



# Bachelorgradsoppgave

Påvirkes arbeidsøkonomien hos skiskyttere av om de går med eller uten gevær i dobbeldans?

En studie av norske skiskytteres arbeidsøkonomi med og uten gevær.

Torkel Moeng Sende

KIF350

Bachelorgradsoppgave i kroppsøving og idrettsfag,  
faglærerutdanning

Lærerutdanning, avdeling HiNT Meråker  
Høgskolen i Nord-Trøndelag - 2015



**HiNT**

# SAMTYKKE TIL HØGSKOLENS BRUK AV KANDIDAT-, BACHELOR- OG MASTEROPPGAVER

Forfatter(e): Torkel Moeng Sende

---

Norsk tittel: Påvirkes arbeidsøkonomien hos skiskyttere av om de går med eller uten gevær i dobbeldans?

Engelsk tittel: \_\_\_\_\_

Studieprogram: Kroppsøving og idrettsfag, faglærerutdanning, bachelorgradsstudium

Emnekode og navn: KIF 350

Vi/jeg samtykker i at oppgaven kan publiseres på internett i fulltekst i Brage, HiNTs åpne arkiv

Vår/min oppgave inneholder taushetsbelagte opplysninger og må derfor ikke gjøres tilgjengelig for andre

Kan frigis fra: 29.05.2015

Dato: 29.05.2015

\_\_\_\_\_ Torkel Moeng Sende \_\_\_\_\_

underskrift

\_\_\_\_\_

underskrift

## Sammendrag

**Torkel Moeng Sende:** Påvirkes arbeidsøkonomien hos skiskyttere av om de går med eller uten gevær i dobbeldans? Bacheloroppgave i idrett, ved Høgskolen i Nord-Trøndelag avd. Meråker. 29.05.2015

**Hensikt:** Finne ut om arbeidsøkonomien hos skiskyttere påvirkes om de går med eller uten gevær på ryggen, og om dette kan ha betydning for treningsarbeidet for skiskyttere. **Metode:** Testene ble utført på godt trente konkurranseløpere i skiskyting, alle gikk aktivt norgescup. 8 mannlige skiskyttere deltok i studien. FP var i gjennomsnitt 18.8 år (SD 2.41), 76.5 kg tung (SD 7.7), 182 cm høy (SD 6.3), 198 i  $HF_{max}$  (SD 5.8), og hadde et oksygenopptak på  $70.2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (SD 6.08). Alle FP var kjent med å gå på rulleski på tredemølle og behersket dobbeldans som ble brukt i alle tester. Alle FP var også kjent med å gå på rulleski med gevær på ryggen, og samtlige brukte sitt personlige våpen under testen. Våpenet var identisk med det de bruker under konkurranser. Testene ble gjennomført med en standard oppvarming 10 min løp tredemølle 60-75 %  $HF_{max}$ . Deretter gikk de direkte over til rulleskimøllen der de gjennomførte ytterlige 10 min oppvarming, der de siste to minuttene skulle ligge innenfor I3 (82-87 %  $HF_{max}$ ). Ved neste steg ble farten skrudd opp 2 km/t og FP kom da opp på I4 (87-92 %  $HF_{max}$ ). Gjennomsnittsfart I4: 14.2 km/t (SD 1.75). Underveis i I4 draget ble det gjennomført filming av FP for å se om det var forskjell i syklusfrekvens. Laktat og  $VO_2$  forbruk ble også målt. Avsluttende del gjennomførte FP en trinnvis  $VO_{2max}$  test som gikk til utmattelse. FP gjennomførte en test med gevær og identisk samme test uten gevær. **Resultat:** Studien viser en signifikant forskjell ( $P<0.05$ ) i FP's arbeidsøkonomi med og uten gevær. Studien viser i tillegg signifikant forskjell FP syklus frekvens ( $P<0.01$ ) og syklus lengde ( $P<0.05$ ) med og uten gevær på ryggen. **Konklusjon:** Viser forskjell en utøvers arbeidsøkonomi med og uten gevær. Viser i tillegg forskjell i utøvernes tekniske løsninger med og uten geværet på ryggen. Samtidig vises det at det må forskes mer på området.

**Nøkkelord:** SKISKYTING, GEVÆR, ARBEIDSØKONOMI, SYKLUS FREKVENNS, SYKLUS LENGDE.

## Teori

### Historie

Skiskyting er en idrett der både skyting og langrenn kombineres. Disse to formene for idrett stiller høye forskjellige krav til utøveren (Norges skiskytterforbund, 2012).

Allerede i 1767 ble det arrangert skiskytterkonkurranser, men som idrettsgren ble skiskyting organisert fra 1958 (Norges skiskytterforbund, 2012). Da ble det første verdensmesterskapet arrangert i Seefeld i Østerrike, og Norge

har deltatt internasjonalt siden da (Norges Skiskytterforbund, 2012). Skiskyting ble en olympisk gren for menn i 1960, mens kvinnene først fikk delta i 1992 (Norges skiskytterforbund, 2012). På 1960 - og 70 tallet brukte man grovkaliber våpen på pappskiver, hvor avstanden var 150 meter. På 1980 tallet gikk man over til å bruke kaliber 22 LR (salonggevær), selvanvisere og skyteavstand 50 meter, som også er nåtidens rammefaktorer (Norges skiskytterforbund 2012). I dag drives

skiskyting i mer enn 160 lag/klubber i Norge (Norges skiskytterforbund, 2012).

Skiskyttere går kun konkurranser i friteknikk, noe som tilsier at man kan velge mellom å gå klassisk og å skøyte. De aller fleste i alle aldre og nivå velger skøyting- da dette er mest hensiktsmessig (Norges skiskytterforbund, 2012).

## Utstyr

I skiskyting brukes et gevær av kaliber 5,6 mm (.22 long rifle). Geværet kan ikke være halv- eller helautomatisk (Norges skiskytterforbund, 2014). Det er utøverens muskelkraft som skal styre sluttstykket frem og tilbake. Det stilles krav om at siktemidlene ikke skal være av forstørrende art, men et sikte med et frem- og baksikte (Norges skiskytterforbund, 2014). Inkludert alt utstyr minus ammunisjon og magasiner, kan ikke våpenet være under 3,5 kg (Norges skiskytterforbund 2014). Geværet må også utstyres med en bæresæle (f.o.m 17 år bærer utøveren selv våpenet), for å kunne ha det på ryggen under konkurranse (Norges skiskytterforbund, 2014).

Under skiskytterkonkurranser bruker utøverne langrennsski. Kravet til disse er at de ikke er lavere enn 4 cm mindre enn løperen. Det er ingen maksimumsgrense i forhold til skiene. Vekten på skiene kan

ikke være mindre enn 750 gram uten bindinger pr ski, det stilles her ingen krav om fordeling av vekten (Norges skiskytterforbund, 2014).

Stavene utøverne bruker har krav om å ikke overstige løperens egen høyde. Det stilles også krav om at stavene skal ha en fast lengde, slik at dette ikke kan varieres underveis i konkurranser (Norges skiskytterforbund, 2014).

## Krav til skyteferdigheter

Skiskyttersporten har utviklet seg i den retning at man ser at skytingen blir mer og mer viktig (Nordberg, 2012). Dette kan man si på grunn at løypene stadig blir lettere, dermed vil også kravet til skyteferdigheten øke (Nordberg, 2012).

Avstanden til skivene under en skiskytterkonkurranse er 50 meter, og her varierer utøverne mellom å skyte liggende og stående. (Norges skiskytterforbund, 2012). Diameteren på blinken under liggende skyting er 4,5 cm, og under stående skyting er blinken 11 cm (Norges, skiskytterforbund 2012).

Pulsen utøverne har når de kommer inn til skyting ligger ofte rundt 85-90% av  $HF_{max}$ . Dette medfører at det vil bli betydelig vanskeligere å treffe blinken enn om utøveren befinner seg i hvilemodus (Sjøguist, 1978).

