



Luftvärnets Stridsskola

Självständigt arbete, 15 Hp

<i>Författare</i>	<i>Förband</i>	<i>Kurs</i>
Andreas Karlsson	Luftvärnsregementet	YOP 06/09
<i>LvSS handledare</i>		
Mj Per Gerdle		
<i>Uppdragsgivare</i>	<i>Kurskod</i>	<i>Examinationsförrättare</i>
Luftvärnets Stridsskola	PYO 360	Urban Schöön
<u>En undersökning om hur Robotssystem 70 skytten presterar i kyla</u>		
<p>I denna uppsats har det studerats hur kyla påverkar Robot 70 skyttens prestanda. För att göra detta har en hypotesprövande metod använts. Hypotesen lyder: "En robotskytts finmotorik påverkas av kyla så till den grad att träff inte är sannolik." Hypotesen används till hjälp att svara på följande frågeställningar:</p> <p>Frågeställning 1: I vilken utsträckning påverkas robot 70-skyttens finriktningsförmåga av kyla?</p> <p>Frågeställning 2: Hur kan luftvärnsregementet förbättra nyttjandet av Robot 70 gruppens utrustning för att minska kylans påverkan på robotskyttens prestanda?</p> <p>Ett experiment har använts för att verifiera eller falsifiera hypotesen. Sju personer från Luftvärnsregementet har skjutit simulerade avfyringar inom- och utomhus, vid olika temperaturer. Resultatet från robotarna avfyra inomhus vid 20°C hade en ungefärlig träffsannolikhet för direktträff på 94 %. Avfyringarna i segmentet med lägst uppmätta tumtemperaturer hade enligt mina mätningar en betydligt lägre träffsannolikhet för direktträff.</p> <p>Vad som verkar sänka temperaturen robotskyttens tumme mest, är värmeledning från robotsystemets styrspak. Slutsatsen är att detta verkar beror på att styrspaken är tillverkad av aluminium. Genom att isolera styrspaken kan det undvikas att skyttens tumme kyls ned och därmed minskar dennes träffsannolikhet.</p>		
Key Words: RBS 70, kyla, träffsannolikhet, temperatur		

Abstract

In this essay it has been studied how cold environment can affect the gunner of the RBS 70. In this study, the method of testing a hypothesis has been used. Hypothesis: "The Gunner is affected by cold to such an extent that a hit is not probable"

The hypothesis is used in helping to answer the following two questions:

1. To what level is the RBS 70 Gunner affected by cold?
2. How can the Swedish AD Regiment improve its use of equipment in order to reduce the effects of cold weather, on the RBS 70 gunners' ability to aim?

A test was performed to verify or falsify the hypothesis. Seven people from the Swedish AD Regiment fired simulated missiles both indoors and outdoors, in different temperatures. The results show that the missiles fired indoors at 20°C had an approximated direct hit-ratio of 94 percent. The firings where the thumb temperatures were the lowest had a lot lower direct hit ratio.

The greatest issue lowering the gunners thumb temperature was the temperature of the joystick of the sight. The conclusions are that the joystick, which is made of aluminium, must be isolated to avoid cooling the gunners' thumb. Otherwise it will be harder to hit the target at a low temperature.

Keywords: RBS 70, cold weather, hit ratio, temperature

Innehållsförteckning

Abstract	4
Innehållsförteckning	5
1. Inledning	8
1.1. Bakgrund	8
1.2. Syfte	8
1.3. Problemformulering	9
1.4. Frågeställningar	9
1.5. Analys av uppgift	9
1.6. Avgränsningar	10
1.7. Källkritik	10
1.7.1. Kritik av egen studie	10
1.8. Egen förståelse.....	11
1.9. Centrala begrepp	11
1.10. Metod	12
1.11. Tidigare forskning	12
1.12. Disposition	12
2. Avhandling	12
2.1. Människokroppen.....	12
2.1.1. Människokroppen i kyla.....	12
2.1.2. Händer och hud	12
2.1.3. Handens färdigheter	12
2.1.4. Köldfaktor och värmeförlust	12
2.1.5. Kylans påverkan på händer	12
2.1.6. Känsel.....	12
2.2. Robotsystem 70	12
2.2.1. Allmänt.....	12
2.2.2. Styrsystem	12
2.3. Robot 70 sim	12
2.4. Experiment	12
3. Resultat	12
3.1. Statistik.....	12
3.2. Träffsannolikhetsberäkningar.....	12
3.2.1. Beräkningsprinciper	12
3.3. Medelträffpunkt i målet respektive bredvid målet	12
3.3.1. Medelträffpunkten mitt i målet - Sannolikheten att träffa ett cirkulärt mål med ett skott	12
3.3.2. Presentation resultat - medelträffpunkt mitt i målet.....	12
3.4. Medelträffpunkten ej mitt i målet.....	12
3.4.1. Medelträffpunkten ligger i målet men förskjutet i sida och höjd.....	12
3.4.2. Medelträffpunkten ligger utanför målet	12
3.4.3. Presentation resultat- medelträffpunkt förskjuten från målets centrum	12
3.5. Analys.....	12
3.5.1. Utomhustemperatur – Best Case	12
3.5.2. Tumtemperatur – Best Case	12
3.5.3. Utomhustemperatur – Worst Case	12
3.5.4. Tumtemperatur – Worst Case	12
3.5.5. Sammanfattning av analys	12

