bruk digitale hjelpemidler i analyser og oppfølging av utøvere som kan brukes til å undersøke en slik endring i prestasjon på trening eller i kamp. Disse enhetene har innebygde sensorer som blant annet kan måle små hurtige bevegelser (eksempelvis: akselerasjoner, stopp, oppbremsing, fall, hopp osv) og kan i tillegg koble seg opp mot GPS utendørs. Vi ønsker å se om det finnes sammenhenger mellom fysisk kapasitet (fra fysiske tester) og prestasjon i trening og kamp (målt gjennom GPS-enheter), samt hvordan dette utvikler seg over tid.

#### HVA INNEBÆRER DELTAKELSE I STUDIEN?

Ved å delta i studien samtykker du til å gjennomføre testing av din fysiske kapasitet i følgende øvelser;

- Kroppssammensetning (DXA-Scan)
- Sprint
- Hopp
- Leg-press

De nevnte testene vil bli en del av en testprotokoll som kan gjennomføres på flere tidspunkter før, under og etter sesong. Gjennomføring av testprotokollen vil ta ca. 1,5 time. De første planlagte testtidspunkter er september 2020 og januar 2021.

I tillegg til de fysiske testene vil du i trening og kamp benytte en mikroelektronisk enhet. Denne bæres i en spesialsydd vest tett på kroppen. I tillegg til å fange opp posisjon og hastighet via GPS kan den blant annet også små intensive bevegelser som normalt ikke fanges opp av GPS. Eksempler på denne type bevegelser er oppbremsinger, retningsforandringer, hopp og akselerasjoner. Informasjonen fra disse enhetene vil bli innsamlet av din fysiske trener og anonymisert til ID-nr før de overleveres Universitetet i Agder. Kun prosjektleder vil ha tilgang til dekodingsnøkkelen (oversikt over navn og ID-nr). Informasjonen vil samles inn til og med januar 2021.

## FORDELER OG ULEMPER MED DELTAGELSE SOM FORSØKSPERSON

Du vil som deltaker i denne studien kunne få resultater fra idrettsvitenskapelige tester i et kontrollert miljø og gi deg tilbakemelding på din fysiske kapasitet. Du vil også kunne oppleve noen ulemper ved å delta i studien;

- Du må sette av tid til testing, tid du kanskje vil brukt annerledes.
- Testing og trening kan føre til stølhet og oppfattes som smertefullt/ubehagelig.
- Det er alltid en risiko for skader ved både trening og testing, men disse anses ikke som større enn den treningen du er vant til fra før.
- DXA (måling av kroppssammensetning) medfører en lav røntgenstrålingsdose, men anses ikke som farlig og tilsvarer den samme dosen stråling en utsettes for under en interkontinental flyreise.

## HVA SKJER MED INFORMASJONEN OM DEG?

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Alle personopplysninger vil bli aidentifisert. Det betyr at resultatene blir ikke lagret under navn, men med en kode fra første dag i prosjektet. Navnet ditt blir derfor koblet til en kode som oppbevares i en safe ved Institutt for idrettsvitenskap og kroppsøving, Universitetet i Agder. Det er kun prosjektansvarlig som har tilgang til denne. Dine personopplysninger vil ikke kunne identifiseres i publikasjoner.

Prosjektet skal etter planen avsluttes 31.01.2021 og alle dine data vil da bli anonymisert. Dine anonymiserte data vil bli oppbevart i 5 år ettersom vi er pliktet til å oppbevare data og separat navneliste i 5 år etter sluttdato for etterprøvbarehet og kontroll av resultatene. Etter dette, altså 31.01.2026, vil all data i prosjektet slettes.