Konkurranseselectet på junior og senior nivå kan deles inn i fire individuelle distanser. Dette er sprint, jaktstart, fellesstart og normalprogram (Norges skiskytterforbund, 2014b). Alle øvelser unntatt normalprogrammet har en strafferunde på 150 meter ved bom, da det under normalprogrammet ilegges utøverne 1 min tillegg pr bom (Norges

skiskytterforbund, 2014b). I tabell 1 nedenfor kan man se en oversikt over de ulike distansene for junior og senior. L og S står i denne sammenhengen for skyteprogrammet under øvelsen, der L= Liggende og S =Stående.

**Tabell 1:** *Distanseprogram klasse 17-senior (Norges skiskytterforbund)*

	Sprint (L-S)	Jaktstart (L-L-S-S)	Fellesstart ( L-L-S-S)	Normalprogram ( L-S-L-S)
Kvinner 17-19	6 km	7,5 km	7,5 km	10 km
Kvinner 20-21	7,5 km	10 km	10 km	12,5 km
Kvinner Senior	7,5 km	10 km	12,5 km	15 km
Menn 17-19	7,5 km	10 km	10 km	12,5 km
Menn 20-21	10 km	12,5 km	12,5 km	15 km
Menn Senior	10 km	12,5 km	15 km	20 km

Hvis man ser på de fem beste kvinnene i hver sprintkonkurransene (9 stk.) i verdenscupen og OL 2013/2014 ser man at de har en gjennomsnittlig treffprosent på 97.6. Men under alle normalprogrammene (3 stk.) hadde de en gjennomsnittlig

treffprosent på 94 (IBU, 2014). De fem beste herrene i hver sprintkonkurransene (9 stk.) i verdenscup og OL 2013/2014 hadde en gjennomsnittlig treffprosent på 97.1, mens de på normalprogrammene (3 stk.) hadde en gjennomsnittlig treffprosent på

96.3 (IBU, 2014). Hvis man ser på de fem beste herrene (20-21) under junior-VM i 2014 hadde de på sprintdistansen en gjennomsnittlig treffprosent på 90. På normalprogrammet hadde de en gjennomsnittlig treffprosent på 95. Gjennomsnittet blant kvinnene (20-21) var på de fem beste 88 % på sprinten, mens de på normalen hadde en gjennomsnittlig treffprosent på 94 % (IBU, 2014).

### Krav til langrennskapasitet

Tidligere forskning på langrennsløpere og skiskyttere har påpekt at de fysiologiske begrensningene for prestasjon er som følger: Et høyt maksimalt oksygenopptak, ( $VO_{2max}$ ), (Holmberg 2007; Rusko 2003; Ingjer 1991; Aasen et.al 2005), god arbeidsøkonomi (Q) (Rusko 2003), og høy anaerob terskel (Brooks 1985; Sandbakk & Tønnessen 2012;). Skiskyttere har i tillegg et høyt arbeidskrav når gjelder mentale og tekniske ferdigheter i forbindelse med skytingen (Aasen et.al 2005). Arbeidsøkonomi, høy  $VO_{2max}$  og høy anaerob terskel har også vist seg å være meget sentralt i en rekke andre utholdenhetsidretter som for eksempel løping og sykkel (Coyle 1988; Coyle 1995; Farrel 1979; Hagberg 1983). Disse studiene har vist at  $VO_{2max}$ , oksygenopptak ved anaerob terskel, hastighet ved anaerob terskel, submaksimal arbeidsøkonomi og

andel langsomme muskelfibre er de sterkeste prediktorene for prestasjon i utholdenhetsidretter. Seiler (2011) påpekte også at sportsspesifikk testing er av avgjørende betydning for å forutse en prestasjon.

### $VO_{2max}$

$VO_{2max}$  kan defineres som et mål på kroppens maksimale evne til å ta opp og omsette oksygen pr tidsenhet (Basset & Howley, 2000).  $VO_{2max}$  er sett på som den enkeltstående viktigste fysiologiske faktoren i langrenn og skiskyting (Bergh 1987; Ingjer 1991; Mahood 2001; Larson et.al 2006; Rusko 2003). Dette til tross for at skiskyting er en meget kompleks idrett. Den stiller høye krav til omstillingsevne i forhold til bevegelsesmønster, terreng, grad av stigninger, hastighet og teknikker.

Man kan si at  $VO_{2max}$  begrenses av tre forhold. Den maksimale oksygentransporten, sammensetning av skjelettmuskulatur og dens evne til å ta opp å forbruke oksygen, og kroppsvakta til personen (Saunders et.al, 2004).

Oksygentransporten vil innebære oksygenleveransen man inhalerer til dannelsen av ATP (adenosine triphosphate) (Saltin et.al 1995, Helgerud et.al 2007). De fysiologiske faktorene som påvirker oksygenleveransen vil være hjertefrekvens, minuttvolum, slagvolum,

hemoglobinnivå og blodvolum (Saltin et.al 1995, Helgerud et.al 2007). Kroppsvekt og sammensetning av denne står også sentralt. Aktiv muskelmasse vil trenge en viss mengde muskelmasse å ha oksygenopptak i, fettmengde, samt skjelettmusklernes evne til å ta å forbruke den oksygen som er tilgjengelig (Torvik, 2007).

### Anaerob terskel

En rekke studier (Brooks 1985; Sandbakk & Tønnessen 2012) har vist at anaerob terskel er en faktor som er viktig for prestasjon i utholdenhetsidretter selv om dette er tydeligst i sykliske idretter som løping og sykkel. Anaerob terskel defineres som den høyeste arbeidsintensitet på puls eller oksygenopptak der det er likevekt mellom produksjon og eliminasjon av laktat ( $\text{La}^-$ ) i blodet (Brooks 1985; Kent 2006). Laktat ( $\text{La}^-$ ) vil være det normale endepunktet ved en anaerob nedbryting av energikilden glukose. Har man tilstrekkelig oksygen tilstede vil glukose brytes ned til vann og karbondioksid.  $\text{La}^-$  vil dannes når man ikke har tilstrekkelig med oksygen tilsted i nedbrytingen (Urdahl et.al 2008). Anaerob terskel vil da enten være begrenset av prosentvis  $\text{VO}_{2\text{max}}$  eller  $\text{HF}_{\text{max}}$ . De største begrensningene av anaerob terskel vil da være  $\text{VO}_{2\text{max}}$ , muskelfibrenes rekrutteringsmønster, evne til å fjerne den

oppnopede laktaten ( $\text{La}^-$ ) og kroppens evne til fettforbrenning (Klausen et.al, 1981).

4.0  $\text{mmol}^{-1}$  anses for å være den høyeste konsentrasjonen av laktat hvor det er likevekt mellom produksjon og eliminasjon av  $\text{La}^-$  (altså anaerob terskel). Denne metoden kritiseres derimot av Sjödin (1982) og Hollman (1985) på grunn av at flere utøvere ikke klarer å oppnå slike verdier under konkurranser og trening. De mener dette kan være et problem fordi vi ikke forstår de metabolske betydningene av laktat. Hem, E & Leirstein, S (2004) påstår at den anaerobe terskelen kan finnes ved å ta oppvarmingsverdien  $+1,5\text{mmol}^{-1}$  for å fastsette anaerob terskel. Denne metoden vil på sin side avhenge helt av oppvarmingens art, der belastningen må kunne velges ut ifra visse standarder som f.eks. løpshastighet og puls, i forhold til utøverens oksygenopptak og arbeidsøkonomi.

Det er gjort målinger av langrennsløpere som viser at de ligger mellom 90 % og 82 % av  $\text{VO}_{2\text{max}}$  under henholdsvis korte og lange løp (Hoffman, 1991). Dette betyr at utøverne stort sett ligger rundt anaerob terskel i en konkurransesituasjon. Innen langrenn er det også beregnet at utøverne på distanser fra 10-50 km benytter henholdsvis 15-5 % anaerobt arbeid (Sandbakk & Tønnesen 2012).

## Arbeidsøkonomi

Arbeidsøkonomi utgjør sammen med  $VO_{2max}$  og anaerob terskel de tre forhold som omfatter aerob utholdenhetsprestasjon (Pate & Kriska 1984).