3.6. Svar på frågeställning.....	12
3.6.1. Frågeställning 1	12
3.6.2. Frågeställning 2	12
4. Diskussion	12
4.1. Resultat.....	12
4.1.1. Hypotes.....	12
4.1.2. Kylans påverkan.....	12
4.1.3. Stridsvärde.....	12
4.1.4. Val av målbanda.....	12
4.1.5. Testpersoner	12
4.1.6. Övriga observationer	12
4.2. Förslag på framtida forskning	12
4.3. Slutsatser	12
4.4. Sammanfattning	12
5. Litteratur- och källförteckning	12
5.1. Källförteckning.....	12
5.2. Litteraturförteckning	12
5.3. Bildförteckning.....	12
Bilaga 1 - Rådata	12
Data sorterad efter tumtemperatur: 14-27,2°C.....	12
Data sorterad efter tumtemperatur: 9,0-13,9°C.....	12
Data sorterad efter tumtemperatur 1,6-8,9°C.....	12
Data sorterad efter utomhustemperatur: -3°C	12
Data sorterad efter utomhustemperatur: -14°C	12
Data sorterad efter inomhustemperatur: +20°C	12
Bilaga 2 – Utrustningslista.....	12

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Robotsystem 70, tillverkat av Bofors Dynamics har funnits i svenska Försvarsmakten sedan sjuttioalet. Systemet är specificerat för att kunna nyttjas i hela Sverige, året om. Tekniskt så uppfyller systemet dessa krav, dock så ställs det stora krav på robotskyttens prestationer, särskilt i extrema klimat, om roboten ska träffa målet.

Robot 70-skyttarna på Luftvärnsregementet mängdtränas idag med simulatorutrustning i en rumstempererad inomhuslokal. På grund av relativt få vinterövningar får soldaterna inte uppleva hur kroppen beter sig i kallt klimat och blir medvetna hur deras träffresultat påverkas av kyla. Personalen på stabsnivå känner inte heller till eventuell skillnad i skyttarnas kapacitet vid olika temperaturer och klimat vilket gör att uppgifter som kanske inte är rimliga ställs och uthålligheten på robotenheterna inte beaktas.

Det genomförs mer eller mindre årligen övningar med Robotsystem 70 i kallt klimat. Under dessa övningar saknas dock möjligheter till utvärdering av robotskyttarnas träffresultat.

Jag vill därför undersöka huvudvidva kyla påverkar robotskyttens träffresultat.

1.2. Syfte

Jag vill med detta arbete undersöka eventuella problem med att i kallt väder, nyttja ett vapensystem som ställer stora krav på skyttens finmotorik.

1.3. Problemformulering

Roboten i Robotsystem 70 styrs från avfyring till träff av robotskyttens högertumme. Träffresultatet beror på hur bra skytten lyckas hålla robotsiktets hårkors på målet. För träff krävs att skytten följt målet i 5-22sekunder (beroende på bl.a. avstånd och hastighet). Systemets styrsystem kräver hög känslighet i skyttens tumme och av den anledningen bör ingenting vara emellan styrspaken och skyttens tumme. Av denna anledning används inte handlar av robot 70 skyttarna på luftvärnsregementet.

Kyla påverkar människokroppens finmotorik och känsel negativt. Kan kyla påverka robotskyttens förmåga så till den grad att robotsystemet blir verkanslöst?

1.4. Frågeställningar

Frågeställning 1:

I vilken utsträckning påverkas robot 70-skyttens finriktningförmåga av kyla?

Frågeställning 2:

Hur kan robot 70 gruppens robotutrustning anpassas för att förbättra robotskyttens prestanda i kyla?

1.5. Analys av uppgift

Jag kommer behöva genomföra simulerade robotskott och mäta temperaturen på skyttens tumme och jämföra dessa med träffresultaten. Jag kommer behöva beräkna verkan både för direkträff och zonrörträff, och sedan föra ett resonemang om hur mycket prestandan hos skytten ändras vid olika temperaturer, både yttertemperatur och tumtemperatur.

Den andra frågeställningen kan besvaras med hjälp av att undersöka den analyserade datan från experimentet och se om det finns några tydliga åtgärds punkter.

1.6. Avgränsningar

Jag väljer i detta arbete att helt fokusera på den mänskliga faktorn, detta då robotsystemet i sig redan är testat i kallt väder. Dock så kommer vissa delar av systemet in i analysen, t.ex. hur människokroppen påverkas av materialet på robotenheten.

1.7. Källkritik

1.7.1. Kritik av egen studie

Vad min studie mäter är egentligen träffsannolikheten för Robotsystem 70 **simulator** (M7795-170011). Hur träffsannolikheten ser ut vid en ”riktig” skarpskjutning har jag ingen möjlighet att mäta. Jag anser dock att simulatormen ger tillfredsställande resultat i detta syfte då jag till stor del jämför utomhusresultat med referensskott inomhus samt att simulatormen är framtagen för att just mäta robotskyttens prestanda.

