

Henrik Hjortland

# Anaerob utholdenhet, betyr det noe for en mellomdistanseprestasjon?

Betydningen av anaerob utholdenhet ved 800-meter løp og sprintsteking



Universitetet i Sørøst-Norge  
Fakultet for humaniora, idretts- og utdanningsvitenskap (HiU)  
Institutt for idrett- og friluftslivsfag  
Postboks 235  
3603 Kongsberg

<http://www.usn.no>

© 2023 Henrik Hjortland

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng

## Forord

Masteroppgaven representerer 60 studiepoeng på papiret, men for min del symboliserer det slutten på 5 flotte år i Bø. Jeg har vært en del av dette forskningsprosjektet siden 2020, og det har mildt sagt vært ekstremt lærerikt og givende. Det er med stor ydmykhet og stolthet å kunne si at denne masteroppgaven hadde ikke kommet i mål uten veiledning og støtte fra mange. Det er så mange jeg ønsker å takke, men det er dessverre ikke nok plass til å navgi alle. Tusen takk til alle medstudenter gjennom alle år som har gjort det motiverende å studere idrettsvitenskap i Bø. En stor takk må rettes til alle testdeltakere som har gitt alt i testing til denne masteroppgaven. Uten deres villighet til å bli med, hadde det ikke blitt noen masteroppgave. Det hadde heller ikke blitt noen masteroppgave uten støtte fra familien hjemme i Larvik, og jeg setter stor pris på dere.

Likevel er det noen sentrale personer som har hatt spesielt betydning i dette arbeidet. Jeg vil takke tidligere medstudenter Aanund Aamlid, Kristian Wamstad Olsen, Sune Grynnerup, Thomas Straumstein og nåværende studenter Rosita Janisionyte og Malin Jørgensen for samarbeid under datainnsamlingen til 800-meter prosjektet i løping. Videre vil jeg også takke Emil Åberg for et meget godt samarbeid under testing til stakeprosjekt. Jeg og medstudent Eivind Paauw har gått under kallenavnet «knoll og tott», og det er ikke uten grunn. Takk for godt kameratskap, lange testdager og kaffepauser gjennom 5 år.

I løpet av de 3 siste årene er det et spesielt sted jeg har trivdes godt, og det er "labben" i kjelleren på Universitetet i Sørøst-Norge. Labben er ingenting uten menneskene, og derfor ønsker jeg å takke leder av USN testlab postdoktor Jan-Michael Johansen, førstelektor Arnstein Sunde og PhD-student Lars Erik Gjerløw for utallige timer med faglig påfyll og en videreutviklet humor. Til slutt vil jeg rette en spesiell takk til mine hovedveiledere, førsteamanuensis Eva Maria Støa og professor Øyvind Støren. Jeg er uendelig takknemlig for all veiledning, mulighetene dere har gitt meg og alltid hatt en åpen dør policy, slik at vi studenter kan komme med spørsmål når vi er på ville veier. Dere og andre nevnt i dette forordet har vært med på å dyrke en lidenskap og interesse. Det har ikke vært en eneste dag jeg har gruet meg til å gå på skolen, og det skal dere ha mye av æren for.

Bø, 08.05.2023

Henrik Hjortland

## Sammendrag

**Formål:** Formålet med denne masteroppgaven var å undersøke betydningen av anaerob utholdenhet målt som tid til utmattelse (TTU) på 130 % av maksimal aerob power (MAP) og maksimal aerob hastighet (MAS) for tidsprestasjon i hhv. 800-meter staking og 800-meter løp. Det ble også undersøkt om gjennomsnittlig akkumulert oksygenunderskudd (MAOD) korrelerte med tidsprestasjon i 800-meter staking.

**Metode:** 60 personer samtykket til deltakelse i kartleggingsstudiene, hvorav 55 deltakere (37 i løping og 18 i staking) fullførte alle testene. Deltakerne i løpestudien gjennomførte arbeidsøkonomi ( $C_r$ ), maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ), 100-meter (100TT), 800-meter (800TT) og TTU på 130 % av MAS. I stakestudien ble det testet for høyeste oppnådde oksygenopptak ( $VO_{2peak}$ ), stakeøkonomi ( $C_s$ ), tid til utmattelse i staking på 130 % av MAP ( $TTU_s$ ), 100-meter sprintstaking (100SS) og 800-meter sprintstaking (800SS). I tillegg ble MAOD målt under 800SS.

**Resultater:** I løping ble det funnet en svak korrelasjon mellom TTU på 130 % av MAS og 800-meter løp ( $r = 0.378$ ,  $p = 0.021$ ). Det betyr at de som brukte lengst tid på 800TT også holdt lengst under TTU på 130 % av MAS. I staking ble det ikke funnet en signifikant korrelasjon mellom  $TTU_s$  på 130 % av MAP og 800SS, eller mellom MAOD og 800SS. TTU ble funnet å korrelere sterkt med anaerob sprintreserve (ASR) i % av MAS ( $r = 0.857$ ,  $p < 0.001$ ). Anaerob powerreserve (APR) viste seg også korrelere signifikant med  $TTU_s$  ( $r = 0.538$ ,  $p < 0.021$ ).  $0.8 \text{ MAS} + 0.2 \text{ MANS}$  ble funnet til å korrelere negativt sterkt med 800TT i løping ( $r = -0.836$ ,  $p < 0.01$ ). Også i staking ble det vist at  $0.8 \text{ MAP} + 0.2 \text{ MANP}$  korrelerte negativt sterkt ( $r = -0.957$ ,  $p < 0.001$ ) med 800SS.

**Konklusjon:** Anaerob utholdenhet målt som TTU ved 130 % av MAP og MAS hadde ingen positiv innvirkning på 800-meter tidsprestasjon i løping eller staking. Anaerob utholdenhet, målt som MAOD hadde ingen positiv innvirkning på tidsprestasjon i staking.

## Abstract

**Purpose:** The main objective with this master thesis was to investigate the importance of anaerobic endurance measured as time to exhaustion (TTE) at 130 % of maximal aerobic power (MAP) and maximal aerobic speed (MAS) on time performance on 800-meter sprint double poling and 800-meter running. Another aim was to investigate the importance of mean accumulated oxygen deficit (MAOD) on time performance in sprint double poling.

**Methods:** 60 participants volunteered to participate in both cross-sectional studies, where 55 participants (37 in running and 18 in double poling) completed all tests. In the running study, the participants were tested for oxygen cost of running ( $C_r$ ), maximal oxygen consumption ( $VO_{2max}$ ) TTE at 130 % of MAS, 100-meter time performance (100TT) and 800-meter time performance (800TT). In the double poling study, the participants were tested for peak oxygen consumption ( $VO_{2peak}$ ), oxygen cost of double poling ( $C_s$ ), TTE at 130 % of MAP, 100-meter sprint time performance (100SS) and 800-meter sprint time performance (800SS). Besides, under 800SS, MAOD was also measured.

**Results:** In running there was observed a weak correlation between TTE at 130 % of MAS and 800TT ( $r = 0.378$ ,  $p = 0.021$ ). This means that those who ran the slowest on 800TT, also had the longest duration on TTU at 130 % of MAS. In sprint double poling there were no significant correlation between TTE at 130 % of MAP and 800SS, or between MAOD and 800SS. However, TTE was found to correlate significant with anaerobic sprint (ASR), measured as % of MAS ( $r = 0.857$ ,  $p < 0.001$ ). Anaerobic power reserve (APR) was found to also correlate significant with TTE in double poling ( $r = 0.538$ ,  $p < 0.021$ ). The relationship between  $0.8 \text{ MAS} + 0.2 \text{ MANS}$  and 800TT in running was found to correlate negatively strong ( $r = -0.836$ ,  $p < 0.01$ ). The same was found in sprint double poling, with an even stronger negative correlation ( $r = -0.957$ ,  $p < 0.001$ ) with 800SS.

**Conclusion:** Anaerobic endurance measured as TTE at 130 % of MAP and MAS had no positive impact on 800-meter time performance in neither running nor sprint double poling. Also, anaerobic endurance measured as MAOD showed no positive impact on time performance in sprint double poling.

# Begrepsforklaringer

ASR: Anaerob sprintreserve

APR: Anaerob powerreserve

C: Generell arbeidsøkonomi

C<sub>s</sub>: Stakeøkonomi

C<sub>r</sub>: Løpsøkonomi

Hb: Hemoglobin

HF<sub>maks</sub>: Maksimal hjerterefreknvens

MAS: Maksimal aerob hastighet

MAP: Maksimal aerob power

MANS: Maksimal anaerob hastighet

MANP: Maksimal anaerob power

MAOD: Gjennomsnittlig akkumulert oksygenunderskudd

ML: Mellomdistanse løping

O<sub>2</sub>: Oksygen

RM: Repetisjon maksimum

SL: Sprintlangrenn

SS: Sprintstaking

TT: Time trial

TTU: Tid til utmattelse på 130 % av MAS

TTU<sub>s</sub>: Tid til utmattelse på 130% av MAP

USN: Universitetet i Sørøst-Norge

VO<sub>2maks</sub>: Maksimal oksygenopptak

VO<sub>2peak</sub>: Høyeste oksygenopptak

# Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b> .....	<b>2</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>4</b>
<b>Begrepsforklaringer</b> .....	<b>5</b>
<b>1.0 Introduksjon</b> .....	<b>8</b>
1.1 Mellomdistanseløp og sprintlangrenn, og krav til energiomsetning .....	8
1.2 Prestasjonsbestemmende faktorer på 800-meter løp .....	9
1.3 Prestasjonsbestemmende faktorer for sprintlangrenn .....	10
1.4 Anaerob utholdenhet - Gjennomsnittlig akkumulert oksygenunderskudd (MAOD) .....	11
1.5 Anaerob utholdenhet - Tid til utmattelse (TTU) .....	12
1.6 Aerob utholdenhet - Maksimal aerob hastighet (MAS) .....	12
1.7 Maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ) .....	13
Faktorer som bestemmer $VO_{2maks}$ .....	14
1.8 Arbeidsøkonomi (C) .....	16
Bestemmende faktorer for C .....	17
1.9 Maksimal anaerob hastighet (MANS) .....	18
1.10 Anaerob sprintreserve (ASR) .....	19
1.11 Problemstilling .....	21
<b>2.0 Metode</b> .....	<b>22</b>
2.1 Deltakere .....	22
2.2 Testprotokoller .....	23
2.3 Utstyr .....	26
2.4 Formler .....	26
2.5 Statistikk .....	28
<b>3.0 Resultater</b> .....	<b>29</b>
<b>4.0 Diskusjon</b> .....	<b>35</b>
4.1 TTU .....	35
4.2 MAOD .....	35
4.3 Hvilke variabler viste best sammenheng med prestasjon på 800TT .....	36
4.4 Forskjell i ASR løping og APR staking .....	36
4.5 Metodiske vurderinger .....	37
4.6 Praktiske implikasjoner og veien videre .....	40
<b>5.0 Konklusjon</b> .....	<b>42</b>
<b>6.0 Kilder</b> .....	<b>43</b>

**7.0 Vedlegg .....53**  
*Vedlegg A..... 53*  
*Vedlegg B..... 56*  
*Vedlegg C..... 57*  
*Vedlegg D ..... 58*  
*Vedlegg E..... 61*



# 1.0 Introduksjon

## 1.1 Mellomdistanseløp og sprintlangrenn, og krav til energiomsetning

Mellomdistanse løping (ML) har vært på OL-programmet siden 1896 (Haugen et al., 2021), og er fortsatt en populær i nåtidens konkurranseidrett. Verdensrekorden på 800-meter løp for menn er henholdsvis på 100.91 sekunder (sek) (Sandford et al., 2019a) og 113.28 sek for kvinner (IAAF, 2023). Sprintlangrenn (SL) er også en populær idrettsgren, og ble introdusert i verdenscupen i 1996 (Hébert-Losier et al., 2017). Både ML og SL utøves med helkroppsarbeid, men den største forskjellen er at i ML benyttes i hovedsak underekstremitetene og i SL klassisk stil er den dominante bevegelsesformen staking med stor bruk av overkroppen (Stöggl & Holmberg, 2011). Samtidig er både ML og SL utholdenhetsidretter som foregår over en relativt kort tidsperiode, og dermed vil det stille store krav til både aerob og anaerob energiomsetning (Brandon, 1995; Spenser & Gatin, 2001; Losnegard et al., 2012).

Den relative andelen av aerob energiomsetning, øker med varigheten ved maksimal innsats (Medbø & Tabata, 1989; Gatin, 2001; Spenser & Gatin, 2001). Medbø og Tabata (1989) viste at ved maksimalt arbeid på sykkel var det etter 60 sek en 50/50 % fordelingen av aerob og anaerob energiomsetning. Også Nevill et al. (2008) viste at ved arbeid på ca. 60 sek, var fordeling mellom aerob og anaerob energiomsetning lik. Ved 800-meter løp med varighet fra 100 sek til ca. 200 sek avhengig av nivå og dermed løpstid, har ca. 60 – 80 % av energiomsetningen vist seg å være aerob (Craig & Morgan, 1998; Hill, 1999; Billat, 2001; Spencer & Gatin, 2001; Duffield et al., 2005; Støren et al., 2021).

I SL er varigheten på konkurranse vanligvis ca. 120 til 240 sek pr heat, og man går 1-4 heat avhengig av hvor langt man kommer i konkurransen (Losnegard et al., 2012; Andersson et al., 2017; Sunde et al., 2019). Restitusjonstiden kan være på ca. 15-60 minutter (min) før oppstart av nytt heat (Hébert-Losier et al., 2017). Distansen på skirenn for menn og kvinner varierer fra 0.8-1.8 kilometer (km) (Hébert-Losier et al., 2017). Under et konkurranseløp i SL vil det også forekomme variert topografi og hastighet (Losnegard et al., 2012; Holmberg et al., 2015). Hébert-Losier et al. (2017) oppsummerer i en systematisk oversiktsartikkel at det er essensielt å ha både god aerob og anaerob utholdenhet for å prestere i SL. I sprintstaking på rulleskimølle har det blitt vist at etter 35-50 sek vil fordelingen mellom aerob og anaerob energiomsetning være ca. 50/50 (Losnegard et al., 2012). I likhet med ML, er det derfor den aerobe energiomsetningen som synes å stå for det største bidraget med tanke på ATP-produksjon (Gatin, 2001; Losnegard et al., 2012).

Losnegard et al. (2012) fant at ved maksimalt arbeid ved ca. 170 sek ble 26 % dekket ved anaerob energiomsetning, mens det resterende arbeidet dermed var aerobt.

## 1.2 Prestasjonsbestemmende faktorer på 800-meter løp

I følge Thompson (2017) er løping en multifaktoriell gren, og at distansen som blir løpt har mye å si for hvilke faktorer som bestemmer prestasjon. Siden 800-meter er klassifisert som en mellomdistanse med konkurransetid på mellom ca. 100 og 200 sek, stilles det større krav til den aerobe metabolismen enn den anaerobe (Medbø & Tabata, 1989; Thompson, 2017). Maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ) er kjent som en viktig faktor når det gjelder aerob utholdenhet (Wagner, 1996; Helgerud et al., 2007; McArdle et al., 2014, s. 342), og eliteløpere innenfor mellomdistanse, som i langdistanse har derfor et høyt maksimalt oksygenopptak (Ingham et al., 2008). I tillegg til høy  $VO_{2maks}$ , bestemmes aerob utholdenhet også av evnen til å bruke minst mulig av denne kapasiteten i størst mulig grad (Pate & Kriska, 1984). Dette kalles gjerne arbeidsøkonomi (C) og måles som oksygenkostnad per løpte meter (Støren et al., 2008, 2009; Helgerud et al., 2010). Både biomekaniske og fysiologiske faktorer har vist seg å kunne påvirke C (Støren, 2009). Produktet av  $VO_{2maks} / C$  gir således det vi kan kalle maksimal aerob hastighet (MAS), og er et mål på aerob utholdenhet (Støa et al., 2020; Støren et al., 2021). Bellenger et al. (2015) brukte MAS som et mål på aerob prestasjon, og viste at dette også er den laveste farten hvor en utøver kan oppnå  $VO_{2maks}$ .

Til tross for store krav til MAS i ML, er det også store krav til maksimal løpshastighet. Maksimal løpshastighet, eller toppfart, setter den øvre grensen for hvor fort en løper kan løpe (Sandford et al., 2019a). Siden maksimal sprinthastighet utelukkende vil være avhengig av anaerob energiomsetning, kan denne hastigheten også kalles maksimal anaerob hastighet (MANS) (Sandford et al., 2019a; Haugen et al., 2021; Støren et al., 2021). Fysiologisk sett kreves det en god evne til maksimal kraftutvikling i aktuell muskulatur for å oppnå en høy MANS (Thompson, 2017), samt en god evne til å utnytte denne kraften i raske repeterte bevegelser, ofte kalt spesifikk koordinasjon (Ross et al., 2001). Verdensrekorden på 800-meter tilsvarer at man løper åtte 100-metere etter hverandre uten pause på 12.5 sek hver. Siden det vil være fysiologisk umulig å løpe alle disse 100-metere på maksimal sprinthastighet, kreves det også en viss sprintreserve, såkalt anaerob sprintreserve (ASR) (Sandford et al., 2019a). ASR blir definert som forskjellen mellom MAS og MANS, og kan potensielt være med på å beskrive en utøvers mellomdistansekapasitet (Blondel et al., 2001; Sandford et al., 2019a; Støren et al., 2021). Jo høyere maksimal sprinthastighet, jo bedre ASR og dermed også høyere gjennomsnittsfart i løpet, gitt at MAS også er høy (Sandford et al., 2019a).

Både i forhold til en best (lavest) mulig C, og dermed best mulig MAS, og i forhold til en best mulig MANS, ser det ut til at biomekaniske faktorer er med å bestemme prestasjonen (Nilsson & Thorstensson, 1989; Cunningham et al., 2013; Thompson, 2017). Cunningham et al. (2013) fant ut at eliteløpere innen mellomdistanse hadde lengre steglengde, økt knefleksjon i løpssteget og redusert kontakttid med underlaget, sammenlignet med langdistanse løpere. Mellomdistanse løpere har en tendens til å være tyngre i kilogram (kg) og høyere (cm), sammenlignet med langdistanseløpere (Sánchez Muñoz et al., 2020).

Et av hovedfunnene i Støren et al. (2021) var at 800-meter time trial (TT) i hovedsak ble bestemt av MAS og MANS. Ingham et al. (2008) gjorde lignende funn, og fant at den beste predikatoren for 800TT var MAS.

### **1.3 Prestasjonsbestemmende faktorer for sprintlangrenn**

I likhet med ML er både fysiologiske, biomekaniske og antropometriske faktorer assosiert med god prestasjon i SL (Hébert-Losier et al., 2017). I staking stilles det krav til både over- og underkroppsarbeid, likevel er det vist at musklene i overkroppen er mest aktive under staking (Holmberg et al., 2005). Holmberg et al. (2005) viste at utøvere med god staketeknikk produserte høy fart, hadde mindre vinkel i ledd i ankel-, kne- og hofteldd i stavtaket og produserte stor trekkraft i en kortere trekkfase enn mindre gode stakere. Stöggl og Holmberg (2011) fant også ut at de raskeste skiløperne på flatt terreng produserte større trekkraft i stavtaket, hadde større sykkluslengder, men med en raskere trekkfase enn de tregere skiløperne. Sunde et al. (2019) gjennomførte en tverrsnittstudie på godt trente langrennsutøvere i alderen 16-25 år på rulleski staking. Det ble funnet en sterk korrelasjon mellom staking TT og maksimal styrke i nedtrekk (Sunde et al., 2019). Utøverne som var sterkest i 1 repetisjon maximum (RM) i nedtrekk uavhengig av kjønn, hadde også en tendens til å oppnå høyere toppkraft i staking og kortere kontakttid mellom stavene og underlaget i hver syklus på rulleskimølle (Sunde et al., 2019). En økt muskelstyrke og RFD vil kunne forkorte arbeidsfasen (trekkfasen), forlenge innhentingsfasen og kan medføre bedring i forholdene for aerob energiomsetning gjennom økt blodgjennomstrømming (økt gjennomsnittlig transittid) (Støren et al., 2008; Sunde et al., 2019). Disse studiene gjort på langrenn fremhever at høy fart er assosiert med bedre teknikk, og at bedre teknikk kan assosieres med høyere maksimal styrke. I tillegg til å vise betydningen av maksimal styrke, ble det i Sunde et al. (2019) vist at de beste stakere hadde høyest MAS, altså høy  $VO_{2maks}$  og/eller lav C. Dette er i samsvar med Johansen et al. (2021), som viste til en sterk korrelasjon mellom MAS og tidsprestasjon på rulleskimølle.