Evnen til å utnytte metabolsk energi til mekanisk arbeid er en nøkkelfaktor i utholdenhetsidretter (Basset og Howley 2000). Arbeidsøkonomi kan defineres som et mål på hvor mye energi en utøver må bruke ved en bestemt distanse eller fart (Aasen, et.al 2010).

Innenfor løping vil biomekaniske, metabolske, fysiologiske, og antropometriske faktorer spille inn når det gjelder arbeidsøkonomien (Saunders et.al 2004). I skiskyting vil tilsvarende faktorer som ved løping påvirke arbeidsøkonomien, men også ytre faktorer kan ha en avgjørende betydning for arbeidsøkonomien. Dette kan eksempelvis være vind, temperatur, snøforhold, og utstyr (ski, smøring, gevær, sko og staver). Arbeidsøkonomien vil fortelle oss hvor effektivt den enkelte utøveren arbeider ved ulike belastninger. Hvis utøveren klarer å forbedre arbeidsøkonomien kan utøveren klare å holde en høyere hastighet på samme energiomsetning eller oksygenopptak (Larsen, 2003). Sandbakk et.al (2013) viste at brattheten på motbakken påvirket arbeidsøkonomien, og at gode skiløpere, både menn og kvinner, gikk mer effektivt

ved brattere motbakke enn dårligere skiløpere.

Teknikk vil være en vesentlig del av en utøvers arbeidsøkonomi. I tillegg til musklenes kontraksjonshastighet/effektivitet, muskelfibrenes sammensetning og samspillet mellom musklene. Teknikk kan defineres som best mulig timing mellom de ulike kroppsdelene og underlaget man beveger seg på (Holmberg et.al 2005). Rusko (2003) peker på at det er de store linjene som er viktig for en god teknikk og ikke detaljene. Fremdrift er det viktigste punktet for en god teknikk, der komponentene (armer og ben) av reaksjonskraften som går i fartsretningen vil bli avgjørende for dette (Rusko 2003).

Innenfor skøyting skiller man bevegelsesmønstret mellom enkeltteknikkene enkeldans, dobbeldans, padling, friskøyting og utforstilling (Rusko, 2003). Ottesen og Torvik (2001) peker på at basisferdigheter på ski er viktige for å klare å utføre riktig teknikk. Rytme, balanse, kanting av ski, sansing, tynggeoverføring, stabilitet, dynamikk, utholdenhet, styrke og evnen utøveren har til å gli på skia er alle faktorer som kan påvirke det endelige utfallet av tekniske løsninger innenfor langrennsteknikken (Ottesen og Torvik 2001). Gjerset et.al (2012) beskriver spesifikk trening som et



viktig element. Spesifisitetsprinsippet beskriver at man må trene på de man ønsker å bli bedre på (Gjerset et.al 2012).

Dobbeldans er den teknikken som er mest effektiv innenfor skøyting (Andersen og Nymoen, 1991). Sandbakk (2011) viste i sin forskning at bedre skiløpere i større grad brukte dobbeldans, sammenlignet med mindre gode langrennsløpere.

Dobbeldans har i større grad tatt over for padling de siste årene (Svartdal, 2010). Det er ofte i slake motbakker dobbeldans har tatt over for padling (Losnegard, 2009). Losnegard (2009) peker på at det er den maksimale styrketrening som har gjort det mulig at dobbeldans har overtatt for padling.

Styrken er blitt et viktigere aspekt enn det var tidligere, og i dobbeldans brukes overkroppen mer (Losnegard, 2009). Forskning viser at de beste utøverne er sterkere i overkroppen, går mer lønnsomt arbeidsøkonomisk, og er raskere under konkurranser enn utøvere på et lavere nivå (Mikkola, 2010). Mikkola hevder også at eliteutøvere bør trene spesifikk styrke rettet mot overkroppen for å utvikle evnen til å rykke og spurte innenfor dobbeldans.

Holmberg (1996) antyder at i langrenn og skiskyting forbedres arbeidsøkonomien med så mye som 50 % ved å forbedre

teknikken. Hvis Holmbergs (1996) antydning stemmer vil utøvere ha store muligheter til å utvikle prestasjon i skiskyting kun ved å bedre arbeidsøkonomien, altså uten at  $VO_{2max}$  og anaerob terskel utvikles. Gode tekniske løsninger i langrenn og skiskyting kjennetegnes ofte av et godt samspill mellom overkropp og beinarbeid. Dette gir gode forutsetninger for en stor fremdrift gjennom hele løpet (Sandbakk og Tønnessen 2012).

Ny forskning har undersøkt den fysiske delen som er relatert til effektivitet innenfor langrennsteknikken. Forbedret styrke og kraft har vist seg å påvirke arbeidsøkonomien og ytelsen på ski (Hoff, et.al 1999; Mikkola et.al 2007; Osteras et. al 2002). Dessuten, bedre skiløpere ser ut til å bruke en lengre syklus lengde, med en tilsvarende syklus hastighet. Differansen i sykluslengde tror man skyldes forskjellen i styrke og kraft som utøveren klarer å skape, (Bilodeau et.al 1996; Lindinger et.al 2009; Stoggel et.al 2007), dette så vel som det tekniske aspektet (Biladeau et.al 1996; Stoggel and Muller 2009).

Sandbakk & Tønnessen (2012) legger vekt på at hastigheten bestemmer hvor langt man kommer pr tak, som også kan kalles syklusveien man går med. Farten vil økes gjennom en økt syklusvei eller frekvens. Sandbakk og Tønnessen (2012) påstår også

at syklusveien er den viktigste faktoren som skiller bedre skiløpere fra dårligere. Syklusveien økes gjennom å øke kraftimpulsen eller få en mer effektiv utnyttelse av kraften, det som kalles et bedre «treff» (Sandbakk og Tønnessen 2012).

Det som avgjør farten i de fleste teknikker i langrenn og skiskyting er summen av skyvet med ski og staver (Sandbakk og Tønnessen 2012). Teknikken sitter godt når man kjenner at kraften går igjennom kroppen og man «treffer» på hvert skyv (Sandbakk og Tønnessen 2012).

Kraftimpulsen man legger i hvert skyv peker Sandbakk og Tønnessen (2012) på som en viktig faktor innen skøyting. En effektiv teknikk kjennetegnes da av at kraftimpulsen blir skapt av skyvekraften som skapes vinkelrett på skiene, og vinklingen av skiene. For best mulig utnyttelse av skyvekraften bør den gå gjennom kroppens tyngdepunkt og akselerere kroppen i bevegelsesretningen (Sandbakk og Tønnessen 2012).

Forskjellige terrengetyper kan avgjøre hvilken frekvens man skal bruke, da dette vil virke som et «girsystem» (Sandbakk og Tønnessen 2012).

## Hva forskningen sier om hvordan geværet påvirker det fysiologiske aspektet og de tekniske løsningene

Rundell, K. & Szmedra, L. (1997) gjorde et forsøk på det amerikanske landslaget i skiskyting. Syv kvinner og åtte menn fra henholdsvis elitelaget for kvinner og juniorlandslaget for menn deltok i forsøket. Utøverne gjennomførte en rulleskitest på tredemølle der de gikk på 8.8 km/t, 9.6 km/t, og 10.4 km/t i dobbeldans på 8% stigning. Utøverne gikk 5 min på hvert trinn, og hadde en 10 minutters pause mellom hver trinn. Der ble laktat ( $La^-$ ), hjertefrekvens(HF), oksygenopptak ( $VO_2$ ) og  $V_E$  (respirasjon) testet. Utøverne gikk den samme testen med og uten geværet på ryggen.