Skyttarna jag har använt mig av i min studie är utbildade på robotsystem 70 men de var vid tillfället för experimentet inte placerade som robot 70-skyttar i insatsorganisationen. Skyttarna var samtliga kadetter eller officerare vid luftvärnsregementet.

För att få ett bättre underlag borde nyligen grundutbildade skyttar nyttjats, det fanns dock inte några sådana att tillgå när studien skulle genomföras.

För att få ett statistiskt säkrare underlag hade det varit önskvärt med fler skyttar. Jag avser dock inte med detta arbete leverera några exakta värden på hur mycket sämre skytten eventuellt blir, utan snarare försöka identifiera eventuella problem för robotskytten vid skjutning kyla.

1.8. Egen förförståelse

Jag har sedan tidigare viss kunskap om Robotsystem 70. Min värnplikt genomfördes år 2002-2003 på en pluton med Robotsystem 70, min befattning hade dock inte med handhavande av robotsystemet att göra. Därefter arbetade jag 2003-2004 som tillfälligt anställd enligt *befälsförstärkningsavtalet*, även det på en pluton med Robotsystem 70. 2006 studerade jag Robotsystem 70 inom ramen för krigsvetenskap.

Jag har således en viss kännedom om systemet sedan tidigare och jag har haft god användning av min tidigare kunskap då jag genomförde experimentet för att få detta att efterlikna verkligheten.

1.9. Centrala begrepp

Kyla – Definieras i denna uppsats av en köldfaktor från +5 till -30°C. Detta är inom Robotssystem 70's definierade prestanda.¹

1.10. Metod

Till den första frågeställningen har jag valt att använda mig av en hypotesprövande² metod. Jag anser detta vara den bästa metoden att nyttja då jag baserar min undersökning på kända fakta – att fingerfärdighet och finmotorik försämras av kyla (mer om detta i kapitel 2). Utifrån dessa fakta kan jag ställa en rimlig hypotes som jag med hjälp av ett experiment kommer verifiera eller falsifiera.

Hypotes är som följer: *En robotskytts finmotorik påverkas av kyla så till den grad att träff inte är sannolik.*

Hypotesen prövas genom att jag genomför försök med robotutrustning med simulerade målbanor i en kontrollerad miljö. Därefter presenteras resultaten och induktiva slutsatser dras. Försöken är till stor del återupprepningsbara, vilket bidrar till högre reliabilitet i resultaten. Validiteten styrks genom tekniska och miljömässiga avgränsningar.

För att svara på den andra frågeställningen så avser jag att använda data samt observationer från mitt experiment och utifrån detta svara på min andra frågeställning.

En svaghet i min undersökning är antalet testpersoner. Det hade enligt mig varit önskvärt med fler, jag anser dock att jag bör få ett tillräckligt bra underlag för att dra slutsatser. Möjlighet finns dock att i ett senare skede göra om experimentet i större skala.

1.11. Tidigare forskning

Det har bedrivits forskning angående hur finmotorik och fingerfärdighet påverkas av kyla, bl.a. av Geng³ vid Luleå universitet. Dock så har det inte forskats i huruvida detta påverkar robot 70 skyttens prestanda.

1.12. Disposition

Inledningsvis redogör jag för hur kyla påverkar människan rent fysiologiskt. Därefter avser jag i min avhandling att kortfattat beskriva Robotssystem 70 samt Simulatorenhet 70.

Sedan presenterar jag hur jag gått till väga med mitt experiment. För att därefter grafiskt och i text presentera de data jag insamlat under experimentet. I anslutning till detta så presenterar jag resultatet av mina insamlade data och för en diskussion om detta.

Slutligen dras slutsatser och efter detta följer en sammanfattning.

¹ Instruktionsbok Robotssystem 70, M7786-010691, (Förlag saknas, Förlagsort saknas: 2005), Kap. 4. s. 4.

² Ejvegård, R. *Vetenskaplig metod*, (Studentlitteratur, Lund: 2003), s. 37.

³ Geng, Q, *Hand Cooling, Protection and Performance in Cold Environment*, (National institute for Working Life, Stockholm: 2001)

Geng et. al. *Temperature Limit Value For Touching Cold Surfaces with the Fingertip*, (Oxford University Press, Förlagsort saknas: 2006)

2. Avhandling

2.1. Människokroppen

2.1.1. Människokroppen i kyla

När kroppen utsätts för kyla finns det flera sätt för den att bibehålla vår kärntemperatur på 37°C. *Huttring* och *vasokonstriktion* är exempel på detta. Huttring innebär att musklerna i kroppen gör osynkroniserade högfrekventa sammandragningar, vilka får till följd att värmen i kroppen höjs. Vasokonstriktion verkar, till skillnad från huttring, för att minska värmeförlusterna i kroppen. Detta görs genom att blodgenomströmningen i skinnet och framförallt till extremiteterna minskar. Detta innebär att kroppen samlar så mycket blod den kan till de prioriterade delarna av kroppen, samtidigt som värmeförlusten genom konvektion⁴ minimeras.⁵

Blodflödet i kroppen regleras av det centrala nervsystemet. Detta påverkas i sin tur av olika sensorer i kroppen och reglerar utifrån insamlade data hur stort flödet skall vara till de olika kroppsdelarna. Flödet kan regleras på olika sätt, t.ex. vasokonstriktion.⁶

Kyla har effekten att nervsignaler från hjärnan, till till exempel fingrarna fördröjs, vilket får till följd att finmotorik blir betydligt sämre och vi blir fumliga. Redan vid en lufttemperatur på 12°C påverkas våra finmotoriska muskelrörelser, vid 8°C påverkas vår känsel.⁷ Både finmotorik och känsel är viktiga element inom robot 70 skjutning, då roboten styrs av skyttens tumme.