Stöggl et al. (2010) undersøkte antropometriske mål hos mannlige eliteløpere innen langrenn. Det ble ikke funnet en korrelasjon mellom høyde og høyeste oppnådde fart i staking. Derimot ble det funnet en sterk korrelasjon mellom fartsprestasjon og kroppsmasse, trunkusmasse og fettfri kroppsmasse (Stöggl et al., 2010). Losnegard og Hallén (2014) viste at utøvere som spesialiserer seg inn mot SL har en tendens til å være tyngre og høyere enn langrennsutøvere som driver med langdistanse. Funnene i SL (Stöggl et al., 2010; Losnegard & Hallén, 2014) ligner dermed på de som har blitt observert i ML (Sánchez Muñoz et al., 2020). Dette viser at mellomdistanseutøvere i ulike disipliner skiller seg noe fra utøvere som bedriver med langdistanseøvelser.

#### **1.4 Anaerob utholdenhet - Gjennomsnittlig akkumulert oksygenunderskudd (MAOD)**

Gjennomsnittlig akkumulert oksygenunderskudd (MAOD) har blitt brukt i tidligere studier for å kvantifisere anaerobt energiforbruk under hardt fysisk arbeid, både under ML (Medbø et al., 1988; Ramsbottom et al., 1994; Craig & Morgan, 1998; Nevill et al., 2008; Billat et al., 2009; Tanji et al., 2018) og SL (Losnegard et al., 2012; Andersson & McGawley, 2018; Andersson et al., 2020; Støren et al., 2023). Mye av forskningen gjort på MAOD er basert på protokollen til Medbø et al. (1988), og måles ved arbeid over ca. 2 minutter. MAOD måles som forskjellen mellom predikert  $VO_2$ -demand og akkumulert  $VO_2$  (Medbø et al., 1988). Hov et al. (2023) viste at supramaksimal sprint intervalltrening, utført som 8•20 sek på ca. 150 % av MAS, bedret MAOD etter 8 uker.

Når det gjelder korrelasjonen mellom MAOD og 800-meter løp, er funnene i ulike studier sprikende. Nevill et al. (2008) fant en sterk korrelasjon mellom 800TT og MAOD. Videre fant Ramsbottom et al. (1994) og Billat et al. (2009) at løpsprestasjon på 800-meter og MAOD korrelerte. Tanji et al. (2018) observerte at en høyere MAOD korrelerte med dårligere prestasjon ved 800-meter løp. Derimot ble det i Craig og Morgan (1998) ikke funnet en signifikant korrelasjon mellom 800-meter løp og MAOD. I løping diskuteres det i Støren et al. (2021) at det å måle MAOD kan være problematisk. Det kan være ubehagelig for testdeltakere å løpe til utmattelse på en tredemølle. For at MAOD skal måles korrekt i løping, må det gjennomføres på tredemølle og personen må være koblet opp mot en analysator for å måle  $VO_2$ . Hvis testen for å måle MAOD blir satt til en fast supramaksimal hastighet for alle deltakere, vil man ikke ta hensyn til individuelle forskjeller (Støren et al., 2021). Losnegard et al. (2012) viste at MAOD og 600-meter TT korrelerte signifikant i SL, og ble i det studiet beskrevet som den avgjørende forskjellen mellom prestasjon hos deltakerne.

### **1.5 Anaerob utholdenhet - Tid til utmattelse (TTU)**

I likhet med MAOD, er tid til utmattelse (TTU) også en test som foregår på supramaksimal hastighet i forhold til MAS, og kan være en måte å få et bilde av en utøvers anaerobe utholdenhet i løping. Blondel et al. (2001) testet TTU på 90, 100, 120 og 140 % av MAS. Det ble der funnet korrelasjon både mellom 120 % og 140 % av MAS, og anaerob speed reserve (ASR) (Blondel et al., 2001; Sandford et al., 2019a). I relasjon til MAS, er det observert at TTU på 100 % av MAS korrelerer dårlig med MAS (Billat et al., 1995). Hvis man derimot baserer TTU på 90 % av MAS, er det funnet en korrelasjon med MAS (Billat et al., 1995). Når det gjelder MANS har det blitt vist at TTU på 120 % av MAS korrelerer signifikant positivt med MANS (Renoux et al., 1999). Støren et al. (2021) gjennomførte TTU på 130 % av MAS og fant ingen signifikant korrelasjon med prestasjon på 800-meter løp. Samtidig viste Støren et al. (2021) at det kan se ut til at TTU er et produkt av en relativ ASR i prosent av MAS, da relativ ASR korrelerte signifikant med TTU for de 22 fritidsløperne i den studien. Hvis målet var å finne ut hvem som hadde høyest anaerob utholdenhet, ville en logisk konsekvens være at de som holdt lengst ut på TTU også ville ha høyest anaerob utholdenhet. Samtidig viste Støren et al. (2021) at de løperne som hadde dårligst tid på 800-meter løp, holdt lengst på TTU, noe som indikerer at anaerob utholdenhet målt som 130 % av MAS ikke er bestemmende for 800-meter løpsprestasjon. Når det kommer til TTU testing gjort i % av MAS innen staking, er det til min kjennskap, ikke utført noen studier på dette tidligere.

### **1.6 Aerob utholdenhet - Maksimal aerob hastighet (MAS)**

Pate og Kriska (1984) presenterte en modell der aerob utholdenhet ble bestemt av  $VO_{2maks}$ , C og laktatterskel (LT). Siden LT korrekt oppgis i  $\%VO_{2maks}$  (Støren et al., 2014), og siden LT da har vist seg å ikke være høyere hos eliteutøvere enn hos utøvere på nasjonalt nivå eller mosjonsnivå i tre studier (Støren et al., 2014; Støa et al., 2020; Johansen et al., 2022), kan det argumenteres om aerob utholdenhet kun bestemmes av MAS. MAS blir i løping (Støren et al., 2008; Helgerud et al., 2010; Støa et al., 2020; Støren et al., 2021) definert som  $VO_{2maks}$  delt på løpsøkonomi ( $C_r$ ). I staking blir MAS definert som  $VO_{2peak}$  delt på stakøkonomi ( $C_s$ ) (Sunde et al., 2019; Johansen et al., 2021, 2022). MAS kan oppgis i enheten meter per minutt ( $m \cdot min^{-1}$ ) i løping (Støa et al., 2020; Støren et al., 2021), mens i staking benyttes ofte  $km \cdot t^{-1}$  (Johansen et al., 2022). I løping er det funnet en sterk korrelasjon mellom MAS og 800-meter tid (Støren et al., 2021), og i staking er det også observert at MAS er en sterk indikator på aerob prestasjon, og i stor grad påvirker hastighet på laktatterskel ( $LT_h$ ) (Johansen et al., 2022). Funnene i Johansen et al. (2022) er i samsvar med Støa et al. (2020), og begge disse studiene viser til et sterkt statistisk utvalg i form av mange deltakere. Siden MAS

kan bli påvirket av både  $VO_{2peak}$  og  $C_s$ , er det viktig å se på faktorene isolert, men også i en helhet i relasjon til aerob prestasjon.

Testing av MAS blir som oftest utført i laboratorium, og innenfor løping kalkuleres altså MAS ut fra  $VO_{2maks}$  og  $C_r$  gjennomført på tredemølltestene (Helgerud et al., 2010; Støa et al., 2020; Støren et al., 2021). MAS kan også gjennomføres i skiergometer (Wisløff & Helgerud, 1998), men benevningen blir da konvertert til maksimal aerob power (MAP), siden watt blir benyttet heller enn en hastighet (Sandford et al., 2021). Wisløff og Helgerud (1998) viste at  $VO_2$  målinger gjort submaksimalt og maksimalt i skiergometer er både valide og reliable tester for å måle oksygenforbruk i staking blant langrennsløpere.  $VO_{2peak}$  ser ut til å være ca. 10 % lavere i skiergometer, sammenlignet med  $VO_{2maks}$  i løping (Wisløff & Helgerud, 1998) hos langrennsløpere.

### 1.7 Maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ )

Bassett og Howley (2000) definerer  $VO_{2maks}$  som et mål på hvor mye  $O_2$  som blir tatt opp fra atmosfæren og forbrukt under hard fysisk aktivitet.  $VO_{2maks}$  er ofte betegnet som den sterkeste enkeltindikatoren for å beskrive en utøvers kapasitet til å utnytte det kardiovaskulære systemet (Åstrand & Rodahl, 1986, s. 338-340).  $VO_{2maks}$  gir også et direkte mål på kapasiteten en utøver kan ha til å resyntetisere adenosintrifosfat (ATP) aerobt (McArdle et al., 2014, s. 166). I denne foreliggende oppgaven blir  $VO_{2maks}$  målt i løping (Helgerud et al., 2010; Støa et al., 2020; Støren et al., 2021), mens det i staking blir uttrykt som høyeste oppnådde  $VO_2$  ( $VO_{2peak}$ ) (Johansen et al., 2021). Det er også vanlig å ta i bruk allometrisk skalering i benevningen av  $VO_{2maks}$ . Eksempelvis brukes ofte  $ml \cdot kg^{-0.75} \cdot min^{-1}$  i løping (Støa et al., 2020), mens det i staking er vanlig å bruke  $ml \cdot kg^{-0.67} \cdot min^{-1}$  som power (Sunde et al., 2019). Grunnen til at skalering blir tatt i bruk er for å ikke undervurdere de tyngste utøverne (Østerås et al., 2005), siden løping og staking er bevegelsesformer der kroppsmassen forflyttes over en bestemt periode, men der den vertikale forflytningen av kroppens tyngdepunkt er større i løping enn i staking i hver bevegelsesyklus.  $VO_{2maks}$  er i stor grad en trenbar variabel (Hov et al., 2023), og ved helkroppsarbeid som løping er det vist at endringer i  $VO_{2maks}$  i stor grad følger endringer i hjertets slagvolum (Helgerud et al., 2007).  $VO_{2maks}$  har i tidligere studier blitt vist til å korrelere sterkt med tidsprestasjon i 800-meter løp (Camus, 1992; Støren et al., 2021). I SL er det funnet at  $VO_{2peak}$  korrelerer sterkt med prestasjon i TT (Sunde et al., 2019), og at  $VO_{2maks}$  blir viktigere mot de siste heatene i en skisprint-konkurranse (Vesterinen et al., 2009). Imidlertid fant Stöggl et al. (2007) at  $VO_{2maks}$  og sprint prestasjon i langrenn ikke korrelerte. Dette kan imidlertid skyldes homogenitet med tanke på  $VO_{2maks}$  i utvalget til Stöggl et al. (2007).

## Faktorer som bestemmer $VO_{2maks}$

Bassett og Howley (2000) trekker frem lungenes diffusjonskapasitet, transportkapasiteten av  $O_2$  i blodet, hjertets minuttvolum (MV) og skjelettmuskulaturens kapasitet til å ta opp og utnytte  $O_2$  som bestemmende faktorer for  $VO_{2maks}$ . De tre førstnevnte faktorene beskrives som sentrale (supply), mens den siste faktoren omtales som perifer (demand). Supply inngår i trinnene der  $O_2$  blir transportert til arbeidende muskulatur, og demand omhandler trinnene der  $O_2$  blir forbrukt (Wagner, 1996).  $VO_2$  er dermed et produkt av MV og arteriovenøs  $O_2$ -differanse, som fremstilles i Ficks formel slik:  $VO_2 = MV \cdot aV-O_2$ -differansen (Spurway et al., 2012; Joyner & Dominelli, 2021).

### *Supply*

Lungenes diffusjonskapasitet kan forklares som lungenes evne til utveksling av  $O_2$  og karbondioksid ( $CO_2$ ) mellom alveolene i lungene og blodet i omkringliggende lungekapillærer (Degens et al., 2013; Sand et al., 2014, s. 526; Weibel, 2017). Gasser som finnes i lungene vil diffundere fra et sted med høyt partialtrykk og til et område med lavere partialtrykk (Sand et al., 2014, s. 527). Eksempelvis er partialtrykk av  $O_2$  ( $pO_2$ ) høyere i lungealveolene enn i blodet i kapillærene. Dette medfører at  $O_2$  diffunderer fra alveolene og over i kapillærene (Sand et al., 2014, s. 528). Derimot vil  $CO_2$  diffundere motsatt vei, nemlig fra lungekapillærene og til lungealveolene. Dette skyldes et høyere partialtrykk av  $CO_2$  i blodet (Sand et al., 2014, s. 528). Under fysisk aktivitet øker diffusjonsgradienten (Sand et al., 2014, s. 528). Blant utholdenhetstrengte unge og eldre personer er det vist at de har bedre diffusjonskapasitet, enn ikke trengte personer (Degens et al., 2013). Blant annet ser det ut til at trengte maratonløpere med relativt høy  $VO_{2maks}$  ( $59.4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) har bedre diffusjonskapasitet enn dårlig trengte, og at dette kan innvirke på prestasjon (Lavin et al., 2012). Videre trekker Bassett og Howley (2000) frem at et høyt MV fører til en redusert transittid av røde blodceller i lungekapillærene. Det kan da muligens være en begrensende faktor i noen tilfeller av svært høyt MV (Bassett & Howley, 2000).

$VO_{2maks}$  er i stor grad avhengig av supply ved helkroppsarbeid, og MV synes å være den faktoren som har størst innvirkning på  $VO_{2maks}$  (Wagner, 1996; Spurway et al., 2012). Ved maksimal innsats der flere store muskelgrupper er involvert, blir hjertets pumpekapasitet flaskehalsen i transport av  $O_2$  fra luften og til mitokondriene i de arbeidende skjelettmusklene (Spurway et al., 2012). Di Prampero (2003) viser til at 70-85 % av begrensningene til  $VO_{2maks}$  er knyttet til MV. McArdle et al. (2014, s. 342) definerer minuttvolumet som mengden blod hjertet maksimalt klarer å pumpe ut i løpet av 60 sek fra venstre hjertekammer. Minuttvolumet er dermed produktet av slagvolumet (SV) multiplisert med hjertefrekvensen (HF) (Helgerud et al., 2007). MV i hvile kan hos en person på

70kg være  $5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ , men kan derimot økes til  $25\text{-}30 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  ved fysisk anstrengelse (Sand et al., 2014, s. 434), og hos svært godt utholdenhetstrener over  $35 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  (Zhou et al., 2001). I Helgerud et al. (2007) ble det vist til ingen endring i  $\text{HF}_{\text{maks}}$ , men derimot en økning på 10 % i slagvolum etter en treningsintervensjon på løping. Det førte til en økt  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  på 7,2 %, som indikerer at SV er den mest avgjørende faktoren for en forbedret  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  (Helgerud et al., 2007).

Blodvolum har vist seg å være en viktig faktor for  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  (Åstrand, 1952). Jo mere blod, jo mer hemoglobin (Hb) ved normale konsentrasjoner av Hb (Sand et al., 2014, s. 533).

Hb står for 98,5 % av transporten av  $\text{O}_2$ , og et hemoglobinmolekyl har kapasitet til å frakte fire  $\text{O}_2$ -molekyler (Sand et al., 2014, s. 533). De resterende prosentene blir da fraktet løst i plasma. Den viktigste regulatoren for at  $\text{O}_2$  skal binde seg til Hb, er  $\text{pO}_2$  (Sand et al., 2014, s. 533), og dermed blir både blodvolum, normal Hb-konsentrasjon og  $\text{pO}_2$  viktig i forhold til å transportere  $\text{O}_2$  til aktiv skjelettmuskulatur (Joyner & Dominelli, 2021). Heinicke et al. (2001) viste at personer som drev med utholdenhetstrening hadde 35 – 40 % høyere blodvolum, sammenlignet med ikketrente personer.

Bassett og Howley (2000) trekker også frem kapillærtetthet som en faktor i begrensingen av  $\text{VO}_{2\text{maks}}$ . Brodal et al. (1977) fant at utholdenhetstrener har større kapillærtetthet, sammenlignet med utrente personer. For  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  som måles i sprintstaking, kan det også se ut som at kapillærnettverk i overkroppsmuskulaturen er en begrensende faktor (Hoff et al., 1999). Utholdenhetstrening utført på moderat intensitet ser ut til å øke kapillærtettheten (Anderson og Hermansen, 1997). En mulig forklaring på økt kapillærtetthet etter en treningsperiode, er en tilpasning inn mot opprettholdt gjennomsnittlig transittid (Bassett & Howley, 2000). Dette medfører videre en forbedret  $\text{O}_2$  tilførsel og vedlikehold av  $\text{aV-O}_2$ -differanse (Bassett & Howley, 2000).

### ***Demand***

Siste ledd i Ficks formel er  $\text{aV-O}_2$ -differansen, og beskriver forskjellen mellom arterielt og venøst  $\text{O}_2$  innhold (Barrett-O'Keefe et al., 2012; Spurway et al., 2012). Faktorer som antall og størrelsen på mitokondriene, mitokondrienes enzymnivå og den perifere diffusjonsgradienten er sentrale for  $\text{aV-O}_2$ -differansen (Bassett & Howley, 2000). Mitokondriene er av stor betydning for cellen, og står for gjennomsnittlig 90 % av ATP produksjonen (Sand et al., 2014, s. 48; Koch et al., 2017). Bassett og Howley (2000) fremhever at ved en dobling av antall mitokondrier, vil dette teoretisk også føre til en dobling av områder inne i cellen der  $\text{O}_2$  tas opp og anvendes i den siste delen av elektrotransportkjeden. Det ser imidlertid ikke slik ut i praksis. Saltin et al. (1977) observerte en økning på 220 % av mitokondrielle enzymnivåer, mens det kun ble funnet en 20-40 % økning i



$VO_{2\text{maks}}$  etter en treningsperiode. Basert på dette funnet ser det ut til at det er tilførsel av  $O_2$  som er den mest begrensende faktoren for  $VO_{2\text{maks}}$  ved helkroppsarbeid (Bassett & Howley, 2000). Imidlertid vil den perifere diffusjonsgradienten likevel ha stor betydning for  $VO_{2\text{maks}}$ , for uten denne kapasiteten vil det ikke skje økning i  $O_2$  opptaket i cellen (Wagner, 1996; Bassett & Howley, 2000). Diffusjonsgradient kan forklares som graden av diffusjon mellom blod og muskulatur i bevegelse (Bassett & Howley, 2000). En økning i diffusjonsgradienten kan oppstå hvis muskelen bruker opp mye tilgjengelig  $O_2$  under aerobt arbeid (Bassett & Howley, 2000). Konsekvensen av økningen er at supply må bidra i større grad. For å kunne opprettholde diffusjonen og  $O_2$ , må det være lavere nivåer av  $pO_2$  i cellen enn i blodet (Honig et al., 1992).

Samspillet mellom *supply og demand* er dermed helt sentralt i forhold til hva som begrenser  $VO_{2\text{maks}}$  (Wagner, 1996). Når det gjelder de viktigste faktorene for begrensingen av  $VO_{2\text{maks}}$ , konkluderer Wagner (1992) med at alle leddene i kjeden er gjensidig avhengige av hverandre.

### 1.8 Arbeidsøkonomi ( $C_r$ )

Arbeidsøkonomi ved løping ( $C_r$ ) kan defineres som oksygenkostnad per meter ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ ) målt på en gitt submaksimal hastighet over tid (Helgerud, 1994; Støren et al., 2008; Helgerud et al., 2010; Johansen et al., 2021; 2022). Det er vist svært liten variasjon i  $C_r$  mellom 70-90 % av  $VO_{2\text{maks}}$  hos den enkelte løper (Helgerud et al., 2010), og måling av oksygenkostnad er vist å være en reliabel målemetode for arbeidsøkonomi i både løping (Støren et al., 2008; Helgerud et al., 2010; Støa et al., 2020; Støren et al., 2021) og i staking (Sunde et al., 2019; Johansen et al., 2022). Løpere med god  $C_r$  vil bruke mindre  $O_2$  på en gitt submaksimal hastighet enn løpere med dårlig  $C_r$  (Daniels, 1985; Saunders et al., 2004). Det vil videre si at gode løpere vil bruke mindre energi på å forflytte seg ved submaksimale hastigheter, og dermed løpe mer økonomisk. Det er vist at eliteløpere har signifikant bedre  $C_r$ , sammenlignet med fritidsløpere (Støa et al., 2020). Eliteløperne i Støa et al. (2020) hadde en  $C_r$  på  $0.216 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ , mens mosjonistløperne hadde en  $C_r$  på  $0.238 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ . I Støren et al. (2021) ble det vist at  $C_r$  korrelerte svakt med 800-meter løp. I Tanji et al. (2018) ble det derimot funnet en sterk korrelasjon mellom  $C_r$  og 800-meter prestasjon hos godt trente utøvere. I Johansen et al. (2022) ble det observert at mannlige eliteløpere på ski hadde en  $C_s$  på  $0.177 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$  under staking, mens de kvinnelige eliteløperne hadde en  $C_s$  på  $0.197 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ . Dette viser til at de kvinnelige eliteløperne i dette utvalget staket mindre økonomisk enn de mannlige eliteløperne.