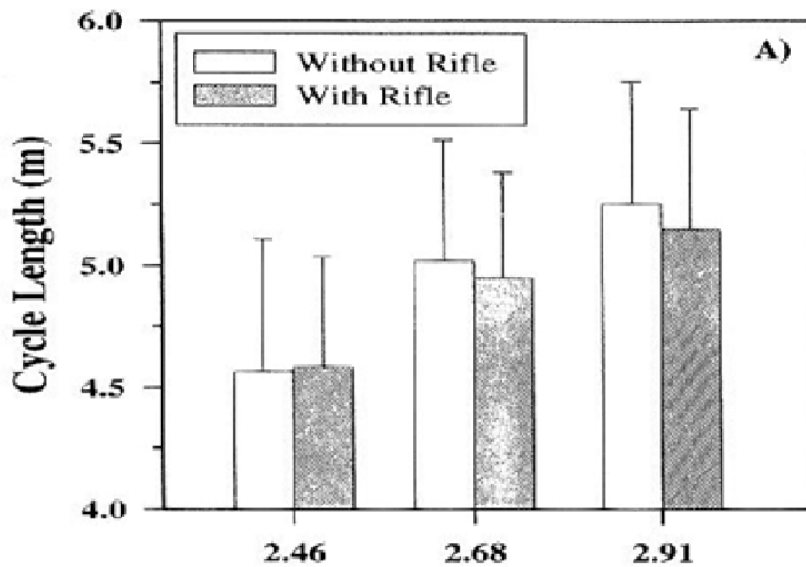
Rundell, K.& Szmedra, L (1997) fant ut at blant kvinnene var HF,  $V_E$ ,  $VO_2$  signifikant høyere ( $P<0.05$ ) på alle hastigheter med våpenet på ryggen. Laktaten derimot var kun signifikant høyere ( $P<0.05$ ) på 10.4 km/t med geværet på ryggen. Herrene testet signifikant høyere ( $P< 0.05$ ) på  $VO_2$  og  $V_E$  med geværet på ryggen. HF og  $La^-$  verdiene var signifikant høyere ( $P<0.05$ ) på 9.6 km/t og 10.4 km/, men ikke på den laveste farten 8.8 km/t.

Geværets vekt angitt som prosent av kroppsmasse var signifikant høyere( $P<0.05$ ) hos kvinner enn hos menn

6.6 (SD 0.7) % vs 5.0 (SD 0.3) %.

Kvinnene testet en prosentvis høyere HF med geværet på 8.8 km/t, men ikke på 9.6 km/t og 10.4 km/t. Den prosentvise økningen av  $VO_2$  forbruk pr kg belastning (vekt av gevær) ble testet 2.1% og 1.3 % henholdsvis for kvinner og menn (Rundell, K.& Szmedra, L. 1997).

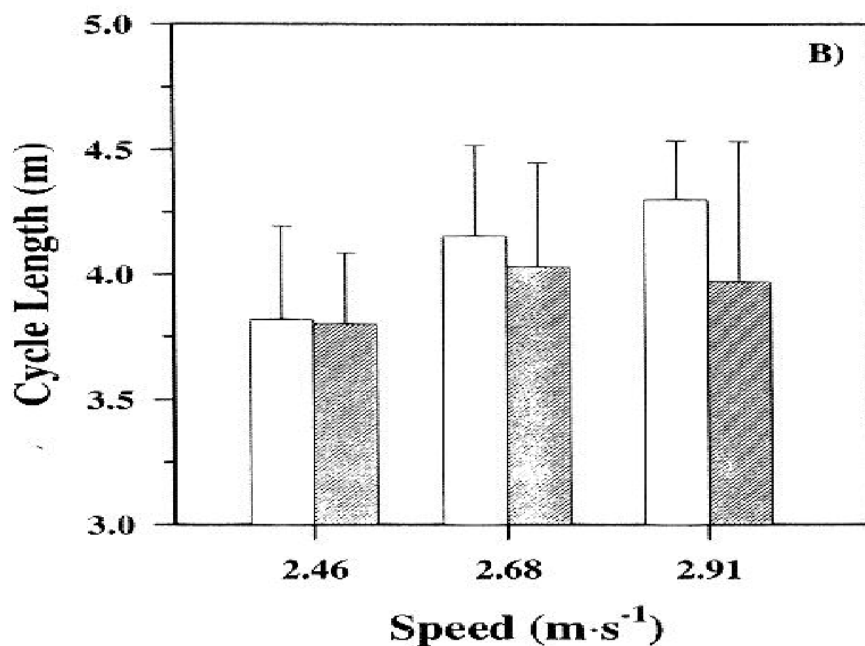
Det ble også gjennomført en analyse av syklus lengde når utøverne gikk på tredemølla. Forskerne gikk her igjennom og så på hvor langt utøverne kom pr syklus de gjorde i dobbeldans. Der fant Rundell, K.& Szmedra, L. ut at utøverne kom signifikant lengre ( $P<0.05$ ) pr syklus når de gikk uten gevær.



**Figur 1:** Rundell, K.& Szmedra, L. (1997) Analyse av de kvinnelige utøvernes sykluslengder i dobbeldans.

Figur 1 viser at utøverne signifikant ( $P<0.05$ ) kommer lengere pr syklus når de

går uten gevær enn når de går med gevær. Lengden pr syklus er oppgitt i m/s.



**Figur 2:** Rundell, K.& Szmedra, L. (1997). Sykluslengde for Amerikanske jr. landslaget i skyting med og uten gevær. De hvite søylene beskriver her lengden uten gevær

Figur 2 viser at de amerikanske junior herrene signifikant kommer lengre ( $P < 0.05$ ) pr syklus når de går uten gevær, enn når de går med geværet.

Stöggel et.al (2014) gjorde et forsøk med elite-skiskyttere (5 menn og 5 kvinner). FP gikk på rullskimølle med gevær og uten. Forsøkspersonene (FP) gjennomførte først et submaksimalt drag (8.7 % stigning) 5 min (82-87 av  $HF_{max}$ ) på 8 og 6 km/t, for henholdsvis kvinner og menn. Deretter gjennomførte FP et 3 min drag på konkurransefart (95 % av  $HF_{max}$ ) gjennomsnitt 10.7 (SD 0.8) og 7.7(SD 0.9) km/t -10 min aktiv pause, før dragene ble gjentatt.  $VO_2$  forbruk,  $La^{-1}$ , syklus frekvens og syklus lengde ble registret.

Stöggel et.al (2014) fant ut at det var en signifikant forskjell ( $P < 0.01$ ) i  $VO_2$  forbruk (2.5 % høyere),  $La^{-1}$ (15.1% høyere), syklus frekvens (2% høyere) og syklus lengde (1.8% lavere) med gevær vs uten.

## Metode

### Problemstilling

Påvirkes arbeidsøkonomien hos skiskyttere av om de går med eller uten gevær i dobbeldans?

Hensikten med denne undersøkelsen å finne ut om arbeidsøkonomien til skiskyttere forandres om utøveren går med eller uten gevær på ryggen. Grunnen til dette er at man ofte ser at skiskyttere driver ski og rulleskitrening uten gevær. Spørsmålet vil da være om dette er hensiktsmessig i forhold til at idretten krever at geværet skal være på ryggen under konkurranse. Dette gjelder for klassene 17 år til senior, som også vil være innenfor denne oppgavenes aldersgruppe. HF, laktat,  $VO_2$  forbruk og følt anstrengelse ble brukt som mål på dette. Det ble brukt en analyse av aerob MR, work rate og gross efficiency som måleparameter for å si noe om arbeidsøkonomien. Syklus lengde og syklus frekvens ble også brukt for å si noe om arbeidsøkonomien til forsøkspersonene.

### Metode

Forsøkspersonene (FP) i denne studien var 8 godt trente mannlige skiskyttere i alderen 17 til 23 år. Kravet for å delta i forsøket var at de aktivt gikk norgescup. Studien

var godkjent av Høgskolen i Nord-Trøndelag og er utført i henhold til Helsinki- deklarasjonen som omhandler mennesker i forskning. FP var informert om studiens hensikt før de ble med på studien, og de kunne når som helst trekke seg fra studien uten å begrunne dette.