2.1.2. Händer och hud

Våra händer består av ben, leder, muskler, sensorer och skinn. Vi har procentuellt sett väldigt lite skelettmuskulatur i händerna, vilket gör att handens förmåga att alstra värme är starkt begränsad.⁸ Detta gäller både vid vanligt arbete samt vid huttring.

Händerna förses med syrerikt blod av två djupt liggande artärer och återtransporteras av ytligt liggande vener.⁹

På händerna har människan två olika typer av hud. På undersidan av handen är skinnet tjockt, innehåller svettkörtlar samt flertalet känselceller. Huden på handryggen är tunnare och innehåller hårsäckar.¹⁰

Känselcellerna i huden finns både på ytan och på djupet, dessa påverkar både vad vi känner samt hjälper oss att orientera händer och fingrar.

⁴ *Hypotermi, kylskador, drunkningstillbud i kallt vatten*, (Socialstyrelsen, förlagsort saknas: 2003), s. 120.

⁵ *Ibid*, s. 8.

⁶ Geng, Q, *Hand Cooling, Protection and Performance in Cold Environment*, (National institute for Working Life, Stockholm: 2001), s. 2-3.

⁷ Ashcroft, F, *Den yttersta gränsen*, (Bokförlaget Forum, Stockholm: 2000), s. 181-182.

⁸ Geng, Q, *Hand Cooling, Protection and Performance in Cold Environment*, (National institute for Working Life, Stockholm: 2001), s. 1.

⁹ *Ibid*, s. 3.

¹⁰ *Ibid*, s. 2.

2.1.3. Handens färdigheter

Handens färdigheter kan delas in i följande fem faktorer:¹¹

- Fingerfärdighet – små fina rörelser
- Manuell färdighet – hand och armrörelse, utan nyttjande av fingertopparna
- Handled-finger hastighet – hastiga finger- och handledsrörelser
- Sikte – att koordinera snabba och exakta handrörelser med ögat
- Positionering – att koordinera öga och handrörelser och samtidigt flytta handen

Alla dessa faktorer påverkar mer eller mindre robotskyttens förmåga att hålla hårkorsen på målet.

2.1.4. Köldfaktor och värmeförlust

Kyla påverkas inte enbart i temperatur. Det är flera faktorer som påverkar vilken *köldfaktor* vi upplever. Dessa är *temperatur, luftfuktighet* och *vind*.

VINDKYLETABELL										
Vind		Lufttemperatur °C								
m/s	km/h	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
2	7	-1	-6	-11	-16	-21	-27	-32	-37	-42
5	18	-9	-15	-21	-28	-34	-40	-47	-53	-59
8	30	-13	-20	-27	-34	-41	-48	-55	-62	-69
16	60	-18	-26	-34	-42	-49	-57	-65	-73	-80
25	90	-20	-28	-36	-44	-52	-60	-69	-77	-85
		Liten risk för kylskada (5%)	Stor risk (50%)	Mycket stor risk för snabb förfrysning från några minuter ned till ett par sekunder (95%)						

12

Tabellen ovan visar hur den upplevda temperaturen ökar när det blåser. Det är inte bara när det är flera grader kallt som kroppen utsätts för kyla. Som tabellen visar räcker det med ett fåtal minusgrader för att uppleva en kyleffekt som kan vara svår för kroppen att hantera.

Värmeförlust delas in i olika områden:¹³

- Konvektion – Värmeförlust genom att förbipasserande luft eller vätska transporterar bort värme
- Strålning – Kroppen avger värmestrålning
- Värmeledning – Genom föremål
- Avdunstning – Genom svett
- Andning – Uppfuktad och uppvärmd luft går ur kroppen, torr och kall luft går in i kroppen

Geng visar att vid kontakt med föremål av aluminium med temperaturen -15°C så tar det endast ett fåtal sekunder för huden att nå 0°C ¹⁴

¹¹ Geng, Q, *Hand Cooling, Protection and Performance in Cold Environment*, (National institute for Working Life, Stockholm: 2001), s. 4.

¹² *Vintersoldat*, M7742-112112, (Förlag saknas, Förlagsort saknas: 1997), s. 14.

¹³ *Hypotermi, kylskador, drunkningstillbud i kallt vatten*, (Socialstyrelsen, förlagsort saknas: 2003), s. 120.