Dine rettigheter: Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg,
- å få rettet personopplysninger om deg,
- få slettet personopplysninger om deg,
- få utlevert en kopi av dine personopplysninger (dataportabilitet), og
- å sende klage til personvernombudet eller Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra Universitetet i Agder har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

## FRIVILLIG DELTAKELSE

Der er frivillig å delta i studien og du kan når som helst trekke deg fra studien uten å oppgi noen grunn. Alle opplysninger om deg vil da bli anonymisert. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Dersom du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med prosjektansvarlige Per Thomas Byrkjedal (Doktorgradsstipendiat: [per.byrkjedal@uia.no](mailto:per.byrkjedal@uia.no) / 93498951) eller Thomas Bjørnsen ([thomas.bjornsen@uia.no](mailto:thomas.bjornsen@uia.no) / 986 19 299), vårt personvernombud Ina Danielsen, Universitetet i Agder, [ina.danielsen@uia.no](mailto:ina.danielsen@uia.no), telefon +47 452 54 401, eller NSD – norsk senter for forskningsdata AS ([personverntjenester@nsd.no](mailto:personverntjenester@nsd.no) / 55 58 21 17). Prosjektansvarlig institusjon er Universitetet i Agder.

### Med vennlig hilsen

Thomas Bjørnsen (Prosjektansvarlig) & Per Thomas Byrkjedal (PhD-stipendiat).

## SAMTYKKEERKLÆRING

Jeg/Foresatt har mottatt og forstått informasjon om prosjektet *Hastighetsstyrt styrketrening med oppfølging av belastning i trening og kamp* og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i studien
- at mine opplysninger behandles anonymisert frem til all data i prosjektet slettes senest 31.01.2026.

-----

(Dato)

-----

(Signatur deltaker)



## 2. Godkjenningsskjema fra NSD

17.2.2020

Meldeskjema for behandling av personopplysninger



### NSD sin vurdering

#### Prosjekttittel

Hurtighetsbasert styrketrening og en longitudinell oppfølging av belastning i trening og kamp

#### Referansenummer

464080

#### Registrert

28.01.2020 av Per Thomas Byrkjedal - per.byrkjedal@uia.no

#### Behandlingsansvarlig institusjon

Universitetet i Agder / Fakultet for helse- og idrettsvitenskap / Institutt for folkehelse, idrett og ernæring

#### Prosjektansvarlig (vitenskapelig ansatt/veileder eller stipendiat)

Thomas Bjørnsen, thomas.bjornsen@uia.no, tlf: 4798619299

#### Type prosjekt

Forskerprosjekt

#### Prosjektperiode

15.02.2020 - 31.12.2021

#### Status

17.02.2020 - Vurdert

#### Vurdering (1)

##### 17.02.2020 - Vurdert

Det er vår vurdering at behandlingen av personopplysninger i prosjektet vil være i samsvar med personvernlovgivningen så fremt den gjennomføres i tråd med det som er dokumentert i meldeskjemaet den 17.02.2020 med vedlegg, samt i meldingsdialogen mellom innmelder og NSD. Behandlingen kan starte.

#### MELD VESENTLIGE ENDRINGER

Dersom det skjer vesentlige endringer i behandlingen av personopplysninger, kan det være nødvendig å melde dette til NSD ved å oppdatere meldeskjemaet. Før du melder inn en endring, oppfordrer vi deg til å lese om hvilke type endringer det er nødvendig å melde:

[https://nsd.no/personvernombud/meld\\_prosjekt/meld\\_endringer.html](https://nsd.no/personvernombud/meld_prosjekt/meld_endringer.html)

Du må vente på svar fra NSD før endringen gjennomføres.

#### TYPE OPPLYSNINGER OG VARIGHET

Prosjektet vil behandle særlige kategorier av personopplysninger om helseopplysninger og alminnelige kategorier av personopplysninger frem til 31.12.2021. Data med personopplysninger oppbevares deretter

internt ved behandlingsansvarlig institusjon frem til 31.12.2026, dette til forskningsformål.

#### LOVLIG GRUNNLAG

Prosjektet vil innhente samtykke fra de registrerte til behandlingen av personopplysninger. Vår vurdering er at prosjektet legger opp til et samtykke i samsvar med kravene i art. 4 nr. 11 og art. 7, ved at det er en frivillig, spesifikk, informert og utvetydig bekreftelse, som kan dokumenteres, og som den registrerte kan trekke tilbake.