### Forsøkspersonene (FP)

8 mannlige skiskyttere deltok i studien. FP var i gjennomsnitt 18.8 år (SD 2.41), 76.5 kg tung (SD 7.7), 182 cm høy (SD 6.3), 198 i HF max (SD 5.8), og hadde et oksygenopptak på  $70.2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  (SD 6.08). Alle FP var kjent med å gå på rulleski på tredemølle og behersket dobbeldans som ble brukt i alle tester. Alle FP var også kjent med å gå på rulleski med gevær på ryggen, og samtlige brukte sitt personlige våpen under testen. Våpenet var identisk med det de bruker under konkurranser, unntatt ammunisjon som ble utelatt fra testen grunnet sikkerhetshensyn. Gjennomsnittsvekten for alle våpnene var på 4.15 kg (SD 0.15). Forsøkspersonene ble bedt om å spise senest 2 timer før testen, og forberede seg på samme måte som de skulle gjennomført en intensiv treningsøkt eller konkurranse.

## Instrumenter og utstyr som ble brukt under forsøket

Alle testene ble gjennomført på 3D-mølle Rodby RL 3500 E (Sverige) med en stigningsgrad på 5 %. Jager oksygenopptaks måler (Oxycon pro, Tyskland) ble brukt til å smale opp utåndingsluften til et miksekammer der innhold av oksygen og CO<sub>2</sub> ble analysert. Alle FP brukte nesteklype over nesen slik at all oksygen ble sentrert gjennom munnstykket.

HF målinger ble utført med Polar RCX 3 pulsklokke (Finland) med tilhørende pulsbelte av merket Polar wearlink (Finland). Laktatmålinger ble gjennomført med en måler av typen Lactate Pro (Tyskland). FP benyttet samme type Swenor Rulleski (Sverige) med rullestand 2. Alle FP benyttet egne skisko, men hadde henholdsvis NNN (Norge) og Salomon SNS (Frankrike) bindinger på rulleskiene. Skistavene som ble benyttet var av typen Swix CT1 (Norge), og hadde spesiallagde pigger (1x1.5 cm) for å unngå at 3D mølla ble skadet og at stavene fikk tilstrekkelig med friksjon under testen.

For måling av subjektiv opplevelse i forhold til belastning ble Borgskalaen brukt, skala for beskrivelse av anstrengelse fra 6-20, utviklet av Gunnar Borg (Danmark).

## Prosedyre for testen

Alle testene ble gjennomført på Meråker videregående skole sin testlab.

### Testprosedyre test 1

Testen startet med at utøverne ble bedt om å løpe 10 minutter på tredemølle på 60-75 % av HF maks. Deretter skulle utøverne skifte sko og gå direkte over til rulleskimøllen. Der skulle FP gå i 10 minutter med gevær, der de trinnvis skulle nærme seg sin personlige I3- sone. På de siste to minuttene skulle FP ligge innenfor 82- 87 % av HF<sub>max</sub> Neste steg var at hastigheten de gjennomførte på I3 ble skrudd opp 2 km/t, og de skulle opp i en I4 (87-92 % HF<sub>max</sub>) fart (Gjennomsnitt 14.2 km/t SD 1.75)

I4 draget var på 5 minutter, etter 2.5 minutter ble oksygenmåleren ført inn i munnen på FP. Ved endt drag ble HF registrert og det ble også etter endt drag foretatt en laktatmåling. Den fingeren det ble tatt prøve av ble tørket og vasket, før den ble stukket med engangs nål. Den første bloddråpen som kom frem ble tørket bort før prøven ble tatt. Underveis i I4 draget ble det gjennomført filming av utøverne fra siden. Dette for å se antall sykluser utøverne brukte pr min på draget.

Det siste draget ble gjennomført som en trinnvis O<sub>2</sub> test. Utøveren startet med en

fart på 2 km/t lavere enn sin I3 fart. Deretter økte farten med 2 km/t pr minutt. FP gikk helt til utmattelse. HF og  $VO_{2\text{ max}}$  ble registret. FP ble også bedt om å beskrive anstrengelsesgraden ved hjelp av Borg- skalaen (Gunnar Borg, Danmark).

### Testprosedyre test 2

Test to ble lagt minimum 48 timer etter den første testen. Alle FP fikk beskjed om å lade opp identisk som på test 1. Test to ble gjennomført nøyaktig lik test en, unntatt at her skulle de gå uten gevær. All data ble samlet på identisk samme måte som på den første testen.

### Statistisk analyse

Alle resultatene fra testene er rapportert ført inn i Windows Microsoft Excel (2013). Det ble brukt søylediagram for å beskrive variasjonen på testene. I tillegg ble resultatene ført inn som gjennomsnitt og  $SD \pm$ .  $P \leq 0.05$  ble brukt som mål på at dataene var statistisk signifikant, og det ble brukt en paret t-test med kryssdesign for sammenligning av gjennomsnittet. Kryssdesign ble brukt for å hindre læringseffekten mellom testene, slik at validiteten ble høyst mulig.

## Resultat

Resultatet i denne undersøkelsen omhandler metabolske forhold ved skiskyttere og den ekstra belastningen geværet medfører. Geværet veier minimum 3.5 kg, noe som medfører en ekstra energikostnad målt i oksygenopptak for FP med i snitt en  $VO_2$  på  $1.9 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (SD 6.7). Dette var en signifikant ( $P<0.01$ ) forskjell i arbeidsøkonomi.

**Tabell 2:** Viser forsøksgruppens fysiologiske parameter med og uten gevær på ryggen.

	FP ( n= 8 )	FP ( n=8 )
	Med gevær	Uten gevær
$VO_2 \text{ max}$ ( $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$5.20 \pm 0.39$	$5.27 \pm 0.45$
$VO_2 \text{ max}$ ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$68.4 \pm 6.5$	$69.4 \pm 5.8$
$VO_2 \text{ I4}$ ( $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$4.20 \pm 0.32$	$4.07 \pm 0.31^{**}$
$VO_2 \text{ I4}$ ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$55.6 \pm 6.9$	$53.7 \pm 6.6^{***}$
$HF_{\text{max}}$	$197 \pm 4.5$	$197 \pm 3.8$
Laktat ( $\text{La}^-$ )	$4.6 \pm 2.3$	$3.3 \pm 1.8^{**}$
Syklus frekvens (pr min)	$61.5 \pm 5.3$	$57 \pm 6.7^{***}$
Syklus lengde (m)	$3.98 \pm 0.78$	$4.36 \pm 0.85^{**}$
Borg I3	$11.8 \pm 1.3$	$11.1 \pm 2.1$
Borg Utmattelse	$18.6 \pm 0.9$	$19.1 \pm 0.6$
Vekt kg (Geværvekt utelatt)	$76.4 \pm 7.6$	$76.5 \pm 7.8$
$V_E$ ( $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$197 \pm 21.0$	$198 \pm 19.7$
RER	$1.15 \pm 0.05$	$1.13 \pm 0.06$

Verdiene er angitt i gjennomsnitt  $\pm$  SD. Vekt kg er geværets vekt utelatt fra parametere.