Värmeledning kyler ned kroppen olika snabbt och mycket beroende på vilket material som vidrörs. Metalliska föremål kyler generellt snabbare än icke-metalliska föremål.¹⁵

Även om en person bara snuddar vid ett kallt material så blir kyleffekten densamma som om det hade lagts tryck på materialet.¹⁶

2.1.5. Kylans påverkan på händer

Händerna och i synnerhet fingrarna är den del av kroppen som lättast påverkas av kyla. Detta beror på att fingrarna har en väldigt stor yta i proportion mot deras volym. Denna faktor ökar avkylningseffekten avsevärt. Dessutom är fingrarna den delen på kroppen som mest kommer i kontakt med kalla ytor vilket ger upphov till värmeledning.¹⁷

Minskat blodflöde i skinnet påverkar känseln och begränsar fingerfärdigheten och greppstyrkan, vilket ger en nedsatt prestationsförmåga till följd.¹⁸

2.1.6. Känsel

Känsel är nära sammankopplat med kyla. Det har visat sig att även om omgivningens temperatur spelar stor roll för känsel förlust så är det trots allt temperaturen på själva kroppsdelen som är avgörande för hur pass mycket känsel vi har.

Vid en temperatur på 6-8°C så avbryts nervaktiviteten i det nedkylda området, vilket får till följd att området känns bedövat.¹⁹

2.2. Robotsystem 70

2.2.1. Allmänt

Robotsystem 70 är ett laserledstrålestyrt luftvärnsrobotsystem tillverkat av Bofors Dynamics.

Systemet är ett så kallat MANPADS, Man Portable Air Defence System (bärbart luftvärnssystem). En robotgrupp består av *skytt*, *laddare*, *operatör*, samt *stridsledare*.

Skytt och laddare befinner sig utomhus vid robotenheten. Operatören och stridsledaren befinner sig oftast i ett fordon. Stridsledaren kan dock välja att även markgruppera den sk. ”Striplatsen”, det vill säga platsen där stridsledaren och operatören befinner sig. Detta kan bero på att stridsledaren vill gruppera i terräng otillgänglig med fordon som till exempel på ett hustak.

Skytt, laddare och operatör har alla samma utbildning och roterar mellan befattningarna för att kunna bibehålla högt stridsvärde.

¹⁴Geng, Q, *Hand Cooling, Protection and Performance in Cold Environment*, (National institute for Working Life, Stockholm: 2001), s. 33.

¹⁵ Geng et. al. *Temperature Limit Value For Touching Cold Surfaces with the Fingertip*, (Oxford University Press, Förlagsort saknas: 2006), s. 855.

¹⁶ Ibid, s. 858.

¹⁷ Geng, Q, *Hand Cooling, Protection and Performance in Cold Environment*, (National institute for Working Life, Stockholm: 2001), s. 5.

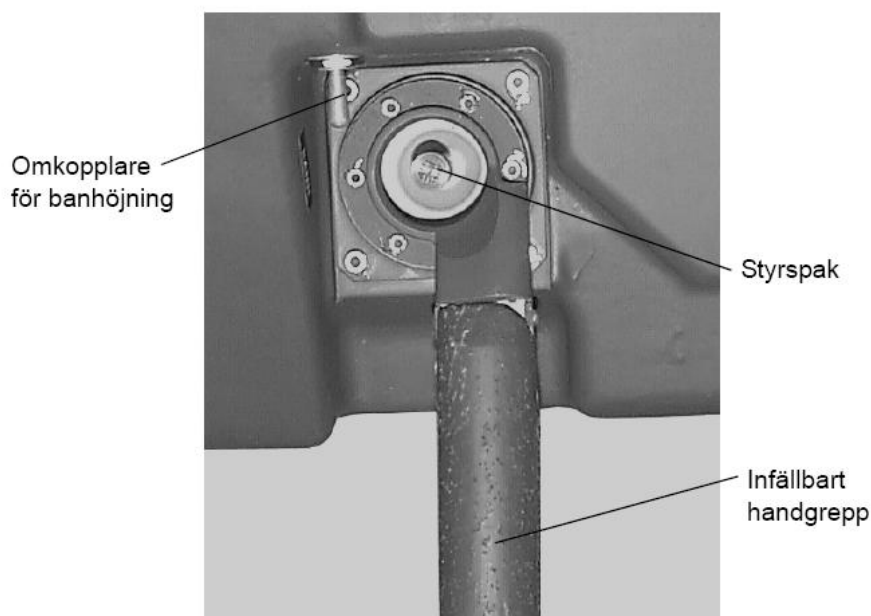
¹⁸ Ibid, s. 5.

¹⁹ Ibid, s. 4.

2.2.2. Styrssystem

Robotsystem 70 är ett laserledstrålestyrt luftvärnsrobotsystem där skytten styr roboten från avfyring till träff enligt principen ”Command to Line Of Sight” vilket innebär att roboten färdas dit skytten riktar hårkorsen i siktet. Detta sker genom att en laserkorridor skapas från siktet. Roboten strävar efter att placera sig mitt i korridoren. Skytten styr en spegel i siktet som i sin tur påverkar vart laserkorridoren riktas. Skytten riktar antingen spegeln med tummen, eller så riktar skytten hela sikteshuset. Detta beror på hur hög sid/höjd-hastighet målet färdas i. Att rikta med tummen kallas *finriktning* och att rikta med hela sikteshuset kallas *grovriktning*.²⁰

Skytten måste alltså se målet hela vägen från avfyring till träff, vilket innebär att skyttens förmåga att hålla siktets hårkors på målet under bekämpningsförloppet är helt avgörande för om det blir träff eller inte.