## Bestemmende faktorer for C

Forutsetningen for en bedret C, er å oppnå et lavere metabolsk krav på en gitt submaksimal belastning (Raastad et al., 2010, s. 220). I både ML og SL blir det foretatt gjentatte bevegelsesykluser over et tidsrom på 2-4 minutter. Biomekaniske faktorer og teknisk utførelse ser ut til å være bestemmende faktorer for  $C_r$  (Saunders et al., 2004) og  $C_s$  (Zoppirolli et al., 2020). Med tanke på biomekaniske faktorer er det vist at størrelsen på omkretsen av leggen (Lucia et al., 2006) og % av kroppsfett (Bunc, 2000) kan påvirke  $C_r$ . Støren et al. (2011) fant derimot ikke en korrelasjon mellom leggomkrets og  $C_r$ , men observerte en moderat korrelasjon med kroppsfett målt i %. Saunders et al. (2004) viser at høyere kroppsvekt kan virke negativt på  $C_r$ . En sentral del i løping er kapasiteten til å lagre energi i sener og ligamenter ved en eksentrisk-konsentrisk bevegelsesyklus (Saunders et al., 2004). Den lagrede energien i eksentrisk fase vil videre bli utnyttet i den konsentriske fasen (Saunders et al., 2004). Ker et al. (1987) observerte at akillessenen kan lagre opptil 35 Joule (J) ved løping på moderat intensitet. Det vil da være en fordel å ha økt stivhet i akillessenen, for det kan dermed føre til bedre utnytting av den elastiske energien (Saunders et al., 2004). Støren et al. (2011) viste at å redusere de eksterne vertikale og horisontale kreftene i løpsbevegelsen kan bedre  $C_r$ . En annen teknisk komponent i løping som kan bedre  $C_r$ , er å redusere armbevegelsene under løpssekvensen (Williams & Cavanagh, 1987). I tillegg vil også nevro-muskulær effektivitet være en viktig faktor som kan være med på å bestemme C (Støren, 2009; Barrett-O'Keefe et al., 2012; Rønnestad & Mujika, 2014).

Holmberg et al. (2006) gjorde en biomekanisk analyse av staking med frie ankler og kneledd versus blokkering i stakingbevegelsen. Frie ankler og kneledd resulterte i mer stakingkraft, høyere hastighet og kostet mindre, sammenlignet med lukket posisjon (Holmberg et al., 2006). Posisjonering av kroppen i stakingbevegelsen ser også ut til å påvirke  $C_s$ . Zoppirolli et al. (2015) fant at langrennsløpere som hadde senter av kroppen mer foroverlent i stakingbevegelsen på submaksimal hastighet hadde bedre effektivitet i stakingbevegelsen og lavere frekvens av stakingesykluser. Videre viste Zoppirolli et al. (2015) at langrennsløpere på høyt nivå har lengre stakingesykluser på submaksimal hastighet, og en lavere  $C_s$ .

Raastad et al. (2010, s. 220) trekker frem at styrketrening kan føre til redusert muskelaktivering ved en absolutt hastighet. Dette betyr at du jobber på en lavere relativ intensitet i forhold til maksimal kraftutvikling i hver syklus på en gitt belastning. Ifølge Henneman et al. (1965) vil motoriske enheter bli rekruttert i en form for rekrutteringshierarki. Eksempelvis vil type I fibre bli rekruttert ved lave intensiteter (Evertsen et al., 1999). Type I fibre inneholder samtidig flere oksidative

enzymer (Evertsen et al., 1999), og fibertypen er assosiert med bedre C (Raastad et al., 2010, s. 220). Vikomen et al. (2016) observerte en overgang fra type IIX til IIA etter en 11-ukers periode med samtidig tung styrketrening og utholdenhetstrening. Teoretisk kan det føre til en bedret C, siden IIA er mer energiøkonomiske og har bedre oksidativ kapasitet enn IIX (Raastad et al., 2010, s. 220). Det ble derimot ikke funnet en bedret  $C_r$  som følge av treningen (Vikmoen et al., 2016).

En av de viktigste faktorene for å oppnå en god C er nevro-muskulær effektivitet, og dette ser ut til å være relatert til evnen å skape stor kraft hurtig i hver enkelt muskelkontraksjon, altså en høy rate of force development (RFD) (Østerås et al., 2002; Støren et al., 2008; Rønnestad & Mujika, 2014). En økt RFD, og samtidig en forbedret C, er observert i løping (Støren et al., 2008) og langrenn (Hoff et al., 2002; Østerås et al., 2002) etter en periode med maksimal styrketrening (MST).

Intervensjonsgruppen i Hoff et al. (2002) som trente MST økte sin 1 RM med 9,9 %, bedret RFD med 50 % og samtidig reduserte de  $C_s$  med ca. 5 % (Hoff et al., 2002). I Østerås et al. (2002) trente 19 mannlige skiløpere MST i ni uker. Det ble observert en signifikant bedring i RFD, og samtidig ca. 5 % reduksjon i  $C_s$ . Støren et al. (2008) gjorde lignende funn etter 8 uker med MST, og en økning i RFD på 26 % ble rapportert sammen med en redusert  $C_r$  på ca. 5 %. Økt RFD kan gi en kortere kontraksjonstid og dermed lengre transittid i en gitt bevegelsesyklus, og dermed legge til rette for blodforsyning til den arbeidende muskulaturen (Hoff et al., 1999; Sunde et al., 2010). Samtidig er det vist i Barrett- O'Keefe et al. (2012) etter MST at  $VO_2$  og dermed C, ble redusert samtidig som  $aV-O_2$ -differansen ble opprettholdt på samme nivå som på en gitt watt på sykkel. Det ble altså opprettholdt lokal aerob ATP-produksjon, samtidig som det sentrale  $VO_2$  – kravet ble senket. En annen effekt av MST kan være at man med en økt absolutt styrke kan jobbe mer effektivt på en gitt total, men med lavere relativ belastning, noe som igjen bedrer  $C_r$  (Støren et al., 2008).

### **1.9 Maksimal anaerob hastighet (MANS)**

Siden absolutt toppfart befordrer en bortimot ren anaerob energiomsetning, kan denne toppfarten benevnes som maksimal anaerob hastighet, MANS (Støren et al., 2021). Absolutt toppfart kan defineres som den hastigheten hvor en utøver ikke lenger makter å akselerere når det blir utført en maksimal sprint (Sandford et al., 2019a; Støren et al., 2021). MANS bør således måles som toppfart (Ortiz et al., 2018), men kan også måles som gjennomsnittsfart i et 100-meter løp (Støren et al., 2021), siden det er en svært god korrelasjon mellom toppfart og tid på 100-meter løp (Saito et al., 2008). En 100-meter sprint vil involvere flere faser, der akselerasjonsfasen varer fram til ca. 40 m og fasen med toppfart deretter varer i ca. 10-30 m (Thompson, 2017). Dermed vil en gjennomsnittsfart på 100-meter løp undervurdere MANS sammenlignet med absolutt toppfart

(Støren et al., 2021). Samtidig kan fordeler ved å bruke en gjennomsnittsfart på en 100-meter være at det er enkelt for en trener å teste, samtidig kan det være mulig at det blir enklere å sammenligne resultatene med andre utøvere fra bl.a. konkurranseresultater (Støren et al., 2021).

Hva som bestemmer MANS, ser ut til å være en kombinasjon av flere faktorer. Det å ha en høy kapasitet til å generere mye kraft i løpet av kort tid er sentralt (Thompson, 2017), og det er vist at elitesprintere har evne til å produsere mer kraft hurtig, samt innehar bedre teknikk ved hurtige hastigheter, sammenlignet med sprintere på lavere nivå (Hunter et al., 2005; Thompson, 2017). Miller et al. (2012) viser til at forholdet mellom kraft og hastighet i skjelettmuskulaturen er en begrensende faktor for toppfart. Videre viser Miller et al. (2012) til at steglengde og stegfrekvens utgjør sprinthastigheten, og at begge variablene kan være bestemmende faktorer. Haugen et al. (2021) trekker frem at det er mulig å trene seg til en bedre MANS. Mackala et al. (2014) fant i en casestudie at seks uker med dynamisk styrketrening og plyometrisk trening bedret sprintprestasjonen hos en mannlig utøver.

For prestasjon på 800-meter ser MANS ut til å være en viktig faktor (Sandford et al., 2019a, b; Støren et al., 2021; Hallam et al., 2022). Sandford et al. (2019b) observerte at MANS korrelerte sterkt med 800-meter prestasjon for eliteløpere innen ML. De raskeste 800-meter løperne har også stor ASR, og det er på grunn av en høy toppfart, heller en lav MAS (Sandford et al., 2019b). Hallam et al. (2022) viste nylig at kvinnelige mellomdistanse løpere på kortere distanser (400-800m) har signifikant bedre MANS, sammenlignet med kvinnelige mellomdistanse løpere på lengre distanser (800m-1,61 km). Bachero-Mena et al. (2017) observerte en signifikant korrelasjon mellom 20-meter sprint og 800-meter løp. Støren et al. (2021) viste at MANS korrelerte negativt med 800-meter tidsbruk, som videre betyr at en høyere MANS, vil gi bedre prestasjon på 800-meter løp. Den sterkeste korrelasjonen som ble funnet i Støren et al. (2021) for 800-meter løp var å slå sammen  $0.2MANS + 0.8MAS$  for løpere som bruker lengre tid enn 160 sek og  $0.3MANS + 0.7MAS$  for løpere som bruker kortere tid enn 160 sek (Støren et al., 2021). Basert på dette funnet blir MANS viktigere jo kortere tid man bruker på et 800-meter løp.

### **1.10 Anaerob sprintreserve (ASR)**

Blondel et al. (2001) introduserte begrepet ASR, som er forskjellen mellom MAS og MANS (Sandford et al., 2019a; Haugen et al., 2021), blir i løping ofte ASR uttrykt som  $m \cdot \min^{-1}$  (Støren et al., 2021). I disipliner der kraft (W) blir brukt som enhet, vil anaerob power reserve (APR) bli brukt og benevnes som  $w \cdot \min^{-1}$  (Sandford et al., 2021). Sandford et al. (2021) forklarer at en 800-meter

løper som innehar en høy ASR, på grunn av en høy MANS, vil kunne løpe kontrollert raskere enn en utøver som ikke har like høy ASR. Det gjelder derimot kun hvis begge har lik MAS (Sandford et al., 2019a). I Sandford et al. (2019b) ble det vist en negativ korrelasjon mellom ASR (med høy MANS) og 800-meter tid blant mannlige mellomdistanseløpere. Støren et al. (2021) fant imidlertid at ASR og 800-meter løpsprestasjon ikke korrelerte. Det samme fant Hallam et al. (2022) hos kvinnelige mellomdistanseløpere. For 1500-meter løp ble det heller ikke funnet en sammenheng med ASR (Sandford et al., 2019c). Det kan forklares ved at MAS korrelerte sterkt med tidsprestasjon i 1500-meter løp, og viste at utøvere med høy ASR hadde en tendens til å løpe saktere (Sandford et al., 2019c), fordi den høye ASR i dette tilfellet skyltes en lav MAS. Også Støren et al. (2021) viste til at lavere MAS ga en høyere ASR. Funn vedrørende sammenheng mellom ML prestasjon og ASR er således blandet, og viser til at ASR alene ikke sier noe om en utøvers kapasitet til å prestere (Sandford et al., 2019c). Derimot er det vist at det er noen fysiologiske faktorer som kan påvirke ASR og APR. Ved høyintensitetstrening er det vist at utøvere med en liten APR hadde redusert muskulær utholdenhet og større perifer utmattelse, sammenlignet med de med høy APR (Hodgson et al., 2018). Mendez-Villanueva et al. (2008) gjorde lignende funn ved repeterte sprinter på sykkel. I Sandford et al. (2021) vises det til at den fysiologiske forklaringen for det ovenfornevnte kan være en bedret bufferkapasitet, men også bedret glykolytisk kapasitet hos de med høy ASR. Parkhouse et al. (1985) viste at type II muskelfiber innehar mer karnosin. Det kan føre til at en utøver med høy MANS/MANP og dermed stor ASR eller APR har økt toleranse ved anaerobt arbeid og bedre prestasjon (Sandford et al., 2021).

Det ser ut som at ASR kan bli brukt som en forklaringsmodell på TTU (Støren et al., 2021). Støren et al. (2021) fant en sterk korrelasjon mellom TTU på 130 % og ASR i både absolutte og relative verdier. Videre ble det vist at de med dårligst tid på 800-meter hadde lavest MAS og utøvere med størst ASR hadde også lav MAS i det utvalget (Støren et al., 2021). Blondel et al. (2001) gjorde lignende funn mellom ASR og TTU på 120 og 140 %. Basert på disse resultatene ser det ut som at ASR er med på å bestemme den anaerobe utholdenheten (Støren et al., 2021), men ikke nødvendigvis mellomdistanseprestasjon (del Arco et al., 2022). En nylig publisert systematisk oversiktsartikkel viste at ASR ikke er direkte relatert til mellomdistanse-prestasjon, derimot ble MAS og MANS funnet å være viktige faktorer inn mot mellomdistanse-prestasjon (del Arco et al., 2022).

### 1.11 Problemstilling

Basert på Støren et al. (2021) ble det funnet at MAS og MANS hadde stor betydning for prestasjon ved 800-meter løp, mens anaerob utholdenhet målt ved TTU ikke hadde noen innvirkning på prestasjonen. I sprintstaking er det ikke tidligere gjort noen studier av TTU på 130 % av MAS, før Støren et al. (2023) fant det samme i staking som i løping, nemlig at TTU hadde ingen innvirkning på prestasjon. Ønsket var derfor med denne oppgaven å øke antall deltakere i løping for å se om de samme korrelasjonene fortsatt fant sted. Målet var også å undersøke betydningen av anaerob utholdenhet i sprintstaking i stakeergometer, og her også inkludere variabelen MAOD, og sammenligne resultatene i staking og løping. Problemstilling for denne masteravhandlingen blir dermed: *«Hvor stor betydning har anaerob utholdenhet målt som tid til utmattelse ved 130 % av MAP og MAS, eller som MAOD for tidsprestasjon på 800-meter løp og sprintstaking».*

## 2.0 Metode

Denne masteroppgaven baserer seg på deler av et større forskningsprosjekt ved Universitetet i Sørøst-Norge (USN), og omhandler prestasjonsbestemmende faktorer innenfor mellomdistanse i løping, sykling og staking i langrenn. Resultatene i denne masteroppgaven baserer seg på dataene som er samlet inn fra perioden 1. september 2020 til 12. desember 2021. Deler av datagrunnlaget fra løping er publisert i Støren et al. (2021), mens resten er fra foreløpige data fra pre-testing ved løpeintervensjon fra samme forskningsprosjekt. Dataene fra sprintstaking er publisert i Støren et al. (2023). Det vil kunne foreligge ulikheter mellom resultatene i denne masteroppgaven og eksisterende og kommende publikasjoner, på grunn av ulike problemstillinger og selvstendig arbeid med dataene, samt ulikt antall deltakere inkludert.

### 2.1 Deltakere

Totalt 60 (41 løping og 19 i sprintstaking) deltakere samtykket til å være med i studiene. Dette var studenter, løpere, fotballspillere og langrensløpere på middels til høyt nivå. Inklusjonskriterier for deltakelse i både løping og sprintstaking var friske menn og kvinner > 18 år. Det var ikke satt noen kriterier for at deltakerne skulle være på et bestemt prestasjonsnivå innenfor de to idrettene, men man ønsket heterogent materiale. Kriterier for eksklusjon var sykdom eller skade som gjorde det uforsvarlig å gjennomføre testene.

1 deltaker blant langrensløperne trakk seg underveis i kartleggingen, grunnet sykdom. 4 trakk seg underveis i løpekartleggingen. Antall som fullførte alle testene i løping var dermed 37 (15 kvinner og 22 menn). Antall som fullførte alle testene i sprintstaking var 18 (5 kvinner og 13 menn), altså totalt 55 deltakere.

Deltakernes karakteristikk er presentert i tabell 1.

**Tabell 1. Deltakernes karakteristikk og prestasjon**

Variabler	Kartlegging løping (n = 37)	Kartlegging sprintstaking (n = 18)
Kjønn (M/K)	22/15	13/5
Høyde (cm)	176.5 ± 7.7	178.1 ± 8.3
Vekt (kg)	76.2 ± 13.4	76.3 ± 9.9
800m (sek)	173 ± 21.9*	192.2 ± 28.8

*Verdiene er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik. Cm, centimeter. Kg, kilogram. Sek, sekunder. 800m, 800-meter løp. M, menn. K, kvinner.*

Deltakerne i begge studiene ble rekruttert via muntlig forespørsel i aktuelle idrettsmiljøer, og informasjonsskriv (vedlegg A, D og E). De ble dermed ikke tilfeldig rekruttert, og rekruttering ble utført ved en ikke-sannsynlighetsutvelgelse. Både muntlig og skriftlig informasjon om hva studiene gikk ut på ble gitt, og alle deltakerne skrev under på frivillig samtykke før teststart. Studiene fulgte retningslinjer gitt ved Helsinki deklarasjonen, og var godkjent av forskningsavdelingen ved USN og NSD (ref. 183455 og 413787). Alle deltakerne skrev under egenerklæring for helse før testing i studiene.

## **2.2 Testprotokoller**

I denne mastergradsavhandlingen er tester fra 2 delprosjekter inkludert. Den ene er mellomdistanseprosjekt på 800-meter løping, og den andre er mellomdistanse (sprint) i staking i langrenn. Testing til stakeprosjektet gikk over 2 dager. Alle testene ble utført i samme stakeergometer, og følgende tester ble gjennomført: peak oksygenopptak ( $VO_{2peak}$ ), arbeidsøkonomi i staking ( $C_s$ ), tid til utmattelse på 130 % av MAP staking ( $TTU_s$ ), 100-meter sprintstaking (100SS) og 800-meter sprintstaking (800SS). I løpeprosjektet foregikk testing over 3 dager. Testene som ble gjennomført var maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ), arbeidsøkonomi i løping ( $C_r$ ), tid til utmattelse på 130 % av MAS ( $TTU$ ), 100-meter løp (100TT) og 800-meter løp (800TT). Alle deltakerne skrev under på frivillig samtykke, og fikk en muntlig gjennomgang av testene.

Det vil av hensyn til lesbarhet og oversikt, i bestemte deler av resultatene, kun bli brukt ASR, MAS, MANS, 100TT og 800TT som en samlet benevnning for begge studiene.

### ***Testprotokoll for sprintstaking***

#### ***MAP***

#### ***$VO_{2peak}$ og $C_s$***

Testdag 1 startet med testing av  $VO_{2peak}$ , etterfulgt av en  $C_s$  og  $TTU_s$  test.

Oppvarmingen bestod av 10-15 minutters oppvarming i stakeergometer. Etter oppvarmingen fikk deltaker utdelt pulsbelte og påsatt maske for måling av oksygenopptak. Bein plassering under testene ble markert synlig for deltakerne med tusj.  $VO_{2peak}$  testen ble utført ved at deltakeren fikk velge motstand (1-10) på stakeergometeren før start. Testen startet med at testlederen valgte ut en startfart, basert på hvilken fart per 500-meter som syntes naturlig etter en subjektiv vurdering av fart i oppvarmingen. Da startfarten ble valgt, økte farten med 0:05 min/500-meter hvert 30. sek. Den



nye farten skulle opprettholdes, fram til ny fartsøkning. Etter minimum 5-7 fartsøkninger, styrte testpersonene fartsøkningen selv. De ble på forhånd instruert i å øke farten med jevn progresjon til utmattelse. Oppnåelse av  $VO_{2peak}$  testen ble vurdert ut fra frivillig utmattelse, avflatning av  $VO_2$  kurven,  $HF > 95\%$  av  $HF_{maks}$  og respiratorisk utvekslingsratio (RER)  $> 1.05$ . (Sunde et al., 2019; Støa et al., 2020). Etter  $VO_{2peak}$  testen fikk deltakerne 1 time pause, før testing av  $C_s$  og  $TTU_s$ .