\*, \*\*, \*\*\* Angir et statistisk signifikant nivå på henholdsvis  $p < 0.1$ ,  $0.05$ ,  $0.01$

Tabell 2 viser FP maksimale oksygenopptak ( $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Det var ingen signifikant forskjell ( $P=0.38$ ) mellom det maksimale oksygenopptaket målt med gevær vs. uten gevær, målt i  $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ . Forskningen viste heller ingen signifikante forskjeller ( $P=0.37$ ) i maksimalt oksygenopptak ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) når FP gikk med og uten gevær. Testresultatene viste en signifikant forskjell ( $P<0.02$ ) i oksygenopptaket ( $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ) på I4. Forskningen viste her en differanse på 0.13, og en forskjell på 3.2 % høyere forbruk av oksygen når utøverne gikk med gevær enn uten. Ser man på oksygenopptaket ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) på I4 viser forskningen her en differanse på 1.9 og at oksygenforbruket var 3.5 % høyere med gevær enn uten. Testresultatene viste her en signifikant forskjell ( $P<0.01$ )

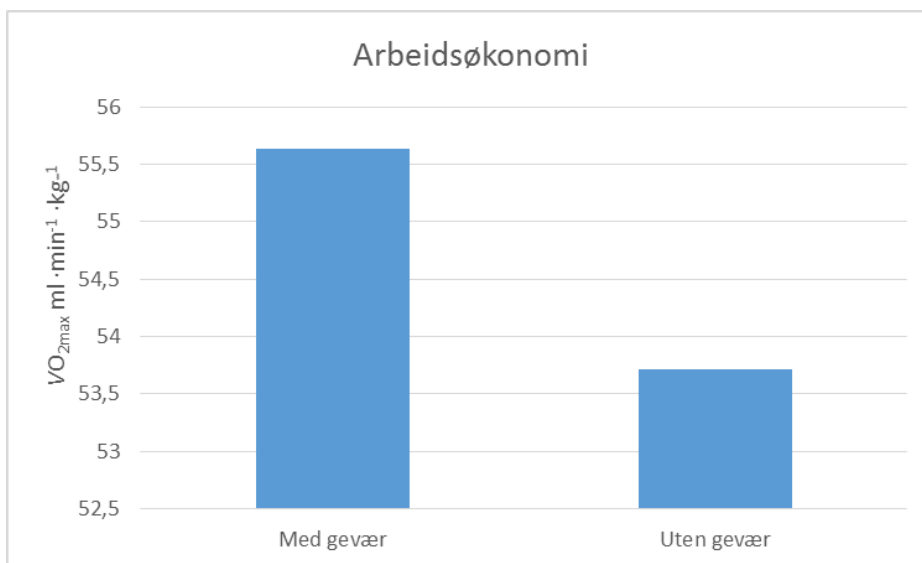


Laktatverdiene ( $\text{mmol}^{-1}$ ) hos FP viste seg å være statistisk forskjellige ( $P < 0.02$ ). Differansen i verdiene var på 1.2 og FP testet 27 % høyere laktat med gevær enn uten gevær.

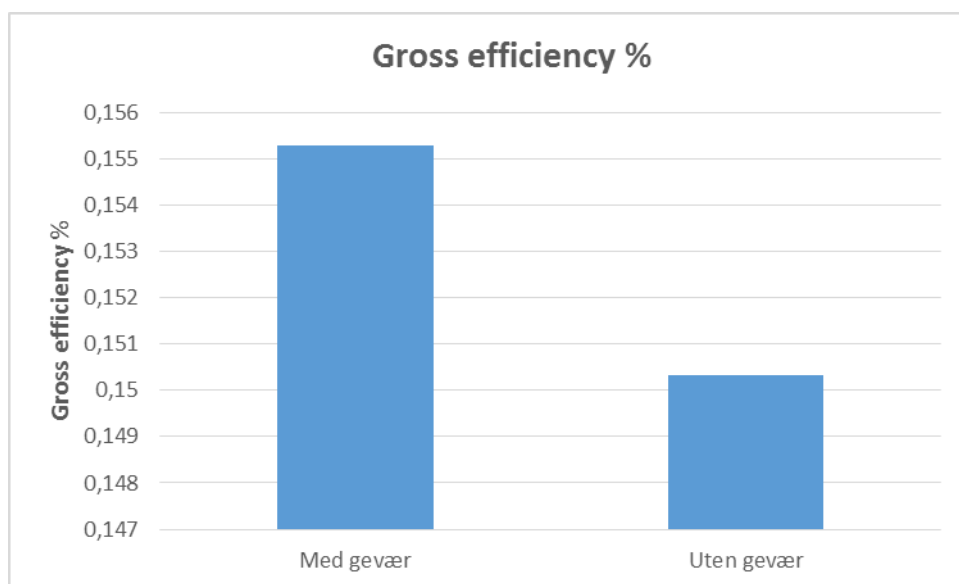
Forskningen viste en signifikant forskjell ( $P < 0.01$ ) i FP`s sykklus frekvens pr minutt. Gjennomsnittlig differanse var på 4.7 pr minutt og FP brukte i gjennomsnitt 7.6 % flere sykluser når de gikk med gevær enn går de gikk uten. Testresultatene viste i tillegg at det var en signifikant forskjell ( $P < 0.02$ ) i sykklus lengde med og uten gevær. Differansen var på 0.38 meter og FP gikk 8.7 % kortere pr sykklus når de gikk med gevær vs. uten.

På subjektivt opplevd anstrengelse (Borg) på I3 viste forskningen en differanse på 0.75 og at FP`s anstrengelse var 6.7 % høyere med gevær enn uten gevær. Data var likevel ikke signifikant forskjellig ( $P < 0.1$ ) på FP`s subjektive opplevelse. Det var heller ingen signifikant forskjell ( $P < 0.1$ ) på FP`s subjektive opplevelse av anstrengelsesgraden ved test slutt. Differansen var på 0.5 og FP opplevde at anstrengelsen var 2.6 % tyngre uten gevær vs. med gevær.

Videre finnes det ingen signifikant forskjell i FP`s  $\text{HR}_{\max}$  ( $P=0.90$ ),  $V_E$  ( $P=0.53$ ),  $\text{RER}$  ( $P=0.12$ ) eller vekt ( $P=0.65$ )



**Figur 3:** Viser hvor mye energi ( $\text{VO}_{2\max} \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) FP brukte på I4 fart med og uten gevær. Data viser en signifikant forskjell ( $P < 0.01$ ) i arbeidsøkonomien (bestemt fart) hos FP. Testresultatene viste her en differanse på 1.9 og at FP brukte 3.5 % mere energi på en gitt fart (I4) med gevær enn uten gevær.



**Figur 4:** Viser % av Work Rate (Watt)/ anaerob metabolic rate (brukt energi) = % gross efficiency (% av energi som fører til fremdrift)

Data i figur 4 baserer seg på regnestykket Work rate (energi til fremdrift) delt på anaerob metabolic rate (brukt energi) = % Gross efficiency (% av energien som går med til fremdrift). Data i denne undersøkelsen viste at mengden kraft som skapte fremdrift (Work Rate eller Watt) var 6 % høyere med gevær enn uten. Dette utgjorde imidlertid ingen signifikant ( $P=0.56$ ) forskjell. Samtidig viser data at det er en signifikant forskjell ( $P<0.05$ ) i gross efficiency med og uten gevær. Differansen er på 0.50 og data viser at FP bruker 3.3 % mer energi til fremdrift med gevær enn uten. Skiskyttere er mere effektive med gevær på ryggen enn uten.

## Diskusjon

Hovedfunnet i denne studien er at det er en signifikant forskjell ( $P<0.05$ ) i FP's arbeidsøkonomi med og uten gevær. Resultatene viser at oksygenforbruket ved I4 er høyere med gevær, noe som betyr at arbeidet kostet mer, og man kan igjen påstå arbeidsøkonomien blir dårligere med gevær enn uten.

Sandbakk & Tønnesen (2012) peker på at endringer i kroppssammensetning fører til bedre og mer effektiv arbeidsøkonomi. Geværets vekt var i gjennomsnitt 4.15 kg. Med dette kan man si at FP får en negativ rettet kroppssammensetning med at geværet påfører en ekstra vekt. FP skal flytte en større kroppsmasse, noe vil kreve

et større arbeid med de samme fysiologiske forutsetningene.