21

Med styrspaken på bilden styr robotskytten laserledstrålen mot den punkt som skytten riktar hårkorsen.

Roboten kan detonera på två olika sätt. Antingen genom ett anslagsrör i nosen på roboten som initieras när roboten träffar sitt mål, eller genom ett laserzonrör.²² Zonröret sänder ut laserstrålar från robotens noskon. Dessa strålar når ca 4-4,5 meter i sida från robotkroppen (Något exakt avstånd går inte att få då detta beror bland annat på reflektansen på målmaterialet, belysningsvinkel och väderförhållanden. Det av tillverkaren beräknade värdet är dessutom hemligt). När någon av strålarna bryts initieras en tändkrets i roboten och roboten detonerar därefter med en liten fördröjning.

²⁰ *Instruktionsbok Robotsystem 70*, M7786-010691, (Förlag saknas, Förlagsort saknas: 2005), kap. 2. s. 17-18, kap 5. s. 46.

²¹ *Ibid*, kap. 5. s. 35.

²² *Ibid*, kap. 4. s. 9.

2.3. Robot 70 sim

För att kunna genomföra mina försök krävdes det en simulator som klarar kallt väder. Simulatore som idag nyttjas vid Luftvärnsregementet klarar inte av att utsättas för kyla utan är endast till för inomhusbruk. Jag fick därför använda mig av föregångaren, *Simulatorsikte RBS 70* (M7795-170011). Med hjälp av denna simulator kan övningsledaren projicera en ellips vilken utgör målet som skytten skall följa. Skytten följer målet som om det vore en verklig flygfarkost och simulatoren räknar ut hur skytten har siktat i förhållande till målet och presenterar eventuell träffavvikelse i meter.²³

2.4. Experiment

Experimentet lades upp på följande sätt.

Sju personer från Luftvärnsregementet deltog i experimentet, samtliga utbildade på Robotsystem 70. Personerna fick avfira nio simulerade avfiringar utomhus och tre simulerade avfiringar inomhus. Dessa är främst för att ha en referens från ett *neutralt* klimat. Experimentet utfördes på två olika ställen. Detta för att kunna uppnå de olika önskade testtemperaturerna utan att behöva använda *artificiell kyla* såsom klimatkammare.

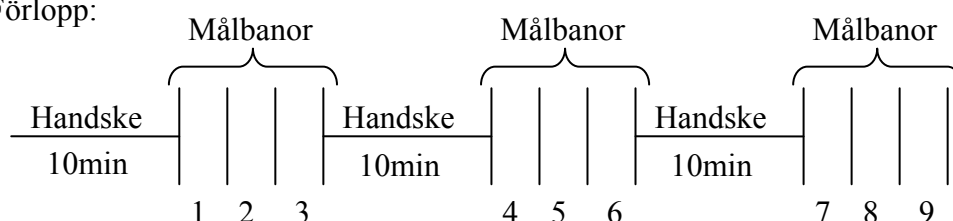
Utomhusskjutningarna i kallt väder skedde vid två olika tillfällen med hälften av testpersonerna vid respektive tillfälle. Vid det ena tillfället var utomhustemperaturen -14°C och vindstyrkan 0 m/s. Vid det andra tillfället var temperaturen -3°C och vindstyrkan 2 m/s, vilket motsvarar en kyleffekt på ca -4°C .

Yttertemperaturen mättes med hjälp av en kvicksilvertermometer.

Urvalskriteriet för skyttarna som användes i experimentet var att de är utbildade på robotsystem 70. Kompetensen på gruppen var allt från mångårig erfarenhet som riktinstruktör på Robotsystem 70 till att nyligen ha genomfört Grundkurs i robotsystem 70. Samtliga skyttar har spenderat flertalet timmar med simulatorskjutningar tidigare.

För att göra simuleringen så verklighetsnära som möjligt fick skytten stå utomhus i 10 minuter iförd utrustning enligt *Bilaga 2*. Skytten utför under dessa 10 minuter ingen värmehöjande aktivitet. Detta för att simulera att skytten har hög beredskap. Därefter togs handskarna av och skytten sköt tre målbanor i följd utan att handske togs på emellan. Detta för att symbolisera anflygande motståndare i tre *vågor*. Innan varje avfiring mättes och registrerades temperaturen på höger hands tumme. Temperaturen mättes med en IR-termometer med en noggrannhet på $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Efter de tre målbanorna togs handskar på igen och skytten väntade ytterligare 10 minuter tills nästa tre målbanor avverkades på samma sätt som tidigare. Detta förlopp upprepades ytterligare en gång och sammanlagt avfyrade varje skytt 9 stycken simulerade avfiringar i kallt väder.

Förlopp:



²³ *Instruktionsbok Robotsystem 70*, M7786-010691, (Förlag saknas, Förlagsort saknas: 2005), kap. 8. s. 19-23.