Før  $C_s$  varmet deltakerne opp i stakergometer i 5-10 minutter. Deltakeren brukte samme motstand på hjulet som i  $VO_{2peak}$ .  $C_s$  ble gjennomført som et 5 minutters drag med en konstant hastighet på ca. 70-90 % av  $VO_{2peak}$ , og  $VO_2$  målinger ble målt hvert 20. sek fra 04.00 til 05.00 min. Formel for beregning av MAP er den samme som i Sunde et al. (2019) og Johansen et al. (2020):  $MAP = VO_{2peak} \cdot C_s^{-1}$ .

### ***TTU<sub>s</sub>***

$TTU_s$  ble gjennomført etter 5 minutter med aktiv pause etter  $C_s$ . Testen ble utført på 130 % av MAP, og deltakerne skulle holde den gitte hastighet så lenge de maktet. Tiden startet når deltakerne var oppe i angitt hastighet og testen ble avsluttet når deltakeren gjennomførte 3 stavgang på lavere enn bestemt fart. Laktatkonsentrasjonen i blod ble målt rett etter  $TTU_s$ .

### ***100SS og 800SS***

Testdag 2 bestod av en 100-meter og en 800-meter i stakergometer. Oppvarming varte i 10-15 minutter med selvstyrt intensitet i stakergometer (ca. 75 % av  $HF_{peak}$ ).

100SS testen bestod av full spurt i stakergometer. Variablene som ble målt her var Peak W (høyeste målte watt), gjennomsnittswatt og tiden. Etter 100SS fikk deltakerne en aktiv pause på 10-15 minutter, før starten på 800SS. Utgangsfarten på 800SS ble foreslått ut fra prestasjon på  $TTU_s$ -testen, og målet var å treffe en fart de skulle kunne klare å holde under maksimal innsats i 800SS. Deltakerne kunne selv øke eller senke farten underveis. Laktatkonsentrasjonen i blodet ble målt umiddelbart etter testen.  $VO_2$  ble kontinuerlig målt under 800SS, og dette dannet grunnlaget for beregning av MAOD.

### **Testprotokoll for løping**

#### ***100TT og 800TT***

På første testdag ble 100TT og 800TT gjennomført. Oppvarmingen bestod av 15-25 min med løping (ca. 75 % av  $HF_{maks}$ ), og ble avsluttet med 3-5 stigningsløp før teststart. På 100TT løp deltakere i heat på 2, og tiden ble tatt med manuell stoppeklokke. Starten ble markert med

startskudd, og tiden ble stoppet når overkroppen passerte målstreken. Etter 100TT, hadde deltakerne en aktiv pause på 10-15 minutter før 800TT. 800TT-testen skulle også gjennomføres på kortest mulig tid, og deltakerne løp i heat på 3 til 6 personer. Manuell tidtaking ble gjennomført av flere personer fra testteamet. Direkte etter gjennomført 800TT ble det gitt anbefaling om å løpe seg ned. 100TT og 800TT ble gjennomført kun når vindstyrken var under 2 sekundmeter (m/s), og det ble alltid løpt på langsiden med medvind på 100TT. Vinden ble målt med WeatherHawk SM-18, og det ble gitt signal fra testleder da den var innenfor kriteriet. Temperaturen for 100TT og 800TT varierte fra 6 til 22 grader, ettersom testingen foregikk både om høsten og våren.

## **MAS**

### **$VO_{2maks}$ og $C_r$**

Etter 10 minutters tilvenning på løpemølle, ble maske og pulsbelte tatt på.  $C_r$  testen ble utført på 0% stigning, og det ble gjennomført 2 drag på 5 minutter. Målinger av oksygenopptak ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) ble registrert hvert 30. sek fra 3.30 og til 5.00. Dragene ble gjennomført på en gitt hastighet, der målet var å treffe mellom 70-90 % av deltakerens  $VO_{2maks}$  (Helgerud et al., 2010). En aktiv pause på 5-10 min ble gitt før  $VO_{2maks}$  testen startet.  $VO_{2maks}$  testen ble gjennomført i motbakke på 5 %, og testen begynte på en submaksimal hastighet basert på deltakerens  $C_r$ -hastighet. Hvert 30. sekund økte hastigheten med 0.5 km/t, og testen ble avsluttet når deltakeren oppnådde frivillig utmattelse eller etter testleders vurdering om å avslutte testen. Kriterier for godkjent test var frivillig utmattelse, > 95 % av  $HF_{maks}$ , avflating av  $VO_2$ -kurven og RER verdi > 1.05 (Helgerud et al., 2010; Støa et al., 2020). Beregning for MAS i dette tilfellet er den samme som i Støren et al. (2021):  $MAS = VO_{2maks} \cdot C_r^{-1}$ .

## **TTU**

TTU ble utført på testdag 3, og var en supramaksimal løpstest på 130 % av MAS. Deltakeren fikk muntlig gjennomgang av testen av testteamet. Deltakeren varmet opp med rolig jogg 15 minutter, etterfulgt av 3-5 stigningsløp før teststart. Testen foregikk ved at en fra testteamet syklet som hare 1 meter foran utøveren, og utøveren skulle løpe etter sykkelen. Sykkelcomputer ble kalibrert før start. Hastighet ble målt i  $\text{km}\cdot\text{t}^{-1}$  ved hjelp av sykkelcomputeren, og var basert på resultater fra MAS testing. Hastigheten på sykkelen skulle tilstrebes å være lik gjennom hele testen. Deltaker og syklist startet på likt ved 400-m linjen i bane 1, men tiden ble startet først når haren ga signal om at korrekt hastighet var oppnådd. Testen ble avsluttet når avstanden mellom sykkel og deltakeren oversteg to meter. Tiden ble tatt med manuell stoppeklokke.

## 2.3 Utstyr

Alle testene ble gjennomført ved idrettsfysiologisk laboratorium og 400-meter friidrettsbane i Bø, USN. Stakeergometeren var av typen Concept 2 SkiErg (PM5, Vermont, USA). Til stakeergometeren ble det brukt modifiserte skistavhåndtak med borrelåsreim (Swix, Triac 3.0, Litauen). Det ble også brukt 2 røde beleggmatter som deltakeren stod på under alle testene. Pulsklodder var av typen Polar (RS 100 Kempele, Finland), og pulsbelter var Polar (Wearlink 31 Coden Transmitter Set Kempele, Finland). Deltakeren ble veid med vekten Marquant (Art.nr:820-188, Sverige) og kroppshøyde målt i meter (standard målebånd).  $VO_2$  målinger ble foretatt med Jaeger Vyntus CPX (CareFusion, GmbH, Hoechberg, Germany) med miksekammer. Målinger blir tatt hvert 20 sekund på  $VO_{2peak}$  og  $C_s$ , hvert 10 sekund på  $TTU_s$  og 800SS. Standard kalibrering av Vyntus CPX ble gjennomført hver gang før testing. Test-retest målinger av dette utstyret ved idrettsfysiologisk testlaboratorium har vist til feilmargin på  $< 1\%$ . Direkte etter  $TTU_s$  og 800SS ble laktatkonsentrasjonen i blodet målt ved bruk av typen Lactate Scout + (SensLab GmbH, Leipzig, ray Inc., Kyoto, Japan), samme måleinstrument ble brukt i Sunde et al. (2019).

I løping ble  $VO_2$  målinger foretatt med Cortex Metalyser II (CORTEX Biophy GmbH, Peipzig, Germany) med miksekammer. Målinger ble registrert hvert 10. sekund. Test-retest målinger viser til en feilmargin på  $< 1\%$  også her.

Woodway PPS55 (Waukesha, WI, USA) ble benyttet til MAS testing i løping, og ble også benyttet i aktive pauser i sprintstaking. Stoppeklokke var av typen KEEPER og Select (LCD, Glostrup, Danmark), og ble brukt under testing av  $VO_{2peak}$ ,  $C_s$  og  $TTU_s$ , 100TT, 800TT og TTU. Ved TTU testing ble White (Street Comfort, Norge) og Merida (Big.Seven 20-MD, Taiwan) brukt. Sykkelcomputeren SIGMA (BC 05. 16, Tyskland) målte hastighet under TTU. Sykkelen ble kalibrert før løpskartleggingen på Woodway PPS55. Vindmåleren WeatherHawk (SM-18, Logan, USA) målte vindforhold og temperatur under utetestene.

## 2.4 Formler

$VO_{2peak}$  ble uttrykt som både absolutte ( $L \cdot \text{min}^{-1}$ ) og relative verdier ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ), og registrert som gjennomsnittet av de 2 høyeste målingene etter hverandre. Eksempelvis  $39.2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} + 40.2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} / 2 = 39.7 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

VO<sub>2maks</sub> ble uttrykt som absolutte (L·min<sup>-1</sup>) og relative verdier (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>), og gjennomsnittet ble tatt av de 3 høyeste målingene. Eksempelvis  $47 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} + 45.6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} + 47.2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} / 3 = 46.6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

C<sub>s</sub> ble uttrykt som ml·kg<sup>-1</sup>·w<sup>-1</sup>. Eksempelvis vil da  $48 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} / 140 \text{ watt} = 0.342 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{w}^{-1}$

C<sub>r</sub> ble beskrevet som ml·kg<sup>-1</sup>·m<sup>-1</sup>. Eksempelvis  $45 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} / 217 \text{ m/min} = 0.207 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$

MAP ble kalkulert som  $VO_{2\text{peak}} / C_s = (\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}) / (\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{w}^{-1}) = \text{w}\cdot\text{min}^{-1}$ . Eksempelvis ble MAP regnet ut slik  $44.4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} / 0.232 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{w}^{-1} = 191.3 \text{ w}\cdot\text{min}^{-1}$

MAS ble uttrykt som  $VO_{2\text{maks}} / C_r (\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}) / (\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}) = \text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ . Eksempelvis ble MAS regnet ut slik:  $56 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} / 0.203 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1} = 275.8 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$

MANP ble uttrykt som både gjennomsnittswatt under 100SS, og som peak watt (begge uttrykt i w·min<sup>-1</sup>).

MANS ble uttrykt som 100-meter tid/ tid i sekunder · 60 = m·min<sup>-1</sup>

Eksempelvis vil da  $100\text{m} / 13.7 \text{ sek} \cdot 60 = 438 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$

APR ble uttrykt som differansen mellom MANP og MAP, både i absolutte verdier (w·min<sup>-1</sup> - w·min<sup>-1</sup> = w·min<sup>-1</sup>), og relative verdier til MAP (% MAP). Eksempelvis  $470 \text{ w}\cdot\text{min}^{-1} \text{ MANP} - 190 \text{ w}\cdot\text{min}^{-1} \text{ MAP} = 280 \text{ w}\cdot\text{min}^{-1}$ , og  $(470 \text{ w}\cdot\text{min}^{-1} / 190 \text{ w}\cdot\text{min}^{-1}) \cdot 100 = 247 \%$

ASR ble uttrykt som differansen mellom MANS og MAS, både i absolutte verdier (m·min<sup>-1</sup> - m·min<sup>-1</sup> = m·min<sup>-1</sup>), og relative verdier til MAS (% MAS). Eksempelvis ble ASR regnet ut ved  $400 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1} \text{ MANS} - 200 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1} \text{ MAS} = 200 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ ,  $(400 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1} / 200 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}) \cdot 100 = 200 \%$

TTU<sub>s</sub> ble gjennomført på en fast relativ intensitet, nemlig 130% MAP, = MAP · 1.3

Eksempelvis ble 130 % MAP regnet ut ved  $191 \text{ w}\cdot\text{min}^{-1} \cdot 1.3 = 248.3 \text{ w}\cdot\text{min}^{-1}$

TTU ble gjennomført på en fast relativ intensitet, nemlig 130% MAS, = MAS (km/t) · 1.3

Eksempelvis  $200 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1} \cdot 60 / 1000 = 12 \text{ km/t} \cdot 1.3 = 15.6 \text{ km/t}$

Powerverdiene ( $w$ ) ble også regnet om til hastigheter etter følgende formel i C2 stakeergometer:  $w = 2.8 / v^3$ . Eksempelvis vil da 200 w gi  $1.415 \text{ s} \cdot \text{m}^{-1} = 2.00$  minutter = 120 sek pr 500-meter

MAOD ble regnet ut fra  $\text{VO}_2$  demand – gjennomsnitt  $\text{VO}_2$ .

$C_s \cdot$  snitt watt på 800SS representerer  $\text{VO}_2$  demand (Billat et al., 2009).

MAOD ble uttrykt som  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  og % av  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ .

Eksempelvis vil en testperson med  $250 \text{ w} \cdot 0.250 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{w}^{-1} = 62.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  som  $\text{VO}_2$  demand. Snitt  $\text{VO}_2$  var på  $50 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , og da blir regnestykket for MAOD  $62.5 - 50 = 12.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . Hvis testen så varte i 2.32 min, var MAOD  $12.5 \cdot 2.32 = 29.0 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ . MAOD i % av  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  ble i dette eksempelet  $(62.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} / 50 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) \cdot 100 = 125 \%$

## 2.5 Statistikk

For statistiske analyser ble IBM SPSS versjon 27.0 (IBM, USA) benyttet, og tabeller ble laget i Microsoft Excel versjon 16.0. Data ble testet for normalitet i hovedvariablene 800SS, 800TT, TTU og TTU<sub>s</sub> ved hjelp av QQ-plot og Shapiro-Wilk, og funnet normalt fordelt både for løping og staking. Deskriptiv statistikk ble derfor presentert som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik, samt variasjonskoeffisient (%). Potensielle sammenhenger mellom variablene ble testet ved Pearson bivariate tester, i tillegg ble lineær regresjonsanalyse med test av standardfeil (SEE) gjennomført. Uavhengig t-test ble utført for å se på gruppevise forskjeller. I alle tester ble  $P < 0.05$  satt som signifikansnivå i tohalede tester.

### 3.0 Resultater

Resultater fra løping er presentert deskriptivt i tabell 2, og resultat fra staking er presentert i tabell 3. Tabell 4 viser til en sammenligning mellom studiene. Tabell 5 og 6 viser korrelasjoner for de respektive studiene.

**Tabell 2. Resultater løping.**

	<b>n = 37</b>	<b>VC %</b>
VO <sub>2maks</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	53.3 ± 6.9	(12.9)
100TT (sek)	14.0 ± 1.4	(10.1)
800TT (sek)	173 ± 22	(12.7)
MAS (m/min)	250.2 ± 34.6	(13.8)
MANS (m/min)	433.2 ± 41.3	(9.5)
TTU (sek)	93.9 ± 40.2	(42.8)
ASR (% MAS)	175.6 ± 24.4	(13.9)

*Verdiene er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik, med variasjonskoeffisienten i parentes.*

*N, antall. Sek, sekunder. ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, milliliter per kilo kroppsvekt per minutt. VO<sub>2maks</sub>, maksimalt oksygenopptak, 100TT, 100-meter time trial. 800TT, 800-meter time trial. MAS, maksimal aerob hastighet. MANS, maksimal anaerob hastighet. TTU, tid til utmattelse ved 130 % av MAS. ASR, anaerob sprint reserve. %, prosent.*

**Tabell 3. Resultater sprintstaking.**

	<b>n = 18</b>	<b>VC %</b>
VO <sub>2peak</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	50.5 ± 9.2	(18.2)
100SS (sek)	20.1 ± 2.5	(12.4)
800SS (sek)	192.2 ± 28.8	(15.0)
MAP (w)	191.4 ± 76.0	(39.7)
MANP (w)	452.8 ± 133.6	(29.5)
TTU <sub>s</sub> (sek)	104.9 ± 62	(59.1)
APR (% MAP)	249 ± 48.2	(19.4)
MAOD (% VO <sub>2peak</sub> )	125.4 ± 61.9	(49.3)

*Verdiene er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik, med variasjonskoeffisienten i parentes.*

*N*, antall. *Sek*, sekunder.  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , milliliter per kilo kroppsvekt per minutt.  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ , høyeste oppnådde  $\text{VO}_2$  verdi. 100SS, 100-meter sprintstaking. 800SS, 800-meter sprintstaking. MAP, maksimal aerob power. MANP, maksimal anaerob power.  $\text{TTU}_s$ , tid til utmattelse ved 130 prosent av MAP. APR, anaerob power reserve. %, prosent, MAOD, gjennomsnitt akkumulert  $\text{O}_2$  underskudd.

100TT gikk raskere i løping enn i staking, og det MAP i staking var høyere enn ASR i løping (tabell 4).

**Tabell 4. Sammenligning av prestasjon mellom de ulike kartleggingene**

Variabler	Kartlegging løping (n = 37)	Kartlegging sprintstaking (n = 18)
100TT (sek)	14.0 ± 1.4**	20.1 ± 2.5
800TT (sek)	173.0 ± 22*	192.2 ± 28.8
TTU (sek)	93.9 ± 40.2	104.9 ± 62
ASR (% av MAS)	175.6 ± 24.4	249.0 ± 48.2**

Verdiene er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik. *N*, antall. *Sek*, sekunder. 100TT, 100-meter time trial. 800TT, 800-meter time trial. %, prosent. ASR, anaerob speed reserve. TTU, tid til utmattelse på 130 % av MAS.

\* $p < 0.05$  signifikant forskjell fra sprintstaking

\*\* $p < 0.01$  signifikant forskjell fra sprintstaking

I staking ble det ikke funnet en signifikant korrelasjon mellom  $\text{TTU}_s$  på 130 % av MAP og 800SS (tabell 5). Formelen  $0.8 \text{ MAP} + 0.2 \text{ MANP}$  korrelerte negativt med 800SS (tabell 5). MAOD uttrykt som  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  korrelerte ikke signifikant med 800SS, mens MAOD i % av  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  korrelerte signifikant sterkt med APR (tabell 5).

**Tabell 5: Korrelasjoner sprintstaking**

	800SS (n = 18)			$\text{TTU}_s$ (n = 18)		
	r	p	SEE%	r	p	SEE%
100SS (sek)	0.938	0.001**	5.4	0.439	0.068	54.7
800SS (sek)	-	-	-	0.428	0.077	55.1
$\text{VO}_{2\text{peak}}$ ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	-0.733	0.001**	10.5	-0.265	0.288	58.7

$C_s$ (ml·kg <sup>-1</sup> ·w <sup>-1</sup> )	0.863	0.001**	7.8	0.698	0.001**	43.6
MAP (w)	-0.936	0.001**	6.0	-0.497	0.036*	52.9
MANP (w)	-0.922	0.001**	6.0	-0.413	0.081	55.5
APR (% MAP)	0.513	0.030*	13.3	0.538	0.021*	51.3
TTU <sub>s</sub> (sek)	0.428	0.077	14.0	-	-	-
MAOD (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	-0.049	0.846	15.4	0.371	0.130	56.6
0.8MAP+0.2MANP (w)	-0.957	0.001**	4.5	-0.484	0.05*	53.3

Verdier er presentert som Korrelasjonskoeffisient (*r*), signifikants nivå (*p*) og standard error of estimate (SEE) i prosent. *N*, antall. Sek, sekunder.  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ , milliliter per kilo kroppsvekt per minutt.  $VO_{2peak}$ , høyeste oppnådde  $VO_2$  verdi.  $ml \cdot kg^{-1} \cdot w^{-1}$ , milliliter per kilo kroppsvekt per watt. 100SS, 100-meter sprintstaking. 800SS, 800-meter sprintstaking. MAP, maksimal aerob power. MANP, maksimal anaerob power. TTU<sub>s</sub>, tid til utmattelse ved 130 prosent av MAP. APR, anaerob power reserve. %, prosent.  $C_s$ , arbeidsøkonomi staking. MAOD, gjennomsnitt akkumulert  $O_2$  underskudd.

\* $p < 0.05$  signifikant korrelasjon

\*\* $p < 0.01$  signifikant korrelasjon

I løping var det en svak korrelasjon mellom TTU på 130 % av MAS og 800TT (tabell 6), de som holdt lengst på TTU brukte lengst tid på 800TT. Det ble funnet en negativ sterk korrelasjon mellom formelen 0.8 MAS + 0.2 MANS og 800TT, og en sterk korrelasjon mellom ASR i % av MAS og TTU (tabell 6).