Lovlig grunnlag for behandlingen vil dermed være den registrertes uttrykkelige samtykke, jf. personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a, jf. art. 9 nr. 2 bokstav a, jf. personopplysningsloven § 10, jf. § 9 (2).

#### PERSONVERNPRINSIPPER

NSD vurderer at den planlagte behandlingen av personopplysninger vil følge prinsippene i personvernforordningen om:

- lovlighet, rettferdighet og åpenhet (art. 5.1 a), ved at de registrerte får tilfredsstillende informasjon om og samtykker til behandlingen
- formålsbegrensning (art. 5.1 b), ved at personopplysninger samles inn for spesifikke, uttrykkelig angitte og berettigede formål, og ikke viderebehandles til nye uforenlige formål
- dataminimering (art. 5.1 c), ved at det kun behandles opplysninger som er adekvate, relevante og nødvendige for formålet med prosjektet
- lagringsbegrensning (art. 5.1 e), ved at personopplysningene ikke lagres lengre enn nødvendig for å oppfylle formålet

#### DE REGISTRERTES RETTIGHETER

Så lenge de registrerte kan identifiseres i datamaterialet vil de ha følgende rettigheter: åpenhet (art. 12), informasjon (art. 13), innsyn (art. 15), retting (art. 16), sletting (art. 17), begrensning (art. 18), underretning (art. 19), dataportabilitet (art. 20).

NSD vurderer at informasjonen som de registrerte vil motta oppfyller lovens krav til form og innhold, jf. art. 12.1 og art. 13.

Vi minner om at hvis en registrert tar kontakt om sine rettigheter, har behandlingsansvarlig institusjon plikt til å svare innen en måned.

#### FØLG DIN INSTITUSJONS RETNINGSLINJER

NSD legger til grunn at behandlingen oppfyller kravene i personvernforordningen om riktighet (art. 5.1 d), integritet og konfidensialitet (art. 5.1. f) og sikkerhet (art. 32).

Catapult Sports er databehandler i prosjektet. NSD legger til grunn at behandlingen oppfyller kravene til bruk av databehandler, jf. art 28 og 29.

For å forsikre dere om at kravene oppfylles, må dere følge interne retningslinjer og eventuelt rådføre dere med behandlingsansvarlig institusjon.

#### OPPFØLGING AV PROSJEKTET

NSD vil følge opp underveis (hvert annet år) og ved planlagt avslutning for å avklare om behandlingen av personopplysningene er avsluttet/pågår i tråd med den behandlingen som er dokumentert.

Lykke til med prosjektet!

Kontaktperson hos NSD: Mathilde Hansen  
Tlf. Personverntjenester: 55 58 21 17 (tast 1)

### 3. Godkjenningsskjema fra FEK



Per Thomas  
Byrkjedal

Besøksadresse:  
Universitetsveien 25  
Kristiansand

Ref: [object Object]

Tidspunkt for godkjenning: : 28/02/2020

#### **Søknad om etisk godkjenning av forskningsprosjekt - Hurtighetsbasert styrketrening og en longitudinell oppfølging av belastning i trening og kamp**

Vi informerer om at din søknad er ferdig behandlet og godkjent.

Kommentar fra godkjenner:

FEK godkjenner søknaden under forutsetning av at prosjektet gjennomføres som beskrevet i søknaden.

Hilsen  
Forskningsetisk komite  
Fakultet for helse - og idrettsvitenskap  
Universitetet i Agder

UNIVERSITETET I AGDER  
POSTBOKS 422 4604 KRISTIANSAND  
TELEFON 38 14 10 00  
ORG. NR 970 546 200 MVA - [post@uia.no](mailto:post@uia.no) -  
[www.uia.no](http://www.uia.no)

FAKTURAADRESSE:  
UNIVERSITETET I AGDER,  
FAKTURAMOTTAK  
POSTBOKS 383 ALNABRU 0614 OSLO