Målbanan som valdes är nummer 4 enligt simulatorns målbaneenhet (MBE). I denna målbana befinner sig målet initialt på 8 km avstånd och håller en hastighet på 50 m/s i riktning mot robotenheten. Anledningen till att denna målbana valdes berodde på att kraven som ställs på skytten främst rör sig om finriktning. Det vill säga, huvudsyftet med denna målbana är att kontrollera skyttens förmåga att följa målet med tumrörelser. Målets raka målbana gör att grovriktning (att rikta med hela siktet) ej är nödvändig.

Målet befinner sig på 8 km vilket gör att roboten får en relativt lång flygtid (ca: 15-20 sekunder). För skytten innebär detta en långvarig kontakt mellan styrspak och tumme.

3. Resultat

3.1. Statistik

Resultaten från simulatören har använts för att beräkna hur träffsannolikheten har påverkats när dels temperaturen hos skyttens tumme varierar och dels när omgivningens temperatur varierat.

Det statistiska materialet har delats upp i klasser för att få ett material inom varje klass som överstiger 10 stycken mätningar. Klasserna speglar även brytpunkter i temperaturområden då människokroppen generellt påverkas mer och mer av kyla.

Tumtemperatur

Klass	Antal mätningar
27,2-+14°C	27 st
13,9-+9°C	22 st
8,9-+1,6°C	14st

Vad gäller omgivningstemperatur så har mätningar skett endast vid tre tillfällen. Detta material är därför direkt indelat i dessa tre grupper.

Omgivningstemperatur

Klass	Antal mätningar
20°C	21 st
-3°C	36 st
-14°C	27st

Min bedömning är att skyttarnas riktfel vid varje tillfälle kan betraktas som kontinuerliga stokastiska variabler med ändlig varians.

I detta arbete antas skotten gå mot normalfördelning och uträkningarna är således gjorda efter detta antagande.

3.2. Träffsannolikhetsberäkningar

För att beräkna vad som händer med träffsannolikheten vid kyla så har metoder hämtade ur Skjutlära för Armén²⁴ utnyttjats. Skjutlära för Armén avhandlar egentligen endast projektiler och raketens ytterballistik. Dock så gör jag bedömningen att kapitlet som avhandlar sannolikhetslära även är överförbart på Robotssystem 70 som trots allt är ett system där träff beror på skyttens förmåga (precis som vid skjutning med till exempel automatkarbin), då träffförmågan inte stöts av datorkraft eller liknande.

Två olika grundfall har beräknats:

- Träffsannolikhet beroende på skyttens tumtemperatur
- Träffsannolikhet beroende på omgivningens temperatur

3.2.1. Beräkningsprinciper

Inom de olika grundfallen så har medelträffpunkten i sida och höjd beräknats samt spridningsmått (standardavvikelsen). Storleken på spridningsmättet, σ , anser jag vara ett av måtten på skyttarnas riktnoggrannhet. Spridningsmättet innebär hur skyttarnas skott förhåller sig till varandra, vilken spridning skotten har sinsemellan.

Det andra måttet på riktnoggrannheten är medelträffpunktens läge. Medelträffpunkten är dock pga. den använda simulatorns funktion svår att mäta.

Begränsningen hos den simulator som använts är att den endast anger hur skytten träffar i sida respektive höjd i förhållande till det simulerade målets centrum. Den anger alltså inte om skottet tog vänster eller höger, högt eller lågt. Det uppstår därför problem att beräkna var medelträffpunkten hamnar. Jag har därför valt att presentera bästa respektive sämsta fall.

Träffsannolikheten har med hjälp av spridningsmättet och medelträffpunkten beräknats enligt metoderna i Skjutlära för Armén - kapitel 8.²⁵

Den bästa träffsannolikheten som kan uppnås är då medelträffpunkten antas vara mitt i målet och skotten normalfördelade kring denna punkt.

Den sämsta träffsannolikheten som kan uppnås är då medelträffpunkten befinner sig enligt medelvärdet av vad simulatoren angett för träffpunkt i sida och höjd. (Skotten är sedan normalfördelade runt denna punkt.) Eftersom att simulatoren inte gör skillnad på vänster/höger samt upp/ner, så hamnar medelträffpunkten matematiskt i den första kvadranten (Alla träffar räknas alltså ha träffat uppåt och till höger). Vi får alltså ett "worst case" som bildar gräns för den sämsta möjliga träffsannolikheten.

Den sanna träffsannolikheten kommer alltså att befinna sig någonstans mellan den presenterade bästa tänkbara träffsannolikheten och den presenterade sämsta tänkbara träffsannolikheten.

²⁴ Skjutlära för armén, M7742-186012, (Förlag saknas, Stockholm: 1986)

²⁵ Ibid, s. 112-119.