**Tabell 6: Korrelasjoner for løping**

	800TT (n = 37)			TTU (n = 37)		
	r	p	SEE%	r	p	SEE%
100TT (sek)	0.450	0.005**	11.5	-0.170	0.315	42.8
800TT (sek)	-	-	-	0.378	0.021*	40.3
$VO_{2maks}$ (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	-0.853	0.001**	6.7	-0.395	0.016*	39.9
$C_r$ (ml·kg <sup>-1</sup> ·m <sup>-1</sup> )	0.020	0.908	12.9	0.540	0.001**	36.5
MAS (m/min)	-0.817	0.001**	7.4	-0.716	0.001*	30.4



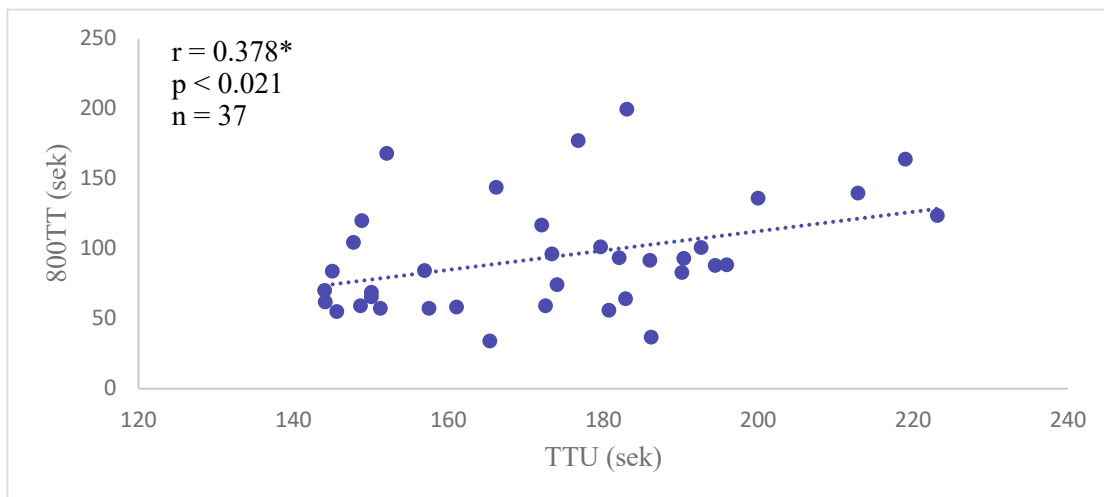
MANS (m/min)	-0.476	0.003**	11.3	0.146	0.338	43
ASR (% MAS)	0.519	0.001**	11	0.857	0.001**	22.4
TTU (sek)	0.378	0.021*	11.9	-	-	-
0.8MAS+0.2MANS (sek)	-0.836	0.001**	7.1	-0.582	0.001**	35.3

Verdier er presentert som Korrelasjonkoeffisient ( $r$ ), signifikans nivå ( $p$ ) og standard error of estimate (SEE) i prosent.  $N$ , antall. Sek, sekunder.  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ , milliliter per kilo kroppsvekt per minutt.  $VO_{2maks}$ : maksimalt oksygenopptak, 100TT, 100-meter time trial. 800TT, 800-meter time trial. MAS, maksimal aerob hastighet. MANS, maksimal anaerob hastighet. TTU, tid til utmattelse ved 130 % av MAS. ASR, anaerob sprint reserve. %, prosent. m/min, meter per minutt).

\* $p < 0.05$  signifikant korrelasjon

\*\* $p < 0.01$  signifikant korrelasjon

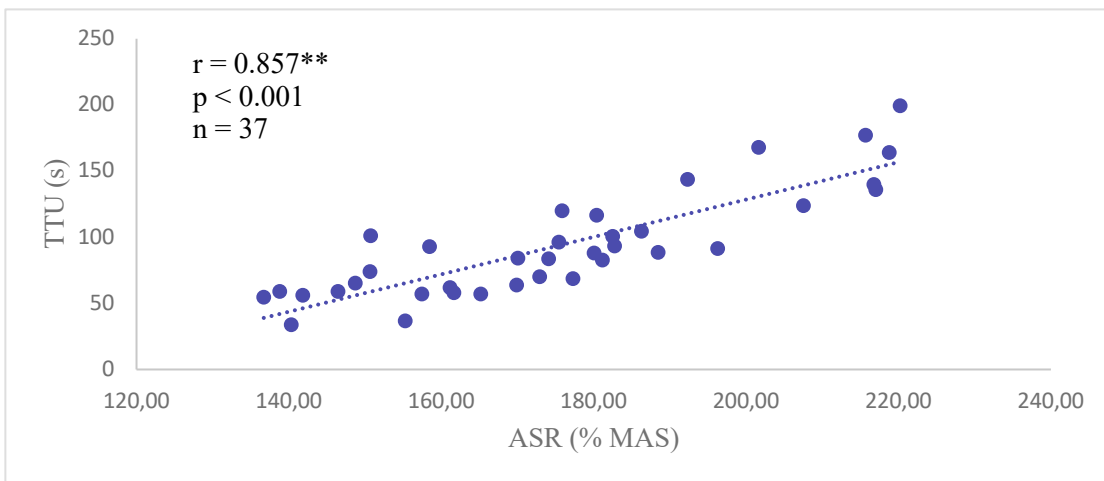
Figur 1 viser sammenhengen mellom TTU ved 130 % av MAS og 800TT for de 37 deltakerne i løpskartleggingen. De som holdt lengst ut på TTU brukte lengst tid på 800TT.



**Figur 1:** Forholdet mellom TTU ved 130 % av MAS og 800TT målt i sekunder hos deltakerne.

Figurforklaring 1. Tidsprestasjon i sekunder (sek) på TTU på x-aksen, og tidsprestasjon for 800TT i sekunder (sek) på y-aksen.

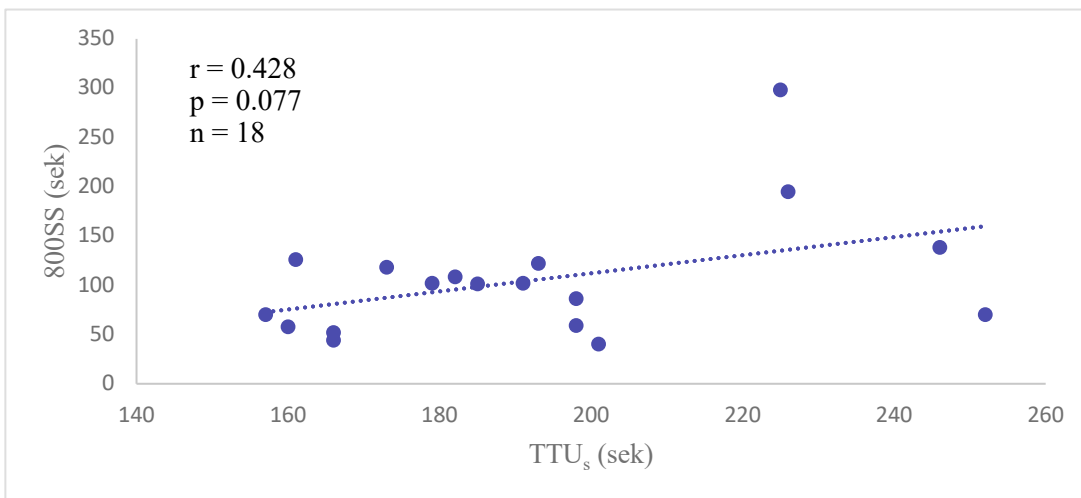
Figur 2 viser sammenheng mellom ASR målt i % av MAS og TTU ved 130 % av MAS for de 37 deltakerne i løpskartleggingen. De med høyest ASR holdt lengst på TTU.



**Figur 2:** Forholdet mellom ASR målt i % av MAS og TTU i sekunder (sek)

Figurforklaring 2. Tidsprestasjon i sekunder (sek) for ASR målt i % på x-aksen, og TTU ved 130 % av MAS på y-aksen.

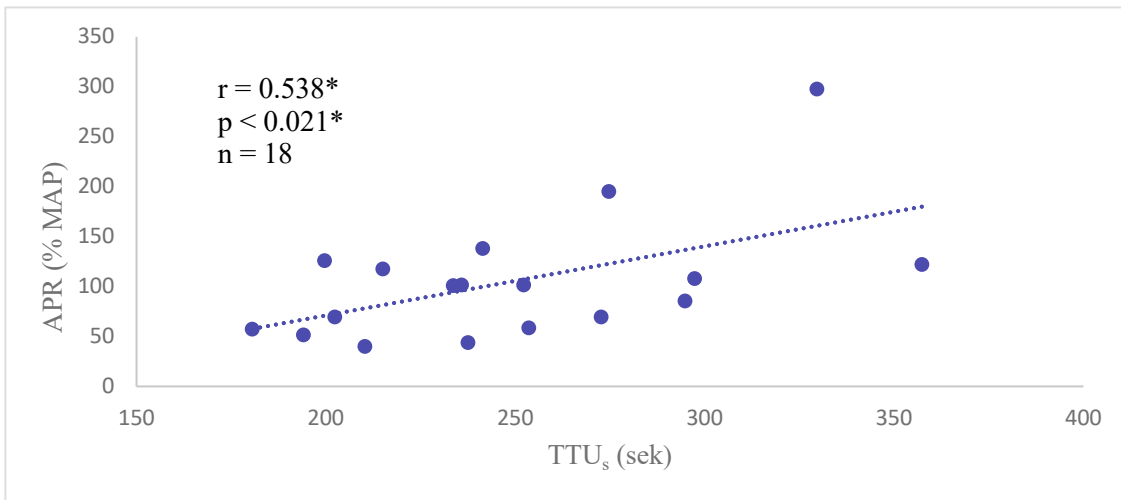
Figur 3 viser sammenhengen mellom TTU<sub>s</sub> ved 130 % av MAP og 800SS for de 18 deltakerne i kartleggingsstudien på sprintstaking. Ingen signifikant korrelasjon mellom TTU<sub>s</sub> og 800SS ble funnet.



**Figur 3:** Forholdet mellom TTU<sub>s</sub> ved 130 % av MAP og 800SS målt i sekunder hos deltakerne.

Figurforklaring 3. Tidsprestasjon i sekunder (sek) på TTU<sub>s</sub> på x-aksen, og tidsprestasjon for 800SS i sekunder (sek) på y-aksen.

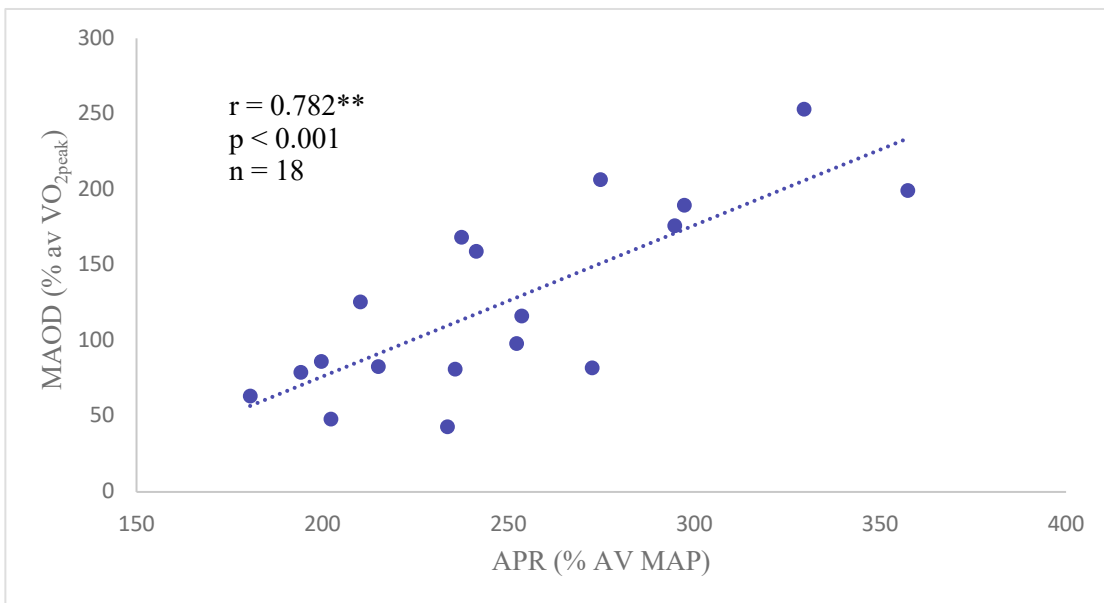
Figur 4 viser sammenheng mellom TTU<sub>s</sub> ved 130 % av MAP og APR målt i % av MAP for de 18 deltakerne i sprintstaking. De med høyest APR holdt lengst på TTU<sub>s</sub>.



**Figur 4:** Forholdet mellom TTU<sub>s</sub> i sekunder (sek) og APR i prosent av MAP.

Figurforklaring 4. Tidsprestasjon i sekunder for TTU ved 130 % av MAS på x-aksen, og APR i % av MAS på y-aksen.

Figur 5 viser sammenheng mellom MAOD målt i % av VO<sub>2peak</sub> og APR målt i % av MAP for de 18 deltakerne i sprintstaking. De med høyest APR hadde høyest MAOD.



**Figur 5:** Forholdet mellom APR i % av MAP og MAOD i % av VO<sub>2peak</sub>

Figurforklaring 5. Tidsprestasjon for APR i % av MAS på x-aksen, og MAOD i % av VO<sub>2peak</sub> på y-aksen.

## 4.0 Diskusjon

Hovedfunnene i denne masteroppgaven er at anaerob utholdenhet målt som TTU ved 130 % av MAS eller MAP ikke hadde noen positiv betydning for prestasjon på 800TT være seg i løping eller staking i skiergometer. Det samme gjaldt for MAOD som kun ble målt i staking.

I løping ble det riktignok funnet en svak korrelasjon mellom TTU på 130 % av MAS og 800-meter løp. I staking ble det ikke funnet en signifikant korrelasjon med TTU<sub>s</sub> på 130 % av MAP og 800TT. Det er viktig å merke seg at r-verdiene her er positive, altså at de som holdt ut lengst på TTU brukte lengst tid på 800TT.

### 4.1 TTU

Det som korrelerte sterkest med TTU i løping var ASR i % av MAS.

Dette er i samsvar med resultater presentert i Støren et al. (2021). Også i staking var det en signifikant korrelasjon mellom TTU<sub>s</sub> og APR i % av MAP. Disse funnene kan indikere at TTU er et produkt av ASR. De med høyest ASR vil arbeide på minst prosent av sin toppfart ved 130% av MAS, og dette kan være grunnen til at de med høyest ASR holder lengst på TTU. Med andre ord kan det tenkes at de kan porsjonere ut sin anaerobe kapasitet over lengre tid, og at dette ikke skyldes en eventuell bedre anaerob utholdenhet.

### 4.2 MAOD

MAOD har i en rekke studier blitt brukt som et mål på anaerob utholdenhet (Medbø et al., 1988; Ramsbottom et al., 1994; Craig & Morgan, 1998; Nevill et al., 2008; Billat et al., 2009; Tanji et al., 2018). MAOD ble i denne studien målt under selve prestasjonstesten, altså under 800SS i staking. Det som korrelerte sterkest med MAOD var i likhet med TTU, APR i % av MAP. Dette er ikke overraskende, siden både TTU og MAOD kan hevdes å være et mål på en slags anaerob utholdenhetskapasitet. Ut ifra disse funnene kan man igjen spekulere i om MAOD i likhet med TTU er et produkt av APR. De med høyest APR vil altså arbeide på lavest prosent av sin toppfart under 800SS, men samtidig på høyest supramaksimale % av MAP – enten fordi MANP er høy eller fordi MAP er lav. I hvilken grad en høy MAOD dermed kan sies å representere en god anaerob utholdenhet er derfor usikkert. At MAOD ikke viste seg å korrelere med 800SS er i samsvar med Craig og Morgan (1998), men i motsetning til Ramsbottom et al. (1994) og Billat et al. (2009) som viste at en høyere MAOD korrelerte bedre med 800TT i løping. I staking er også denne manglende korrelasjonen mellom MAOD og 800SS prestasjonen i den foreliggende oppgaven i motsetning til

Losnegard et al. (2012), som fant at MAOD var viktig inn mot prestasjon på 600-meter TT. Utvalget i Losnegard et al. (2012) bestod av eliteløpere på ski, mens utvalget i den foreliggende studien hadde større variasjon i fysisk form og prestasjonsevne. Hadde utvalget i denne oppgaven vært homogent i form av kun eliteløpere, kunne det ha endret resultatet. Det kan også tenkes at en høyere MAOD hos de raskeste skiløperne i Losnegard et al. (2012) skyldes en høyere MANP med en tilsvarende høyere APR, men disse variablene ble ikke målt i Losnegard et al. (2012).

#### **4.3 Hvilke variabler viste best sammenheng med prestasjon på 800TT**

$0.8 \text{ MAS} + 0.2 \text{ MANS}$  ble funnet å korrelere negativt sterkt med 800TT i løping, og samsvarer med funnene til Nevill et al. (2008), Støren et al. (2021) og del Arco et al. (2022). Basert på dette kan det bety at MAS og MANS er viktige prestasjonsbestemmende fysiologiske variabler innen ML. I staking ble det også funnet en sterk korrelasjon mellom hhv MAP og MANP, opp mot 800SS. Den sterkeste korrelasjonen opp mot 800SS ble vist gjennom  $0.8 \text{ MAP} + 0.2 \text{ MANP}$ . På bakgrunn av disse funnene vises viktigheten av å ha god MAS og MANS for å prestere godt i mellomdistanse i løping og staking, både sammen og adskilt som selvstendige variabler.

#### **4.4 Forskjell i ASR løping og APR staking**

Det ble observert en signifikant forskjell mellom ASR i løping og APR i staking. Hvorfor den anaerobe sprintreserven er større i staking enn i løping, kan nok delvis forklares ved forskjell i MAS (MAP i staking) og MANS (MANP i staking). Det var altså en større forskjell mellom maksimal aerob og maksimal anaerob hastighet eller watt i staking enn i løping. Det kan muligens være knyttet til heterogeniteten i utvalget, som var større i staking enn i løping.

Noen av deltakerne var topptrente langrennsløpere, mens andre ikke var det. Utvalget i løping var mer homogent. Imidlertid er nok hovedgrunnen til denne forskjellen er nok at der det ble registrert absolutt peak power i staking (MANP), ble maksimal sprinthastighet (MANS) i løping registrert som gjennomsnittsfarten på 100m. Siden gjennomsnittsfart er lavere enn toppfart grunnet bla. en initiell akselerasjonsfase, er det naturlig at også ASR i løping er noe lavere enn APR i staking.

TTU ble funnet å korrelere sterkt med ASR i % av MAS. APR viste seg også korrelere signifikant med  $TTU_s$ . Både ASR og APR korrelerte signifikant med 800-meter prestasjon, men i denne studien altså negativt ved at de med høyest ASR hadde dårligst tidsprestasjon på 800TT. Betyr så dette at det er negativt å ha en høy ASR? Nei, de foreliggende resultatene er eksempelvis ikke i samsvar med Sandford et al. (2019b), som fant at blant 800-meter løpere med relativ lik MAS, løp

de med høyest ASR fortest. I denne foreliggende studien skyldtes en høy ASR eller APR i mindre grad en høy MANS eller MANP, og i større grad en lav MAS eller MAP. Det vil trolig være positivt å ha en høy MANS eller MANP, så lenge man innehar en god MAS (Sandford et al., 2019a). Det å ha høy toppfart er assosiert med bedre prestasjon på 800TT (Sandford et al., 2019b; del Arco et al., 2022). Hvis en stor ASR derimot skyldes lav MAS, vil det kunne påvirke negativt, slik som i den foreliggende oppgaven. I Støren et al. (2021), ble ikke ASR funnet å korrelere signifikant med 800TT. Det samme fant også Hallam et al. (2022) blant kvinnelige mellomdistanseløpere.

#### 4.5 Metodiske vurderinger

Protokollene for løping og staking var tilnærmet like, men med noen vesentlige forskjeller. En av disse var at siden all testing i staking ble gjennomført i laboratorium, muliggjorde dette måling av MAOD under 800SS. Det var ikke mulig under 800TT i løp ute. De andre forskjellene mellom staking i stakeergometer og løping i denne oppgaven er sannsynligvis relatert til kontroll av variabler og representativitet.