Studien viser i tillegg at det er en signifikant forskjell ( $P < 0.05$ ) i gross efficiency. FP nyttiggjorde seg av en større andel energi som ble laget, til å skape fremdrift med gevær enn uten. Med dette kan man si at kroppen jobber mer effektivt med gevær enn uten gevær. Resterende energi vil gå med til varme og å holde kroppens funksjoner i gang, eller den forsvinner som en energilekkasje på grunn av at teknikken blir lite hensiktsmessig. Det kan synes unaturlig at FP ble mer effektiv når de ble tyngre, men årsaken til dette kan være at de tvinges til å være mer økonomisk når belastningen økes. Samtidig kan det tenkes at de er mer spesifikt trent med gevær. Dette er i samsvar med Gjerset et.al's (2006) konklusjon om at treningen må være spesifikt rettet. Spesifisitetsprinsippet forklarer at treningen må ha en likhet med det man trener for. FP gjennomfører sannsynligvis flere timer I3- I5 (trening og konkurranse) i løpet av et år med gevær enn uten. Rusko (2003) sier at sensorer rundt om i kroppen gir beskjed om hvilke bevegelser som skal foretas. Dette kan tenkes å føre til at mer effektive bevegelser foretrekkes når belastningen økes. Gjennom mye trening vil etter hvert kroppen memorere disse bevegelsene, og

få automatisert dem. Dette kan være med å forklare hvorfor data viser at FP nyttiggjør seg av mer energien til å skape fremdrift med gevær vs. uten. Det er sannsynlig at en skiskytter har gjennomført mer trening med gevær på ruller enn uten gevær, og i større grad fått memorert/automatisert de bevegelsene som brukes under arbeidet. Ved en større andel memorerte/ automatiserte bevegelser, kan energilekkasjen i teknikken bli redusert med gevær vs. uten.

Det nest viktigste funnet i studien var at det kom frem en signifikant forskjell i syklus frekvens ( $P < 0.01$ ) og syklus lengde ( $P < 0.05$ ) hos FP. Data viste at FP brukte 7.6 % flere sykluser, og de gikk tilsvarende 8.7 % kortere med gevær vs uten. Dette funnet samsvarer med studien til Stöggel et.al (2014) der de fant en signifikant forskjell ( $P < 0.01$ ) i syklus frekvens og lengde. Studien viste at FP måtte bruke 2 % høyere syklus frekvens, og tilsvarende gikk FP 1.8 % kortere pr syklus med gevær vs. uten. Begge studiene er gjort på tilnærmet samme belastning (henholdsvis 87-92 % og 95 % av  $HF_{max}$ ), og begge viser en signifikant forskjell ( $P < 0.01$  &  $P < 0.05$ ) og ( $P < 0.01$ ) i syklus frekvens og lengde. Det interessante blir da å se på den prosentvise differansen mellom de signifikante tallene vs stigningsgraden FP gikk på. FP i denne studien gikk på 5 %

stigning, mens FP i Stöggel et.al (2014) sin studie gikk på 8.7 % stigning. Data fra studien på utøverne i Meråker viste altså større differanse i syklus frekvens og lengde (7.6 % høyere frekvens og 8.7 kortere syklus lengde med gevær,) vs Stöggels studie (2 % høyere frekvens og 1.8 % kortere syklus lengde med gevær). Data for denne studien er hentet fra et gjennomsnitt på 14.2 km/t (SD 1.75) mot Stöggels studie gjennomsnitt 10.7 km/t (SD 0.8). Forskjellige terrengtyper kan avgjøre hvilken frekvens man skal bruke, da dette vil virke som et «girsystem» (Sandbakk og Tønnessen 2012). Sett i lys av dette kan man lure på om geværet påvirker teknikken mindre desto brattere stigning/ lavere fart utøvere går på.

Data viste videre at laktatproduksjon hos FP var signifikant forskjellig ( $P < 0.05$ ) med og uten gevær. FP måler 27 % høyere laktat med gevær vs uten. Dette funnet støttes av Stöggel et.al (2014) der det også var en signifikant forskjell ( $P < 0.01$ ) med og uten gevær. FP i Stöggel et.al's (2014) studie målte i gjennomsnitt 15 % høyere laktat med gevær vs uten. Dette kan sies å være et logisk funn på grunn av at FP øker vekten med minimum 3.5 kg. FP må da flytte en større masse med de samme fysiologiske forutsetningene, som igjen krever mer energi. Dette kan også forklares ved at FP's syklus frekvens økte. Høyere

frekvens kan føre til mer laktatproduksjon da kontraksjonshastigheten og viskosemotstand i muskelen øker. På den andre siden er også økt frekvens en vanlig mekanisme for å redusere kraft i hver muskelkontraksjon for å redusere laktatproduksjon (Åstrand & Rodahl 2003). På en standard fart valgte utøverne i denne studien å øke frekvens og redusere kraft (syklus lengde), men likevel økte laktat produksjon.

Ser man på  $VO_{2\max}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) ( $P=0.37$ ),  $HF_{\max}$  ( $P=0.90$ ), RER ( $P=0.12$ ), Borg utmattelse ( $P=0.10$ ) og vekt (kg) ( $P=0.65$ ) viser ingen av disse parameterne noen signifikante forskjeller med gevær og uten.  $HF_{\max}$ , Borg utmattelse og RER viser alle at det ikke var noen signifikant forskjell i hvor mye FP klarte å presse seg med gevær vs uten. Vekten viser i tillegg at det ikke var noen signifikante forskjeller i forhold til denne som kunne påvirke resultatet. Årsaken til at FP ikke fikk endret  $VO_{2\max}$  ved å gå med gevær, betyr bare at geværets innvirkning ikke var stor nok til å enten begrense oksygenopptaket eller stimulere kroppen til å ta opp mere oksygen ved maksimal belastning. Det kan tenkes at vekten av geværet medførte større kraftbehov og at det førte til større laktatproduksjon (økt  $H^+$ ). Dette kan hindre blodstrømmen og forbruk av  $O_2$  ute i muskelen (perifer motstand og begrensning), gjennom senket pH og et forhøyet antall frie  $H^+$  ioner inne i muskelcella. Dette så ikke ut til å være tilfellet her

## Konklusjon

Denne studien viser en signifikant forskjell ( $P < 0.05$ ) i utøvernes arbeidsøkonomi med og uten gevær. Utøverne brukte mer energi på en gitt fart (I4) med gevær vs uten.

Dette er logisk på grunn av at utøverne måtte flytte en større masse, med de samme fysiologiske forutsetningene.

Samtidig viste studien en signifikant forskjell ( $P < 0.05$ ) i gross efficiency med gevær vs uten. Utøverne nyttiggjorde seg en større andel av energien som ble laget, til å skape fremdrift med gevær vs. uten.

Studien viser også en forskjell i syklus frekvens og syklus lengde hos utøverne.

Utøverne bruker flere sykluser og kommer kortere med gevær vs uten.

## Praktiske konsekvenser

Data i denne studien indikerer at det er en forskjell i utøvernes arbeidsøkonomi med

gevær vs. uten. Utøverne bruker forskjellige tekniske løsninger med gevær vs. uten, noe geværets vekt og utforming sannsynligvis har skyld i. Dette innebærer at fremtidens skiskyttere bør tenke over hvor ofte de trener med geværet. Trening med geværet på ryggen gir mest spesifikk trening mot det man gjør i konkurranse. Samtidig må man huske på at trening med geværet på ryggen gir større muskulære påkjenninger ( $L_{a^+}$ ) hvis man ønsker å opprettholde farten på trening. Det vil samtidig være behov for mer forskning på området for å kunne si noe sikkert. Flere forsøkspersoner, kvinnelige utøvere, og utøvere på et høyere nivå vil kreves av forskningen i fremtiden.

## Litteraturliste

- Aasen, S.B., Frøynd, C., Madsen, Ø., Sæterdal, R., Tønnesen, E., & Wisnes, A.R (2005): *Utoldenhet som gir resultater. Akilles*
- Aasen, S.B (red), Frøynd C, Madsen Ø, Sæterdal R, Tønnesen E, Wisnes A (2010). *UTHOLDENHET- trening som gir resultater. Akilles forlag, Oslo.*
- Andersen I., Nymoen P. (1991), Langrenn: trening, teknikk, taktikk
- Basset D, Howley E T (2000) *Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. Department of Exercise Science and Sport Management, University of Tennessee, Knoxville 37996, USA.*
- Bergh U. (1987) the influence of body mass in cross-country skiing. *Med sci sports exerc* 19: 324-331, 1987
- Biledeau B, Rundell KW, Roy B, Boulay MR (1996) Kinematics of cross country ski racing.
- Brooks GA, (1985) Anaerobic threshold: review of concept and directions for future research competitive cross-country skiing.
- Coyle, E. F., A. R. Coggan, M. K. Hopper, and T. J. Walters. Determinants of endurance in well trained cyclists. *J. Appl. Physiol.* 64: 2622–2630, 1988
- Coyle, E. F. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 23: 25–64, 1995. ExternalResolverBasic
- Farrell, P. A., J. H. Wilmore, E. F. Coyle, J. E. Billing, and D. L. Costill. Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 11: 338–344, 1979.

- Gjerset, A., Holmestad, P., Raastad, T., Haugen, K., Giske, R. (2012) *Treningslære*. Gyldendal undervisning
- Hagberg, J. M., and E. F. Coyle. Physiological determinants of endurance performance as studied in competitive race walkers. *Med. Sci. Sports Exerc.* 15: 287–289, 1983. ExternalResolverBasic
- Helgerud J, Høydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, Simonsen T, Helgesen C, Hjorth N, Bach R och Hoff J (2007). Aerobic High-Intensity Intervals Improve VO<sub>2</sub> max More Than Moderate Training. *Med Sci Sports Exerc.* Vol. 39 no. 4 pp. 665-671.
- Hem E, Leirstein S, (2004) Testing av Utholdenhet.
- Hoffmann M D, Clifford P S (1991) Physiological aspects of competitive cross-country skiing. *J of Sport Sciences* p 3-27
- Hollmann W. (1985) Historical Remarks on the Development of the Aerobic-Anaerobic Threshold up to 1966
- Holmberg, H.C., (1996). *Svensk Längdåkning; Teknikk; Metodik*, Svenska Skidförbundet
- Holmberg HC, Lindinger S, Stöggl T, Eitzlmair E, Müller E. Biomechanical analysis Of double poling in elite cross-country skiers. *Med SciSports Exerc.* 2005 May;
- Ingjer, F (1991) Maximal oxygen uptake as a predictor of performance ability in women and men elite cross-country skiing. *J Sports sci* 1: 25-30, 1991
- Internasjonal biathlon union (IBU) 2014 Biathlonworld.  
<http://www4.biathlonworld.com/en/home.html> Lastet ned: 18.11.2014

- Kent M. Oxford dictionary of sports science and medicine. Oxford University press, Oxford UK, 2006.
  
- Klausen K, Andersen L B, Pelle I (1981). *Adaptive changes in work capacity, skeletal muscle capillarization and enzyme levels during training and detraining*. Acta Physiologica Scandinavica
  
- Larsen, H.B. (2003). Kenyan dominance in distance running. *Comparative Biochemistry and Physiology*. Part A. Molecular & Integrative Physiology, 136, 161-170.
  
- Larsson, Abigail J. (2006): Variations in Heart Rate at Blood Lactate threshold due to exercise mode in elite Cross-Country Skiers
  
- Lindinger SJ, Stoggl T, Muller E, Holmberg HC (2009) Control of speed during double poling technique performed by elite cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc* 41:210-220
  
- Losnegard, Thomas (2009), *Styrketrening i Langrenn* [Online], tilgjengelig: <http://www.nih.no/forskningsprosjekter-vednih/ftp/vare-funn-/styrketrening-i-langrenn/> lastet ned: 02.12.2014
  
- Mahood N V, Kenefick R W, Kertzer R och Quinn T J (2001). Physiological determinants of Cross-country ski racing performance. *Med Sci Sports Exerc* 33: 1379-1384.
  
- Mikkola J. et.al (2010) Determinants of simulated cross-country skiing sprint competition using V2 skating technique on roller skis
  
- Nordberg, Sondre (2012) *Tørrtrening- veien til bedre prestasjoner på standplass*. Norges skiskytterforbund (2012) *Treningsveiledning i skiskyting*, [http://www.skiskyting.no/filestore/Diverse dokumenter/Skiskytterskolen revidert 2012.pdf](http://www.skiskyting.no/filestore/Diverse_dokumenter/Skiskytterskolen_revidert_2012.pdf) Lastet ned: 28.10.14



- Norges skiskytterforbund (2014) *Materialkatalog for nasjonale konkurranser*.  
<http://www.skiskyting.no/filestore/Regler/materialkatalognorsk.pdf> Lastet ned:  
28.10.14
  
- Norges skiskytterforbund (2014b) *Nasjonale konkurranseregler*.  
[http://www.skiskyting.no/filestore/Konkurransereglement/Revisjon\\_Nasjonale\\_konkurranseregler\\_juli\\_2014.pdf](http://www.skiskyting.no/filestore/Konkurransereglement/Revisjon_Nasjonale_konkurranseregler_juli_2014.pdf) Lastet ned: 18.11.2014
  
- Ottesen & Torvik (2001) Utvikling av skiteknikk, modulhefte 6
  
- Pate RR, Kriska A (1984) Physiological basis of the sex difference in cardiorespiratory endurance. *Sports Med* 1:87–98
  
- Rundell, K. & Szmedra, L. (1997) *Energy cost of rifle carriage in biathlon skiing*. Sport Science and technology division, United States Olympic Committee, Lake Placid, NY; and division of exercise Science, Bloomsburg University, Bloomsburg, PA.
  
- Rusko H (2003). *Cross country skiing*. Blackwell Science Ltd. Oxford, UK
  
- Sandbakk Ø (2011) Physiological and Aspects of Sprint Skiing
  
- Sandbakk, Ø., & Tønnessen, E. (2012). *Den norske langrennsboka*. Oslo: Aschehoug.
  
- Sandbakk Ø, Hegge A M, Ettema G (2013). The role of incline, performance level, and gender on the gross mechanical efficiency of roller ski skating. Center for Elite Sports Research, Department of Human Movement Science, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway
  
- Saltin, B., C.K. KIM., N, Nerrandos., H, Larsen., J, Svendehaug., & C.J.Rolf. (1995) *Morphology, enzyme activities and buffer capacity in leg muscles of Kenyan and Scandinavian runners*. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*

- Saunders, P.U., Pyne, DB., Telford, R.D. & Hawley, J.A (2004). Reliability and variability of running economy in elite distance runners. *Medicine of Science in Sports and Exercise* 36, 1972-1976
  
- Scrimgeour A.G., Noakes T.D., Adams, B & Myburgh K. (1986). The influence of weekly training distance on fractional utilization of maximum aerobic capacity in marathon and ultramarathon runners. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 55, 202-209.
  
- Seiler, S. A Brief History of Endurance Testing in Athletes. *Sports Science* 15, 40-86, 2011
  
- Sjödén B, Jacobs I, Svedenhag J.(1982) Changes in onset of blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA
  
- Sjøqvist, Oscar (1976) *Geværskyting- introduksjon med rifle*. Webergers boktrykkeri AS.
  
- Stöggl T, Lindinger S, Müller E (2007) Analysis of a simulated sprint competition on classical cross-country skiing. *Scand J Med Sci Sports* 17:362-372
  
- Stöggl TL, Müller E (2009) Kinematic determinants and physiological response of cross-country skiing in maximal speed. *Med Sci Sports Exerc* 41:1476-1487
  
- Stöggl Thomas, Bishop Phil, Höök Martina, Willis Sarah, and Holmberg Hans-Christer (2014). *Impact of Carrying a Rifle on Physiology and Biomechanical Responses in Biathletes*. *Medicine & science in Sports exercise*.
  
- Svartdal A (2010) Best i løypa 2010. Teknikkprosjekt olympiatoppen
  
- Torvik, P-Ø (2000) Blood lactate differences in running and rollerskiing skating technique

- Torvik, P-Ø (2007/2008) trener 3 kurs langrenn, modulhefte7
- Urdal P, Brun A, Åsberg A (red.). Brukerhåndbok i medisinsk biokjemi. ALP isoenzymer, serum. Sist oppdatert 26.11.2008.
- Åstrand P.O, Rodahl K.P, Dahl H.A. & Strømme S.B (2003). Textbook of work physiology: Physiologi bases of exercise (4<sup>th</sup>edt)