Testingen i løpeprosjektet innehar en høy grad av representativitet, for det kan relateres til ML ved at prestasjonstestene er lik konkurransesituasjonen med tanke på bane, utstyr osv.

Det er imidlertid mindre enkelt å kontrollere temperatur og vær ved testing over flere måneder utendørs, noe som kan ha påvirket prestasjonene. I stakeprosjektet ble all testing utført inne i kontrollerte former i laboratorium, noe som fører til økt reliabilitet, men mindre validitet inn mot en konkret idrett slik som langrenn på ski på snø. Testingen ble ikke gjort på snø, deltakerne brukte ikke standard langrennsutstyr og det var mangel på variert topografi, noe som gjør det vanskelig å generalisere resultatet til SL. Alt av relevant utstyr som ble brukt i testing ble kontrollert og kalibrert før start av testing hver gang. I forhold til statistiske styrkeberegninger var det vanskelig å anslå hvor mange deltagere som trengtes, grunnet få tidligere studier å sammenligne med, men basert på Støren et al. (2021) ser det ut som om ca. 20 deltakere i hver bevegelsesform gir signifikante korrelasjoner mellom 800TT og de andre variablene dersom disse sammenhengene finnes. I forhold til problemstillingen er testene i begge studiene valide, for det gir oss et konkret mål av betydningen av anaerob utholdenhet, enten i form av TTU (løping) eller i form av TTU<sub>s</sub> og MAOD (staking).

MAS og MAP-testene ble utført på samme dag under kontrollerte former i de ulike studiene, og innehar både høy validitet og reliabilitet i forhold til de to testene som trengs for å finne MAS (VO<sub>2maks</sub> og C). Denne måten å teste VO<sub>2maks</sub>, C og beregne MAS på har blitt brukt i flere studier

(bl.a. Helgerud et al., 2010; Støren et al., 2021), og gir et kvantifiserbart bilde på den aerobe utholdenheten.

Ved MAS-testing i løping startet deltakere med en submaksimal  $C_r$  test, og det er en test som kan føre til at deltakeren blir kjent med møllen, før oppstart av  $VO_{2maks}$ . Det som kan være problematisk med  $C_r$  testen er å finne ut hvilken hastighet deltakerne skal løpe på, hvis de ikke har gjort det før. Vi visste heller ikke deltakerens  $VO_{2maks}$  under  $C_r$ -testen, noe som igjen kunne ført til vanskeligheter med å predikere korrekt fart. På den andre siden ble det vist i løping (Helgerud et al., 2010) at  $C$  blir den samme så lenge den er testet mellom 70% til 90% av  $VO_{2maks}$  – hastighet. Det skal mye til for å ikke treffe innenfor dette området, da under 70% vil oppleves som svært rolig og over 90% vil oppleves som ganske så anstrengende for testpersonen. Dessuten har man et kontrollmål på om man har funnet rett intensitetsintervall senere når  $VO_{2maks}$ -testen er gjennomført. I den foreliggende studien ble det truffet innenfor dette intensitetsintervallet ved samtlige tester. Ved MAP testing ble  $VO_{2peak}$  testet først, dernest  $C_s$ . Dette gjør det lettere å predikere korrekt fart på  $C_s$ , siden  $VO_{2peak}$  er kjent.  $VO_{2peak}$  testen i denne studien har flere likheter med andre  $VO_{2peak}$  protokoller (Sunde et al., 2019; Johansen et al., 2022), men avviker noe. Etter ca. 3 min med kontrollert økning av fart, fikk deltakeren selv kontroll over fartsøkningen frem til utmattelse. Hvis en deltaker øker for fort, kan det føre til en rask dannelselse av melkesyre i aktuell muskulatur, før  $VO_{2peak}$  er oppnådd. Det kan videre føre til en feil (undervurdert)  $VO_{2peak}$ , som videre kan gi uriktig MAP. Hvis deltakeren derimot følger protokollen og øker gradvis til utmattelse, vil riktig  $VO_{2peak}$  trolig bli oppnådd. Ved MAP testing fikk deltakerne også en pause på 1 time før oppstart av  $C_s$ . Det ble gjort for å minske påvirkningen av  $VO_{2peak}$ , siden begge påvirker det aerobe energisystemet. Styrkene ved måling av MAOD var at denne ble gjennomført i faktisk konkurransetest. Mens styrken ved TTU på 130 % av MAS eller MAP er at den gir den samme relative og supramaksimale belastningen for alle deltakerne. En ulempe er at MAOD ikke var mulig å gjennomføre under 800TT i løping.

100TT og 800TT i løping ble utført på samme dag, og tok ca. en time å gjennomføre med standardisert oppvarming. 100TT ble løpt først, og det ble tildelt en aktiv pause på 10 min mellom testene. Det er mulig at løpet på 100TT kan ha påvirket prestasjon på 800TT, siden et 800-meter løp involverer både anaerob og aerobe energisystemer (Craig & Morgan, 1998; Hill, 1999; Billat, 2001; Spencer & Gastin, 2001; Duffield et al., 2005; Støren et al., 2021). En svakhet ved resultatene i denne oppgaven, er at noen kun løp ett 800-meter løp. I Støren et al. (2021) fikk alle deltakerne tilbud om å løpe ny 800-meter, og 15 av 22 bedret sin 800-meter tid. Det at 15 deltakere bedret sin

tid kan forklares med bedre kjennskap til øvelsen og dermed bedre mulighet til å gjøre taktiske vurderinger av åpningsfart osv. Dette var vanskelig å få til ved de 15 andre deltakerne, da de var innrullert i en studie med pre- post- design. En styrke ved resultatene er at de beste resultatene alltid ble brukt ved 800TT. En annen styrke er at ved 100TT og 800TT ble det alltid løpt i heat, for å gjøre testen konkurransespesifikk. Videre ble det ikke løpt hvis vinden oversteg 2 m/s, og dette ble kontrollert med vindmåler. Ved 100TT ble det alltid løpt på den siden med medvind (dog under 2 m/s).

Svakhetene derimot ved både 100TT og 800TT i løping er at det ble tatt manuell tidtaking. Hadde det vært elektronisk tidtaking, kunne det ha ført til en mer presis tidtaking. Imidlertid var heterogeniteten i materialet stor, så et avvik på  $\pm 0.1$  sek hadde ikke hatt noen praktisk betydning for resultatene i den foreliggende oppgaven. En annen svakhet er at været varierte, og det ble løpt på både våt og tørr bane. Temperaturen varierte fra 9 – 23 grader, noe som også kan ha påvirket tidsprestasjonene.

100SS og 800SS innehar samme struktur som løpeprotokollen, og her kunne 800SS også muligens bli påvirket av 100SS-testen. Styrkene ved denne testen er at den gjøres i samme apparat, med alltid like forhold. Tiden ble startet ved første nedtrekk i maskinen, og stoppet når 100m var fullført. Det samme gjelder for 800SS. En annen styrke ved 100SS er at det gir et valid mål på MANP med faktisk peak watt, og ikke kun gjennomsnittwatt over 100-meter. Ved 800SS er pacing et større problem, og få hadde erfaring fra testing tidligere. Derfor ble det foreslått en utgangsfart, men deltakeren bestemte selv om de ville følge denne. En svakhet ved 800SS er at den er mindre relevant inn mot sprintstaking, siden det mangler variert topografi og ikke foregår på ski på snø. Derimot ble gjennomsnittstiden 3.2 minutter, som samsvarer med det som er observert i SL i faktiske konkurranser på snø (Losnegard et al., 2012; Anderson et al., 2017).

En av de største svakhetene ved TTU testen er at det ble syklet av en person i testteamet. Optimalt ville det blitt brukt en standardisert lyshare, for å minimere avvik i den konstante farten. Det var ikke tilgjengelig, og derfor ble testen designet med hensyn til tilgjengelige ressurser. Vi kunne derfor ikke kategorisk utelukke menneskelige feil. Det er vanskelig å holde eksakt fart gjennom hele testen, da faktorer som vind kan ha påvirket sykkelprestasjonen. På den annen side var evt avvik små, og det var mulig å kontrollere gjennomsnittsfart etter gjennomført tid, ved tid mot distanse. Tiden ble tatt med manuell stoppeklokke, og testen endte når deltakeren hadde passert to meter bak sykkelen. Referansepunkt på to meter var gjerdestolper rundt hele banen for hver annen meter. Det gjorde det enkelt å evaluere når grensen var nådd. Hvis flere tidtakere var tilgjengelig,



ble disse utplassert flere steder på 400-meter banen og gjennomsnittstiden fra gjeldende stoppeklokker ble den offisielle sluttiden.

Styrker ved TTU-testen er at sykkelen alltid ble testet før start, for å kontrollere for eventuelle avvik. Kontrollmål av vind ble gjort hver gang. Vinden ville nok heller ikke ha påvirket løperen i stor grad som på 100TT og 800TT, da personen på sykkel også fungerte som en slags vindskjerm. Fordelen ved å løpe på en 400-meter bane var at det var mulig å måle hvor langt en deltager hadde løpt i meter. Testen ble utført på 130 % av MAS, som førte til at alle løp på samme relative intensitet. Denne metodiske tilnærmingen gjorde at alle løp på lik relativ belastning, og gjør det dermed mulig å sammenligne resultatene for både de som løp på en lav og høy fart.

TTU<sub>s</sub> ble utført på 130 % av MAP, og er en modifisert utgave av den som blir gjort i løping (Støren et al., 2021). Til min kunnskap er det ikke gjort noen identiske supramaksimale tester i staking. TTU<sub>s</sub> ble gjort med hensikt for å teste anaerob utholdenhet i staking, og for å identifisere eventuelle sammenhenger med løping. En av svakhetene ved denne testen er at det ble tatt manuell tidtaking, det kan medføre menneskelige feil, selv om det ble utført under kontrollerte former. Det kan også diskuteres hvor spesifikk den er til langrenn generelt. Styrker ved denne var at tidtaking begynte når utøveren var på korrekt fart, og tiden ble stoppet etter 3 stavtak over TTU<sub>s</sub> farten hver gang.

#### 4.6 Praktiske implikasjoner og veien videre

Basert på funnene for utvalget i denne oppgaven, har anaerob utholdenhet målt som TTU og TTU<sub>s</sub> og MAOD ingen positiv sammenheng med prestasjon i mellomdistanse i løping og staking. Dette indikerer at anaerob utholdenhet ikke er en bestemmende faktor for slik prestasjon. Imidlertid kan ikke dette sies sikkert, da tverrsnittstudier som dette ikke sier noe om eventuell kausalitet. For å kunne si noe mer om kausalitet bør intervensjonsstudier gjennomføres. Ut fra indikasjonene i det foreliggende studiet, kan det se ut som, men kan ennå ikke vitenskapelig vises, at det å forbedre både MANS og MAS vil være et konkret treningsverktøy for å bedre prestasjonen i ML og staking. Derimot ser det ikke ut som trening designet for å eventuelt bedre TTU eller MAOD vil ha samme virkning. For å konstatere kausalitet eller mangel på sådan, bør det eventuelt utføres treningsintervensjoner med hensikt å undersøke endringer i MAS, MANS, MAOD og TTU, og så evaluere hva disse resultatene medfører i form av endringer i 800TT. Intervensjoner designet for å øke MAS kan være høy-intensiv aerob intervalltrening (HAIT) med mål om å øke VO<sub>2maks</sub> (Helgerud et al., 2007; Sylta et al., 2016; Støren et al., 2017) og stakespesifikk HAIT for å øke VO<sub>2peak</sub> (Johansen et al., 2021). For å oppnå en bedre C<sub>s</sub> og C<sub>r</sub>, vil MST være hensiktsmessig å

trene (Hoff et al., 2002; Østerås et al., 2002; Støren et al., 2008). En måte å bedre MANS på, er i tillegg til den samme MST foreslått til å bedre C, å drive med trening som fokuserer på korte spurter i løping (Rumpf et al., 2016), eller staking (Vandbakk et al., 2017). Ut fra de foreliggende resultatene, dog uten å kunne verifisere sammenhengene og mangel på sammenhenger gjennom intervensjoner, kan det derfor tenkes at den mest hensiktsmessige måten å forbedre mellomdistanseprestasjon på er HAIT, MST og korte spurter.

## 5.0 Konklusjon

Anaerob utholdenhet målt som TTU og TTU<sub>s</sub> ved 130 % av MAP og MAS viste seg å ikke ha noen positiv betydning for 800-meterprestasjon i løping og staking. Det samme gjaldt for MAOD, som kun ble målt i staking.

## 6.0 Kilder

- Andersson, E. P., & McGawley, K. (2018). A comparison between different methods of estimating anaerobic energy production. *Frontiers in Physiology*, 9, 82.
- Andersson, E., Björklund, G., Holmberg, H. C., & Ørtenblad, N. (2017). Energy system contributions and determinants of performance in sprint cross-country skiing. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27(4), 385–398. <https://doi.org/10.1111/sms.12666>
- Andersson, E. P., Noordhof, D. A., & Lögdal, N. (2020). The Anaerobic Capacity of Cross-Country Skiers: The Effect of Computational Method and Skiing Sub-technique. *Frontiers in sports and active living*, 2, 37. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.00037>
- Bachero-Mena, B., Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Mora-Custodio, R., & González-Badillo, J. J. (2017). Relationships between sprint, jumping and strength abilities, and 800 m performance in male athletes of national and international levels. *Journal of human kinetics*, 58(1), 187-195.
- Barrett-O'Keefe, Z., Helgerud, J., Wagner, P. D., & Richardson, R. S. (2012). Maximal strength training and increased work efficiency: contribution from the trained muscle bed. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 113(12), 1846–1851. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00761.2012>
- Bassett, D. R., Jr, & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(1), 70–84. <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>
- Bellenger, C. R., Fuller, J. T., Nelson, M. J., Hartland, M., Buckley, J. D., & Debenedictis, T. A. (2015). Predicting maximal aerobic speed through set distance time-trials. *European journal of applied physiology*, 115(12), 2593–2598. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3233-6>
- Billat L. V. (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 31(1), 13–31. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131010-00002>
- Billat, V., Hamard, L., Koralsztein, J. P., & Morton, R. H. (2009). Differential modeling of anaerobic and aerobic metabolism in the 800-m and 1,500-m run. *Journal of Applied Physiology*, 107(2), 478-487
- Billat, V., Renoux, J. C., Pinoteau, J., Petit, B., & Koralsztein, J. P. (1995). Times to exhaustion at 90, 100 and 105% of velocity at VO<sub>2</sub> max (maximal aerobic speed) and critical speed in elite long-distance runners. *Archives of physiology and biochemistry*, 103(2), 129–135. <https://doi.org/10.3109/13813459508996126>

- Blondel, N., Berthoin, S., Billat, V., & Lensel, G. (2001). Relationship between run times to exhaustion at 90, 100, 120, and 140% of  $vV O_2max$  and velocity expressed relatively to critical velocity and maximal velocity. *International journal of sports medicine*, 22(01), 27-33.
- Brandon L. J. (1995). Physiological factors associated with middle distance running performance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 19(4), 268–277. <https://doi.org/10.2165/00007256-199519040-00004>
- Brodal, P., Ingjer, F., & Hermansen, L. (1977). Capillary supply of skeletal muscle fibers in untrained and endurance-trained men. *The American journal of physiology*, 232(6), H705–H712. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1977.232.6.H705>
- Bunc V. (2000). Energy cost of treadmill running in non-trained females differing in body fat. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 40(4), 290–296.
- Camus, G. (1992). Relationship between record time and maximal oxygen consumption in middle-distance running. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 64(6), 534-537.
- Craig, I. S., & Morgan, D. W. (1998). Relationship between 800-m running performance and accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(11), 1631–1636. <https://doi.org/10.1097/00005768-199811000-00012>
- Cunningham, R., Hunter, I., Seeley, M. K., & Feland, B. (2013). Variations in running technique between female sprinters, middle, and distance runners. *International Journal of Exercise Science*, 6(1), 6.
- Daniels J. T. (1985). A physiologist's view of running economy. *Medicine and science in sports and exercise*, 17(3), 332–338.
- Degens, H., Rittweger, J., Parviainen, T., Timonen, K. L., Suominen, H., Heinonen, A., & Korhonen, M. T. (2013). Diffusion capacity of the lung in young and old endurance athletes. *International journal of sports medicine*, 34(12), 1051–1057. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1345137>
- del Arco, A., Aguirre-Betolaza, A. M., & Castañeda-Babarro, A. (2022). Anaerobic Speed Reserve and Middle-Distance Performance: A Systematic Review. *Strength & Conditioning Journal*, 10-1519.
- di Prampero P. E. (2003). Factors limiting maximal performance in humans. *European journal of applied physiology*, 90(3-4), 420–429. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0926-z>
- Duffield, R., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Energy system contribution to 400-metre and 800-metre track running. *Journal of sports sciences*, 23(3), 299–307. <https://doi.org/10.1080/02640410410001730043>
- Evertsen, F., Medbo, J. I., Jebens, E., & Gjøvaag, T. F. (1999). Effect of training on the activity of five muscle enzymes studied on elite cross-country skiers. *Acta physiologica Scandinavica*, 167(3), 247–257. <https://doi.org/10.1046/j.1365-201x.1999.00607.x>
- Gastin P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 31(10), 725–741. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131100-00003>

- Hallam, L. C., Ducharme, J. B., Mang, Z. A., & Amorim, F. T. (2022). The role of the anaerobic speed reserve in female middle-distance running. *Science & Sports*.
- Haugen, T., Sandbakk, Ø., Enoksen, E., Seiler, S., & Tønnessen, E. (2021). Crossing the Golden Training Divide: The Science and Practice of Training World-Class 800- and 1500-m Runners. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 51(9), 1835–1854. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01481-2>
- Hébert-Losier, K., Zinner, C., Platt, S., Stöggl, T., & Holmberg, H. C. (2017). Factors that Influence the Performance of Elite Sprint Cross-Country Skiers. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(2), 319–342. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0573-2>
- Heinicke, K., Wolfarth, B., Winchenbach, P., Biermann, B., Schmid, A., Huber, G., Friedmann, B., & Schmidt, W. (2001). Blood volume and hemoglobin mass in elite athletes of different disciplines. *International journal of sports medicine*, 22(7), 504–512. <https://doi.org/10.1055/s-2001-17613>
- Helgerud J. (1994). Maximal oxygen uptake, anaerobic threshold and running economy in women and men with similar performances level in marathons. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 68(2), 155–161. <https://doi.org/10.1007/BF00244029>
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjørth, N., Bach, R., & Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO<sub>2</sub>max more than moderate training. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(4), 665–671. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180304570>
- Helgerud, J., Støren, O., & Hoff, J. (2010). Are there differences in running economy at different velocities for well-trained distance runners?. *European journal of applied physiology*, 108(6), 1099–1105. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1218-z>
- Henneman, E., Somjen, G., & Carpenter, D. O. (1965). Functional significance of cell size in spinal motoneurons. *Journal of neurophysiology*, 28(3), 560-580.
- Hill D. W. (1999). Energy system contributions in middle-distance running events. *Journal of sports sciences*, 17(6), 477–483. <https://doi.org/10.1080/026404199365786>
- Hodgson, M. D., Keir, D. A., Copithorne, D. B., Rice, C. L., & Kowalchuk, J. M. (2018). Power reserve following ramp-incremental cycling to exhaustion: implications for muscle fatigue and function. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 125(2), 304–312. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00722.2017>
- Hoff, J., Gran, A., & Helgerud, J. (2002). Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 12(5), 288–295. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2002.01140.x>

- Hoff, J., Helgerud, J., & Wisloeff, U. L. R. I. K. (1999). Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Medicine and science in sports and exercise*, *31*, 870-877.
- Holmberg H. C. (2015). The elite cross-country skier provides unique insights into human exercise physiology. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, *25 Suppl 4*, 100–109. <https://doi.org/10.1111/sms.12601>
- Holmberg, H. C., Lindinger, S., Stöggl, T., Björklund, G., & Müller, E. (2006). Contribution of the legs to double-poling performance in elite cross-country skiers. *Medicine and science in sports and exercise*, *38*(10), 1853–1860. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000230121.83641.d1>
- Holmberg, H. C., Lindinger, S., Stöggl, T., Eitzlmair, E., & Müller, E. (2005). Biomechanical analysis of double poling in elite cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*, *37*(5), 807-818.
- Honig, C. R., Connett, R. J., & Gayeski, T. E. (1992). O<sub>2</sub> transport and its interaction with metabolism; a systems view of aerobic capacity. *Medicine and science in sports and exercise*, *24*(1), 47–53.
- Hov, H., Wang, E., Lim, Y. R., Trane, G., Hemmingsen, M., Hoff, J., & Helgerud, J. (2023). Aerobic high-intensity intervals are superior to improve  $\dot{V}O_{2max}$  compared with sprint intervals in well-trained men. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, *33*(2), 146–159. <https://doi.org/10.1111/sms.14251>
- Hunter, J. P., Marshall, R. N., & McNair, P. J. (2005). Relationships between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. *Journal of applied biomechanics*, *21*(1), 31–43. <https://doi.org/10.1123/jab.21.1.31>
- IAAF. (2023, 24. januar). 800 Metres Women. Hentet fra <https://www.worldathletics.org/records/all-time-toplists/middle-long/800-metres/outdoor/women/senior>
- Ingham, S., Whyte, G., Pedlar, C., Bailey, D., Dunman, N., & Nevill, A. (2008). Determinants of 800-m and 1500-m running performance using allometric models. *Medicine+ Science in Sports+ Exercise*, *40*(2), 345.
- Johansen, J. M., Eriksen, S., Sunde, A., Slette-meås, Ø. B., Helgerud, J., & Støren, Ø. (2021). Improving Utilization of Maximal Oxygen Uptake and Work Economy in Recreational Cross-Country Skiers With High-Intensity Double-Poling Intervals. *International journal of sports physiology and performance*, *16*(1), 37–44. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0689>
- Johansen, J. M., Goleva-Fjellet, S., Sunde, A., Gjerløw, L. E., Skeimo, L. A., Freberg, B. I., Sæbø, M., Helgerud, J., & Støren, Ø. (2020). No Change - No Gain; The Effect of Age, Sex, Selected Genes and Training on Physiological and Performance Adaptations in Cross-Country Skiing. *Frontiers in physiology*, *11*, 581339. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.581339>

- Johansen, J. M., Sunde, A., Helgerud, J., & Støren, Ø. (2022). Relationships Between Maximal Aerobic Speed, Lactate Threshold, and Double Poling Velocity at Lactate Threshold in Cross-Country Skiers. *Frontiers in physiology*, *13*, 829758. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.829758>
- Joyner, M. J., & Dominelli, P. B. (2021). Central cardiovascular system limits to aerobic capacity. *Experimental physiology*, *106*(12), 2299–2303. <https://doi.org/10.1113/EP088187>
- Ker, R. F., Bennett, M. B., Bibby, S. R., Kester, R. C., & Alexander, R. M. (1987). The spring in the arch of the human foot. *Nature*, *325*(7000), 147–149. <https://doi.org/10.1038/325147a0>
- Koch, R. E., Josefson, C. C., & Hill, G. E. (2017). Mitochondrial function, ornamentation, and immunocompetence. *Biological Reviews*, *92*(3), 1459-1474.
- Lavin, K. M., Straub, A. M., Uhranowsky, K. A., Smoliga, J. M., & Zavorsky, G. S. (2012). Alveolar-membrane diffusing capacity limits performance in Boston marathon qualifiers. *PLoS one*, *7*(9), e44513. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044513>
- Losnegard, T., & Hallén, J. (2014). Physiological differences between sprint- and distance-specialized cross-country skiers. *International journal of sports physiology and performance*, *9*(1), 25–31. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0066>
- Losnegard, T., Myklebust, H., & Hallén, J. (2012). Anaerobic capacity as a determinant of performance in sprint skiing. *Medicine and science in sports and exercise*, *44*(4), 673–681. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182388684>
- Lucia, A., Esteve-Lanao, J., Oliván, J., Gómez-Gallego, F., San Juan, A. F., Santiago, C., Pérez, M., Chamorro-Viña, C., & Foster, C. (2006). Physiological characteristics of the best Eritrean runners-exceptional running economy. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquée, nutrition et métabolisme*, *31*(5), 530–540. <https://doi.org/10.1139/h06-029>
- Maćkała, K., Jozwiak, Ł., & Stodółka, J. A. C. E. K. (2014). Effects of explosive type strength training on selected physical and technical performance characteristics in middle distance running-a case report. *Pol J Sport Tourism*, *21*(4), 228-33.
- McArdle, W. M., Katch, F. I. & Katch, V. L. (2014). *Exercise Physiology* (8. Utg.). Lippincott Williams and Wilkins.
- Medbø, J. I., & Tabata, I. (1989). Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, *67*(5), 1881–1886. <https://doi.org/10.1152/jappl.1989.67.5.1881>
- Medbø, J. I., Mohn, A. C., Tabata, I., Bahr, R., Vaage, O., & Sejersted, O. M. (1988). Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, *64*(1), 50–60. <https://doi.org/10.1152/jappl.1988.64.1.50>



- Mendez-Villanueva, A., Hamer, P., & Bishop, D. (2008). Fatigue in repeated-sprint exercise is related to muscle power factors and reduced neuromuscular activity. *European journal of applied physiology*, 103(4), 411-419.
- Miller, R. H., Umberger, B. R., & Caldwell, G. E. (2012). Limitations to maximum sprinting speed imposed by muscle mechanical properties. *Journal of biomechanics*, 45(6), 1092–1097. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.04.040>
- Nevill, A. M., Ramsbottom, R., Nevill, M. E., Newport, S., & Williams, C. (2008). The relative contributions of anaerobic and aerobic energy supply during track 100-, 400- and 800-m performance. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 48(2), 138–142.
- Nilsson, J., & Thorstensson, A. (1989). Ground reaction forces at different speeds of human walking and running. *Acta Physiologica Scandinavica*, 136(2), 217-227.
- Ortiz, J. G., Teixeira, A. S., Mohr, P. A., Salvador, P. C. D. N., Cetolin, T., Guglielmo, L. G. A., & de Lucas, R. D. (2018). The anaerobic speed reserve of high-level soccer players: a comparison based on the running speed profile among and within playing positions. *Human Movement Special Issues*, 2018(5), 65-72.
- Parkhouse, W. S., McKenzie, D. C., Hochachka, P. W., & Ovalle, W. K. (1985). Buffering capacity of deproteinized human vastus lateralis muscle. *Journal of applied physiology*, 58(1), 14-17.
- Pate, R. R., & Kriska, A. (1984). Physiological basis of the sex difference in cardiorespiratory endurance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 1(2), 87–98. <https://doi.org/10.2165/00007256-198401020-00001>
- Raastad, T., Paulsen, G., Refsnes, P., Rønnestad, B. & Wisnes, A. R. (2010). *Styrketrening – i teori og praksis*. (1. utg.). Gyldendal
- Ramsbottom, R., Nevill, A. M., Nevill, M. E., Newport, S., & Williams, C. (1994). Accumulated oxygen deficit and short-distance running performance. *Journal of sports sciences*, 12(5), 447-453.
- Renoux, J. C., Petit, B., Billat, V., & Koralsztein, J. P. (1999). Oxygen deficit is related to the exercise time to exhaustion at maximal aerobic speed in middle distance runners. *Archives of physiology and biochemistry*, 107(4), 280–285. <https://doi.org/10.1076/13813455199908107041qft280>
- Rønnestad, B. R., & Mujika, I. (2014). Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(4), 603–612. <https://doi.org/10.1111/sms.12104>
- Ross, A., Leveritt, M., & Riek, S. (2001). Neural influences on sprint running: training adaptations and acute responses. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 31(6), 409–425. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131060-00002>

- Rumpf, M. C., Lockie, R. G., Cronin, J. B., & Jalilvand, F. (2016). Effect of Different Sprint Training Methods on Sprint Performance Over Various Distances: A Brief Review. *Journal of strength and conditioning research*, 30(6), 1767–1785. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001245>
- Saito, Y., Nagahara, R., Ae, M., & Matsuo, A. (2008). Evaluation of speed change in 100 m sprint running. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
- Saltin, B., Henriksson, J., Nygaard, E., Andersen, P., & Jansson, E. (1977). Fiber types and metabolic potentials of skeletal muscles in sedentary man and endurance runners. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 301, 3-29.
- Sánchez Muñoz, C., Muros, J. J., López Belmonte, Ó., & Zabala, M. (2020). Anthropometric Characteristics, Body Composition and Somatotype of Elite Male Young Runners. *International journal of environmental research and public health*, 17(2), 674. <https://doi.org/10.3390/ijerph17020674>
- Sand, O., Sjaastad, Ø. V., Haug, E. & Toverud, K. C. (2014). *Menneskets fysiologi* (2. utg.). Oslo: Gyldendal.
- Sandford, G. N., Allen, S. V., Kilding, A. E., Ross, A., & Laursen, P. B. (2019b). Anaerobic Speed Reserve: A Key Component of Elite Male 800-m Running. *International journal of sports physiology and performance*, 14(4), 501–508. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0163>
- Sandford, G. N., Kilding, A. E., Ross, A., & Laursen, P. B. (2019a). Maximal Sprint Speed and the Anaerobic Speed Reserve Domain: The Untapped Tools that Differentiate the World's Best Male 800 m Runners. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(6), 843–852. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-1010-5>
- Sandford, G. N., Laursen, P. B., & Buchheit, M. (2021). Anaerobic Speed/Power Reserve and Sport Performance: Scientific Basis, Current Applications and Future Directions. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 51(10), 2017–2028. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01523-9>
- Sandford, G. N., Rogers, S. A., Sharma, A. P., Kilding, A. E., Ross, A., & Laursen, P. B. (2019c). Implementing anaerobic speed reserve testing in the field: validation of vVO<sub>2</sub>max prediction from 1500-m race performance in elite middle-distance runners. *International journal of sports physiology and performance*, 14(8), 1147-1150.
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., & Hawley, J. A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 34(7), 465–485. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434070-00005>
- Spencer, M. R., & Gatin, P. B. (2001). Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(1), 157–162. <https://doi.org/10.1097/00005768-200101000-00024>

- Spurway, N. C., Ekblom, B., Noakes, T. D., & Wagner, P. D. (2012). What limits  $[V(\cdot)]O(2max)$ ? A symposium held at the BASES Conference, 6 September 2010. *Journal of sports sciences*, 30(6), 517–531. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.642809>
- Støa, E. M., Helgerud, J., Rønnestad, B. R., Hansen, J., Ellefsen, S., & Støren, Ø. (2020). Factors Influencing Running Velocity at Lactate Threshold in Male and Female Runners at Different Levels of Performance. *Frontiers in physiology*, 11, 585267. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.585267>
- Stöggl, T., & Holmberg, H. C. (2011). Force interaction and 3D pole movement in double poling. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 21(6), e393–e404. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01324.x>
- Stöggl, T., Enqvist, J., Muller, E., & Holmberg, H. C. (2010). Relationships between body composition, body dimensions, and peak speed in cross-country sprint skiing. *Journal of sports sciences*, 28(2), 161–169. <https://doi.org/10.1080/02640410903414160>
- Stöggl, T., Lindinger, S., & Müller, E. (2007). Analysis of a simulated sprint competition in classical cross country skiing. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 17(4), 362–372. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00589.x>
- Støren, O. (2009). *Running and cycling economy in athletes; determing factors, training interventions and testing* (Doktoravhandling, Norges teknisk-naturvitenskaplige univeristet). Hentet fra <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/264677>
- Støren, Ø., Helgerud, J., & Hoff, J. (2011). Running stride peak forces inversely determine running economy in elite runners. *Journal of strength and conditioning research*, 25(1), 117–123. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b62c8a>
- Støren, Ø., Helgerud, J., Johansen, J. M., Gjerløw, L. E., Aamlid, A., & Støa, E. M. (2021). Aerobic and Anaerobic Speed Predicts 800-m Running Performance in Young Recreational Runners. *Frontiers in physiology*, 12, 672141. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.672141>
- Støren, Ø., Rønnestad, B. R., Sunde, A., Hansen, J., Ellefsen, S., & Helgerud, J. (2014). A time-saving method to assess power output at lactate threshold in well-trained and elite cyclists. *Journal of strength and conditioning research*, 28(3), 622–629. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a73e70>
- Støren, O., Helgerud, J., Støa, E. M., & Hoff, J. (2008). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(6), 1087–1092. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318168da2f>
- Støren, Ø., Sunde, A., Helgerud, J., Johansen, J. M., Gjerløw, L. E., Hjortland, H., & Støa, E. M. (2023). Maximal aerobic and anaerobic power and time performance in 800 m double poling

- ergometer. *European journal of applied physiology*, 10.1007/s00421-023-05149-9. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05149-9>
- Sunde, A., Johansen, J. M., Gjøra, M., Paulsen, G., Bråten, M., Helgerud, J., & Støren, Ø. (2019). Stronger Is Better: The Impact of Upper Body Strength in Double Poling Performance. *Frontiers in physiology*, 10, 1091. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01091>
- Sunde, A., Støren, O., Bjerkaas, M., Larsen, M. H., Hoff, J., & Helgerud, J. (2010). Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *Journal of strength and conditioning research*, 24(8), 2157–2165. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aeb16a>
- Sylta, Ø., Tønnessen, E., Hammarström, D., Danielsen, J., Skovereng, K., Ravn, T., Rønnestad, B. R., Sandbakk, Ø., & Seiler, S. (2016). The Effect of Different High-Intensity Periodization Models on Endurance Adaptations. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(11), 2165–2174. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001007>
- Tanji, F., Tsuji, T., Shimazu, W., & Nabekura, Y. (2018). Relationship between 800-m running performance and aerobic and anaerobic energy metabolism capacities in well-trained middle-distance runners. *International journal of sport and health science*, 201724.
- Thompson M. A. (2017). Physiological and Biomechanical Mechanisms of Distance Specific Human Running Performance. *Integrative and comparative biology*, 57(2), 293–300. <https://doi.org/10.1093/icb/icx069>
- Vandbakk, K., Welde, B., Kruken, A. H., Baumgart, J., Ettema, G., Karlsen, T., & Sandbakk, Ø. (2017). Effects of upper-body sprint-interval training on strength and endurance capacities in female cross-country skiers. *PloS one*, 12(2), e0172706. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172706>
- Vesterinen, V., Mikkola, J., Nummela, A., Hynynen, E., & Häkkinen, K. (2009). Fatigue in a simulated cross-country skiing sprint competition. *Journal of sports sciences*, 27(10), 1069–1077. <https://doi.org/10.1080/02640410903081860>
- Hébert-Losier, K., Zinner, C., Platt, S., Stöggl, T., & Holmberg, H. C. (2017). Factors that Influence the Performance of Elite Sprint Cross-Country Skiers. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(2), 319–342. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0573-2>
- Vikmoen, O., Raastad, T., Seynnes, O., Bergstrøm, K., Ellefsen, S., & Rønnestad, B. R. (2016). Effects of Heavy Strength Training on Running Performance and Determinants of Running Performance in Female Endurance Athletes. *PloS one*, 11(3), e0150799. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150799>
- Wagner P. D. (1992). Gas exchange and peripheral diffusion limitation. *Medicine and science in sports and exercise*, 24(1), 54–58

- Wagner P. D. (1996). A theoretical analysis of factors determining VO<sub>2</sub> MAX at sea level and altitude. *Respiration physiology*, 106(3), 329–343. [https://doi.org/10.1016/s0034-5687\(96\)00086-2](https://doi.org/10.1016/s0034-5687(96)00086-2)
- Weibel E. R. (2017). Lung morphometry: the link between structure and function. *Cell and tissue research*, 367(3), 413–426. <https://doi.org/10.1007/s00441-016-2541-4>
- Williams, K. R., & Cavanagh, P. R. (1987). Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *Journal of Applied Physiology*, 63(3), 1236-1245.
- Wisløff, U., & Helgerud, J. (1998). Evaluation of a new upper body ergometer for cross-country skiers. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(8), 1314–1320. <https://doi.org/10.1097/00005768-199808000-00021>
- Zhou, B., Conlee, R. K., Jensen, R., Fellingham, G. W., George, J. D., & Fisher, A. G. (2001). Stroke volume does not plateau during graded exercise in elite male distance runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(11), 1849–1854. <https://doi.org/10.1097/00005768-200111000-00008>
- Zoppirolli, C., Hébert-Losier, K., Holmberg, H. C., & Pellegrini, B. (2020). Biomechanical determinants of cross-country skiing performance: A systematic review. *Journal of sports sciences*, 38(18), 2127–2148. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1775375>
- Zoppirolli, C., Pellegrini, B., Bortolan, L., & Schena, F. (2015). Energetics and biomechanics of double poling in regional and high-level cross-country skiers. *European journal of applied physiology*, 115(5), 969–979. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-3078-4>
- Østerås, H., Helgerud, J., & Hoff, J. (2002). Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans. *European journal of applied physiology*, 88(3), 255–263. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0717-y>
- Østerås, H., Hoff, J., & Helgerud, J. (2005). Effects of high-intensity endurance training on maximal oxygen consumption in healthy elderly people. *Journal of applied gerontology*, 24(5), 377-387.
- Åstrand, P.O. & Rodahl, K. (1986). *Textbook of work physiology*. (3. utg.). McGraw-Hill, New York.
- Åstrand, P. O. (1952). *Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age* (Doctoral dissertation, Munksgaard Forlag).

## 7.0 Vedlegg

### Vedlegg A



### Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjekt

#### *Betydningen av aerob og anaerob hastighet i sprintlangrenn*

#### **Bakgrunn og hensikt**

Dette er en forespørsel til deg om deltakelse i en kartleggingsstudie og/eller en treningsintervensjon, som er en del av et forskningsprosjekt hvor vi utprøver en formel for prestasjon på 1500m staking. Hensikten med studiet er å utvikle et nyttig treningsverktøy for utøvere og trenere i sprintlangrenn. Deltakelse i prosjektet vil innebære fysiske tester av egenskaper sentrale for prestasjon i sprintlangrenn, samt en 8 ukers treningsperiode dersom du velger å også delta i intervensjonsstudien.

Det er Universitetet i Sørøst-Norge (USN), avdeling Bø i Telemark, som er ansvarlig for gjennomføringen av studiet.

Resultatene av studien vil bli søkt publisert i et internasjonalt tidsskrift. I tillegg har prosjektet tilknyttet bachelor- og masterstudenter ved USN som kan benytte resultatene i sine bachelor- og masteroppgaver.

#### **Metode**

I kartleggingsstudien er målet å kartlegge betydningen av maksimal aerob og anaerob hastighet for prestasjon i sprintlangrenn. Dersom du velger å være med i kun kartleggingsdelen, delta du ikke i treningsintervensjonen.

**Treningsintervensjon:** Målet med treningsintervensjonen er å øke den maksimale anaerobe hastigheten (MANS), målt ved prestasjon på 10 sekunder staking. Treningsperioden består av totalt 16 økter, fordelt over 8 uker (2 økter per uke). Treningsprogrammet består av to forskjellige typer treningsøkter i uka over 8 uker: en sprintøkt og en økt med maksimal styrke i nedtrekk. Det vil bli oppfordret til maksimal innsats for hver av repetisjonene under treningen. Øktene vil i hovedsak bestå av henholdsvis kortere sprinter og tung nedtrekk.

#### **Fysiske tester:**

Følgende tester vil bli gjennomført før og etter treningsperioden: maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2max}$ ), arbeidsøkonomi (C), maksimal styrke nedtrekk (1RM), I tillegg måles 100 meter maksimal sprint i stakeergometer, 800m staking og tid på 130% av MAS i stakeergometer.

Arbeidsøkonomi: etter ca. 10 min oppvarming måles oksygenopptak i 5 min på moderat intensitet. Testen oppleves ikke som særlig anstrengende.

Maksimalt oksygenopptak: en anstrengende, men kortvarig test i stakeergometer som varer maksimalt 10 min og hvor kun de to-tre siste minuttene av testen er anstrengende. Testen starter med moderat belastning, deretter økes hastigheten gradvis. Teststans er det vi kaller for "frivillig utmattelse". Det vil si at deltakeren avslutter når han/hun ikke orker mer. Man kan når som helst avbryte testen ved ubehag utover det som normalt kjennes som "ordentlig sliten".

1RM nedtrekk: Etter progressiv oppvarming gjennomføres maksløft i nedtrekk. Ved vellykket løft økes vekten med 5kg og man gjentar løftet etter 5 min pause (med mindre løftet går så langsomt at det godkjennes som 1RM)

Tid på 130% av MAS: Testen gjennomføres i stakeergometer, og deltaker staker så lenge som mulig på denne hastigheten. Farten styres av computer med display, og testen avsluttes når deltaker ikke lenger orker å holde hastigheten.

10m meter maksimal staketest: Testen gjennomføres i stakeergometer. Testen brukes som et mål på topphastighet (maksimal anaerob hastighet, MANS).

800m staketest: Testen gjennomføres i stakeergometer. Etter 15min progressiv oppvarming staker man så fort man kan 800m i stakeergometeren.

#### Mulige fordeler ved deltakelse

Deltaker vil få oppgitt sine personlige testresultater, som kan være et verdifullt verktøy i eget treningsarbeid. Vi vil også tilby en re-test ved en senere anledning om dette er ønskelig. Disse nye testresultatene vil da ikke bli benyttet i studien. Deltaker får tett treningsoppfølging av kompetent personell, og får kartlagt fysisk form gjennom et antall tester uten økonomiske kostnader.

#### Mulige ulemper ved deltakelse

Fysiske tester og hovedøvelser i treningsopplegg vil gjennomføres med maksimal mobilisering/innsats, og vil derfor innebære noe større skaderisiko enn ved testing og trening med lavere belastning. Samtidig blir deltakerne tett fulgt opp av erfarne test- og treningsledere. Deltakere får utdelt eget skriv om dette.

#### **Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger**

Vi vil kun bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrevet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Det er kun prosjektgruppa som har tilgang til opplysningene. Etter prosjektslutt vil data anonymiseres og koblingsnøkkel slettes.

Informasjonen som registreres om deg skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Alle opplysningene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjennende opplysninger. Det vil ikke være mulig å identifisere deg i resultatene av studien når disse publiseres.

#### **Rett til innsyn og sletting av opplysninger**

Som deltaker har du rett til å få innsyn i personlige data som registreres, få korrigert eventuelle feil i de opplysningene vi har registrert, få utlevert en kopi av dine personopplysninger (dataportabilitet), samt å sende klage til personvernombudet eller datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger. Dersom du trekker deg fra studien, kan du kreve å få slettet innsamlede prøver og opplysninger, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner.

#### **Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?**

På oppdrag fra USN har NSD – Norsk Senter for Forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

#### **Hvor kan jeg finne ut mer?**

Hvis du har spørsmål om studien eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med

Prosjektleder: Arnstein Sunde (prosjektleder, førstelektors USN), tlf: 35952793/95080164, e-mail: arnstein.sunde@usn.no

Vårt personvernombud: Pål Are Solberg

Mine rettigheter:

NSD-Norsk Senter for Forskningsdata AS (personverntjenester@NSD.no, tlf: 55582117)

**Kontaktpersoner:**

Stipendiat Jan-Michael Johansen, tlf: 91748374, e-mail: jan-michael.johansen@usn.no

Universitetslektor Lars Erik Gjerløw, tlf. 47610082, lars.e.gjerlow.usn.no

**Ansvarlige for prosjektet:**

Førstelektor Arnstein Sunde tlf 95080164, e-mail [arnstein.sunde@usn.no](mailto:arnstein.sunde@usn.no)

Førsteamanuensis Øyvind Støren, tlf. 96045270, e-mail [oyvind.storen@usn.no](mailto:oyvind.storen@usn.no)

Samtykke til deltakelse i studien «Betydningen av aerob og anaerob hastighet i sprintlangrenn».

Jeg er villig til å delta i

1, kartleggingsstudien: \_\_\_\_\_  
(Signert av prosjektdeltaker, dato)

2. intervensjonsstudien: \_\_\_\_\_  
(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

-----  
(Signert, rolle i studien, dato)



## Vedlegg B

# Egenerklæringsskjema for covid-19

Fylles ut av testpersonen på testdagen

Navn og mob nr: \_\_\_\_\_

2.Student  Lærer  Ekstern  Sett kryss

<b>Pre screening for Covid-19</b>		
<b>Spørsmål (sett kryss for svar)</b>	<b>Nei</b>	<b>Ja</b>
Har du fått påvist koronavirus-smitte (covid-19) eller venter du på prøvesvar?*		
Har du vært i nærkontakt med person med koronavirus-smitte (covid-19) siste 10 dager?		
Har du vært i et land/områder som medfører karantene ved hjemkomst siste 10 dager?		
Har du hatt ett eller flere av symptomene nedenfor <b>nyoppstått</b> siste 10 dager? Dersom du har vært <b>symptomfri de siste 24 timer</b> , kan du svare nei.		
➤ Feber		
➤ Hoste		
➤ Tung pust		
➤ Hodepine med samtidig sykdomsfølelse eller slapphet		
➤ Nedsatt lukte- og/eller smaksans		
➤ Muskelverk		
➤ Sår hals		
➤ Rennende/tett nese eller nysing (forkjølelssymptomer)		
➤ Smerter i øvre del av magen, kvalme, oppkast eller diare		
Dersom du svarer ja på noen av spørsmålene, skal du ikke testes.		
*Dersom du har fått <b>positivt svar på covid-19</b> , må du være <b>symptomfri i 3 døgn</b> for å kunne testes.		

Underskrift testperson:

.....

Dato

Underskrift

.....

Dato

Underskrift av foresatte dersom testperson er under 18 år

## Vedlegg C

### Egenerklærings skjema for helse

Etternavn:	Fornavn:	Født:
Høyde:	Vekt:	Lag / forening / studie:
Telefon:	Telefon kontaktperson:	

Siden det er første gang du testes ved idrettsfysiologisk testlaboratorium, ber vi deg lese nøye igjennom alle spørsmålene på denne listen. Kryss av enten JA eller NEI for hvert spørsmål. Dette er viktig i forhold til hvordan vi gjennomfører testingen av deg.

	JA	NEI	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	- Kjenner du til at du har en hjertesykdom?
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	- Hender det at du får brystmerter i hvile eller i forbindelse med fysisk aktivitet?
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	- Kjenner du til at du har høyt blodtrykk?
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	- Bruker du for tiden medisiner for høyt blodtrykk eller hjertesykdom (f.eks vanndrivende tabletter?)
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	- Røyker du?
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	- Snuser du?
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	- Kjenner du til om du har hatt høyt kolesterolnivå i blodet?
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	- Har du besvimt siste 6 måneder i forbindelse med fysisk aktivitet?
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	- Hender det at du mister balansen på grunn av svimmelhet?
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	- Har du sukkersyke?
11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	- Er du fysisk inaktiv og har et stillesittende arbeid?
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	- Bruker medisiner fast – mot:
13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	- Har du eller har du hatt en luftveisinfeksjon i løpet av siste uke?

Jeg / vi har lest i gjennom forberedelsesskjema for testene, og er inneforstått med hvordan testen foregår.

.....  
Dato Underskrift

.....  
Dato Underskrift av foresatte dersom testperson er under 18 år

## Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjekt

### *Formel for prestasjon på 800m løping.*

#### **Bakgrunn og hensikt**

Dette er en forespørsel til deg om deltakelse i en treningsintervensjon som er en del av et forskningsprosjekt hvor vi utprøver en formel for prestasjon på 800m mellomdistanseløp. Hensikten med studiet er å utvikle et nyttig treningsverktøy for utøvere og trenere innenfor mellom- og langdistanseløp.

Deltakelse i prosjektet vil innebære fysiske tester av egenskaper sentrale for prestasjon i 800m samt en 6 eller 8 ukers treningsperiode. Her kan du som deltaker velge om du vil delta i en treningsintervensjon som har som mål å øke din maksimale anaerobe hastighet (MANS) eller en treningsintervensjon som har som mål å øke din maksimale aerobe hastighet (MAS).

Det er Universitetet i Sørøst-Norge (USN), avdeling Bø i Telemark, som er ansvarlig for gjennomføringen av studiet.

Resultatene av studien vil bli søkt publisert i to internasjonale tidsskrifter. I tillegg har prosjektet tilknyttet bachelor- og masterstudenter samt en doktorstipendiat ved USN som kan benytte resultatene i henholdsvis bachelor- og masteroppgaver, samt doktorgradsavhandling.

#### **Metode**

**Trening:** Målet med treningsintervensjonen er å øke MANS eller MAS, målt ved prestasjonstid på henholdsvis 100m og 800m. Treningsperioden består av totalt 18 økter fordelt over 6 uker (3 økter per uke) i MANS intervensjonen, og totalt 24 økter fordelt over 8 uker (3 økter per uke) i MAS intervensjonen. Treningsprogrammet for MANS består av tre forskjellige typer treningsøkter i uka: en sprintøkt, en spenstøkt og en økt med maksimal styrke. Det vil bli oppfordret til maksimal innsats for hver av repetisjonene under løp/hopp/løft. Øktene vil i hovedsak bestå av henholdsvis kortere sprinter, ulike versjoner av spensthopp og tunge knebøy. Treningsprogrammet i MAS intervensjonen består av 3 økter i uka med 3-5 drag à 3-5 minutter med mål om å oppnå 10-15 minutter totalt i løpet av økta på 90% av maksimal hjerterefrekvens.

#### **Fysiske tester:**

Følgende tester vil bli gjennomført før og etter treningsperioden: maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2max}$ ), arbeidsøkonomi ( $C_r$ ), maksimal styrke knebøy (1RM), spensttest (counter movement jump med armsving, (CMJas)). I tillegg måles tid på 100m, 800m og tid på 130% av MAS.

**Arbeidsøkonomi:** etter ca 10 min oppvarming måles oksygenopptak i 5 min på moderat intensitet. Testen oppleves ikke som særlig anstrengende.

**Maksimalt oksygenopptak:** en anstrengende, men kortvarig test på mølle som varer maksimalt 10 min og hvor kun de to-tre siste minuttene av testen er anstrengende. Testen starter med moderat belastning, deretter økes hastigheten gradvis. Teststans er det vi kaller for "frivillig utmattelse". Det vil si at deltakeren avslutter når han/hun ikke orker mer. Man kan når som helst avbryte testen ved ubehag utover det som normalt kjennes som "ordentlig sliten".

### Maksimal styrke (1RM)

1RM 90 grader knebøy måler maksimal styrke i strekkapparatet og gjennomføres etter oppvarming og en gradvis progresjon opp mot 1 repetisjon maks.

### Spentstest

Spentesten (CMJas) gjennomføres på kraftplattform, hvor høyeste hopp etter tre forsøk med riktig teknikk registreres som testresultat.

### Tid på 130% av MAS

Testen gjennomføres på friidrettsbane, og deltaker løper så lenge som mulig på denne hastigheten. Farten styres av en syklist, og testen avsluttes når deltaker ikke lenger orker å holde følge med sykkelen.

### 800m

Dette er en prestasjonstest hvor man løper 800m så fort man klarer på friidrettsbane.

### 100m

Dette er en prestasjonstest hvor man løper 100m så fort man klarer på friidrettsbane.

### Mulige fordeler ved deltakelse

Deltaker vil få oppgitt sine personlige testresultater, som kan være et verdifullt verktøy i eget treningsarbeid. Vi vil også tilby en re-test ved en senere anledning om dette er ønskelig. Disse nye testresultatene vil da ikke bli benyttet i studien. Deltaker får tett treningsoppfølging av kompetent personell, og får kartlagt fysisk form gjennom et antall tester uten økonomiske kostnader.

### Mulige ulemper ved deltakelse

Fysiske tester og hovedøvelser i treningsopplegg vil gjennomføres med maksimal mobilisering/innsats, og vil derfor innebære noe større skaderisiko enn ved testing og trening med lavere belastning. Samtidig blir deltakerne tett fulgt opp av erfarne test- og treningsledere, og vil også bli fulgt opp av prosjektets fysioterapeut hvis det skulle oppstå overbelastning som følge av test- eller trening. Deltakere får utdelt eget skriv om dette.

### **Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger?**

Vi vil kun bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrevet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Det er kun prosjektgruppa som har tilgang til opplysningene. Etter prosjektslutt vil data anonymiseres og koblingsnøkkel slettes. Prosjektslutt er 31.12 2024.

Alle opplysningene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjenkende opplysninger. Det vil ikke være mulig å identifisere deg i resultatene av studien når disse publiseres.

### **Rett til innsyn og sletting av opplysninger**

Som deltaker har du rett til å få innsyn i personlige data som registreres, få korrigert eventuelle feil i de opplysningene vi har registrert, få utlevert en kopi av dine personopplysninger (dataportabilitet), samt å sende klage til personvernombudet eller datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger. Dersom du trekker deg fra studien, vil alle dine personopplysninger bli slettet. Du kan da også kreve å få slettet innsamlede testresultater, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

### **Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?**

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke. På oppdrag fra USN har NSD – Norsk Senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

### **Hvor kan jeg finne ut mer?**

Hvis du har spørsmål om studien eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med

Prosjektleder: Eva Maria Støa (prosjektleder, førsteamanuensis USN), tlf: 39952732/41632015, e-mail: [eva.m.stoa@usn.no](mailto:eva.m.stoa@usn.no)

Vårt personvernombud: Pål Are Solberg

Mine rettigheter:

NSD-Norsk Senter for forskningsdata AS ([personverntjenester@NSD.no](mailto:personverntjenester@NSD.no), tlf: 55582117)

### **Kontaktpersoner:**

Lars-Erik Gjerløw (doktorstipendiat), tlf 35 95 28 65, e-mail: [lars.e.gjerlow.usn.no](mailto:lars.e.gjerlow.usn.no)

Jan-Michael Johansen (førsteamanuensis, labansvarlig, idrettsfysiologisk testlaboratorium, USN, campus Bø), tlf: 91748374, e-mail: [jan-michael.johansen@usn.no](mailto:jan-michael.johansen@usn.no)

Henrik Hjortland (masterstudent), [henrik.hjortland@hotmail.com](mailto:henrik.hjortland@hotmail.com)

### **Ansvarlige for prosjektet:**

Førsteamanuensis Eva Maria Støa (prosjektleder og veileder for stipendiat), tlf 41632015 e-mail [eva.m.stoa@usn.no](mailto:eva.m.stoa@usn.no)

Førsteamanuensis Øyvind Støren (prosjektleder og veileder for stipendiat), tlf 96045270, e-mail [oyvind.storen@usn.no](mailto:oyvind.storen@usn.no)

Samtykke til deltakelse i studien «Formel for prestasjon på 800m løp».

Jeg er villig til å delta i studien

-----  
(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

-----  
(Signert, rolle i studien, dato)

## Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjekt

### *Studiets hensikt er å utprøve en formel for prestasjon på 800m løping.*

#### **Bakgrunn og hensikt**

Dette er en forespørsel til deg om deltagelse i en forskningsstudie der hensikten er å utprøve en formel for prestasjon på 800m løping gjennom konkurranseresultater på 800m og 100m. Du vil også gjennomføre en  $VO_{2max}$  test samt en arbeidsøkonomitest, hvor også disse resultatene benyttes i formelen. Det er Universitetet i Sørøst Norge (USN), avdeling Bø i Telemark, som er ansvarlig for gjennomføringen av studiet.

#### **Hva innebærer studien?**

Studien innebærer at vi trenger en konkurranse tid på 800m og en konkurranse tid på 100m. 100m- og/eller 800 m testen kan også gjennomføres i regi av studie ansvarlige, i heat sammen med andre deltagere. Du vil også gjennomføre en arbeidsøkonomitest (måling av oksygenopptak ved moderat intensitet), samt en  $VO_{2max}$  test for å kartlegge maksimal aerob kapasitet. I tillegg ønsker vi å måle hvor lenge du orker å løpe på 130% av maksimal aerob hastighet (MAS). Alle testene vil kun gjennomføres 1 gang.

Arbeidsøkonomi- og  $VO_{2max}$  testene utføres på samme dag på idrettsfysiologisk testlaboratorium ved Universitetet i Sørøst-Norge avd, Bø, eller ved Norges Idrettshøgskole (NIH). Testene må gjennomføres innen en tidsramme på 6 mnd. før/etter de registrerte konkurranse tidene på 800m og 100m, men helst så nærme som mulig.

For å få delta i studien må du fylle ut og skrive under på et egenerklæringsskjema om helse (gjelder testing i Bø). Skjemaet spør om sykdom eller tilstand som eventuelt medfører fare ved maksimal fysisk aktivitet. Skjemaet vil ikke brukes i videre dataanalyser og vil destrueres umiddelbart etter prosjektslutt. Dato for prosjektslutt er 31.12.2021.

**Arbeidsøkonomi;** etter ca 10 min oppvarming måles oksygenopptak i 5 min på moderat intensitet. Testen oppleves ikke som særlig anstrengende

**Maksimalt oksygenopptak;** en anstrengende men kortvarig test på mølle som varer maksimalt 10 min og hvor kun de to-tre siste minuttene av testen er anstrengende. Testen starter med moderat belastning, deretter økes hastigheten gradvis. Teststans er det vi kaller for "frivillig utmattelse". Det vil si at deltakeren avslutter når han ikke orker mer. Man kan når som helst avbryte testen ved ubehag utover det som normalt kjennes som "ordentlig sliten".

#### **Tid på 130% av MAS**

Testen gjennomføres på friidrettsbane, og du løper så lenge du orker på denne hastigheten. Farten styres av en syklist, og testen avsluttes når du ikke lenger orker å holde følge med sykkelen.

#### **Mulige fordeler og ulemper**

Du vil få oppgitt dine personlige testresultater, som kan være et verdifullt verktøy i ditt treningsarbeid. Vi vil også tilby en re-test ved en senere anledning om dette er ønskelig. Disse nye testresultatene vil da ikke bli benyttet i studien.

#### **Hva skjer med prøvene og informasjonen om deg?**

Informasjonen som registreres om deg skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Alle opplysningene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjennerende opplysninger. En kode (ID nummer) knytter deg til dine opplysninger og resultater. Dette betyr at opplysningene er aidentifisert. Det er kun personell knyttet til prosjektet som har adgang til kobling mellom ID og navneliste. Det vil ikke være mulig å identifisere deg i resultatene av studien når disse publiseres.

#### **Frivillig deltakelse**

Det er frivillig å delta i studien. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke ditt samtykke til å delta i studien. Dersom du ønsker å delta, undertegner du samtykkeerklæringen på siste side. Om du nå sier ja til å delta, kan du senere trekke tilbake ditt samtykke uten at det får konsekvenser for deg. Dersom du senere ønsker å trekke deg eller har spørsmål til studien, kan du ta kontakt med en eller flere av kontaktpersonene nevnt nedenfor.

#### **Rett til innsyn og sletting av opplysninger om deg og sletting av prøver**

Hvis du sier ja til å delta i studien, har du rett til å få innsyn i hvilke opplysninger som er registrert om deg. Du har videre rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene vi har registrert. Dersom du trekker deg fra studien, kan du kreve å få slettet innsamlede prøver og opplysninger, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner.

### **Informasjon om utfallet av studien**

Resultatene av studien vil bli søkt publisert. Deltakerne i studien vil først få tilgang til resultatene av studien i sin helhet når disse er levert i form av master- og/eller bacheloroppgave eller eventuelt i en publisert studie.

### **Kontaktpersoner**

Ved spørsmål ang gjennomføringen av testingen og registrering:

Aanund Aamlid (masterstudent), tlf 98690446, [aanun99@hotmail.com](mailto:aanun99@hotmail.com)

Kristian Olsen Wamstad (masterstudent), tlf 97589413, [wamstad94@hotmail.com](mailto:wamstad94@hotmail.com)

Sune Grynnerup (masterstudent), tlf 99458202, [sune.grynnerup@hiof.no](mailto:sune.grynnerup@hiof.no)

Kontaktperson Osloregionen: Eystein Enoksen, NIH, tlf 90114932, [eystein.enoksen@nih.no](mailto:eystein.enoksen@nih.no)

### **Ansvarlige for prosjektet:**

Førsteamanuensis Eva Maria Støa (prosjektleder), tlf 41632015 e-mail [eva.m.stoa@usn.no](mailto:eva.m.stoa@usn.no)

Førsteamanuensis Øyvind Støren, tlf 96045270, e-mail [oyvind.storen@usn.no](mailto:oyvind.storen@usn.no)

Professor Eystein Enoksen, NIH, tlf 90114932, [eystein.enoksen@nih.no](mailto:eystein.enoksen@nih.no)

### **Samtykke til deltakelse i studien «formel for prestasjon på 800m løp».**

Jeg er villig til å delta i studien

-----  
(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

-----  
(Signert, rolle i studien, dato)