Spridningsmått

Normalfördelningens spridningsmått, σ , har beräknats i sida respektive höjd enligt formeln.²⁶

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum (x_k - \bar{x})^2} \text{ där:}$$

n =antalet skott

x_k =skottets läge

\bar{x} =skottens medelläge

Den 50 % -iga spridningen i sida och höjd kan sedan beräknas enligt:²⁷

$$S_{50} = 1,3488 \cdot \sigma$$

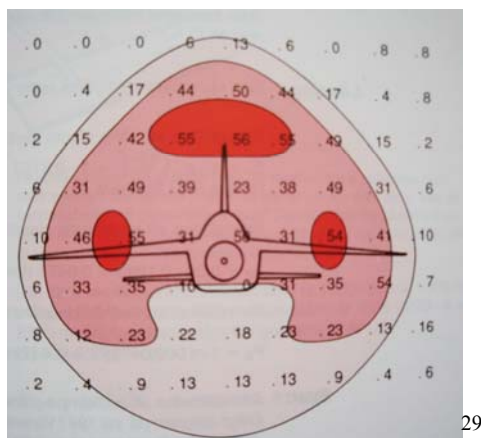
Målytans inverkan på träffsannolikheten

Sannolikheten att få en träff beror på målytans storlek. Denna varierar beroende på målets attityd.

”Ett attackflygplan på låghöjd har en ekvivalent målyta med en radie på ungefär 1,5 m. För flygplan med annan attityd kan målytan vara upp till tre gånger större.”²⁸

Robot 70 är utrustat med ett zonerör vilket utlöser roboten om den passerar målet inom ca 4 meters avstånd. Zoneröret kan alltså sägas öka målets ekvivalenta målyta.

Att skytten träffar inom den ekvivalenta målytan innebär dock inte per automatik att flygplanet skjuts ner. Beroende på var träffen tar så råder olika nerskjutningssannolikheter. Sannolikheten att målet bekämpas kommer därför att vara en produkt av sannolikheten för träff och sannolikheten för verkan. I detta arbete så har endast sannolikheten för träff beräknats.



29

Bilden visar verkan av en 40 mm zonerörgranat vid olika träfflägen. Vad bilden skall illustrera är främst att en zonerörsträff inte nödvändigtvis behöver innebära att flygföretaget är nedkämpat.

Den målbanda som har utnyttjats i detta arbete kräver ingen grovriktning av siktet. Den kan därför sägas motsvara ett rakt kommande flygplan. Jag har därför valt att främst beräkna

²⁶ Skjutlära för armén, M7742-186012, (Förlag saknas, Stockholm: 1986), s. 102.

²⁷ Ibid, s. 103.

²⁸ Ibid, s. 128.

²⁹ Skjutlära för luftvärnet Eldrörsvapen, M7742-146001 (Förlag saknas, Stockholm: 1990), s. 99.

träffsannolikheten för träff mot ett mål med radien 1,5 m (motsvarar direktträff utan zonrör) samt mot mål med radien 5 m (motsvarar zonrörsutlösning max 4 m från ett 1,5 m mål).

3.3. Medelträffpunkt i målet respektive bredvid målet

Inom respektive temperaturklass har jag beräknat skyttarnas medelfel i sida respektive höjd, samt standardavvikelsen i sida och höjd. Standardavvikelsen har jag sedan använt för att beräkna träffsannolikheten dels i fallet att medelträffpunkten ligger mitt i målet, dels i fallet där medelträffpunkten är förskjuten från målets centrum.

3.3.1. Medelträffpunkten mitt i målet - Sannolikheten att träffa ett cirkulärt mål med ett skott³⁰

Om spridningsmått i sida σ_x , respektive höjd, σ_y , är kända och ungefär lika stora kan det radiella spridningsmättet (σ_r) beräknas:

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$$

För att beräkna träffsannolikheten när medelträffpunkten ligger mitt i målet används därefter följande formel:

$$S_T = 1 - e^{-\left(\frac{R}{\sigma_r}\right)^2}$$

R= målradien

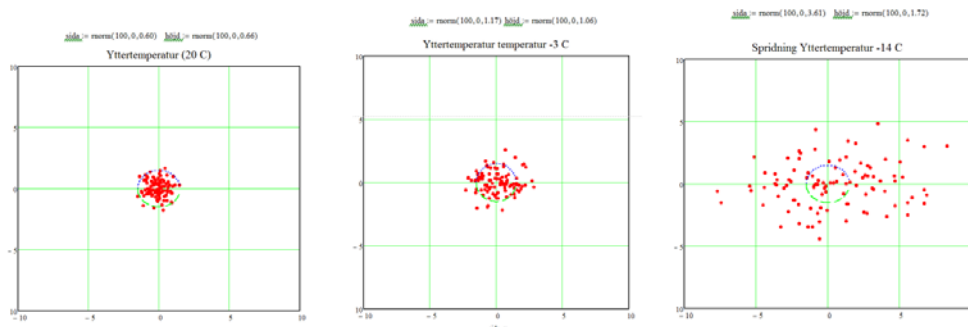
σ_r =Radiella spridningsmättet

3.3.2. Presentation resultat - medelträffpunkt mitt i målet

Resultaten presenterats i tabellform mot mål med 1,5 m radie (skall motsvara direktträff) och 5 m radie (skall motsvara zonrörsutlösning). För att grafiskt tydliggöra resultaten så presenteras även en simulerad "skjutserie" om 100 skott där skotten har slumpats med samma normalfördelade spridningsmått i sida respektive höjd som beräknats för de robotskott som försökspersonerna skjutit. Seriernas väntevärde (medelvärde) är noll, vilket motsvarar att medelträffpunkten befinner sig mitt i målet. Målet har markerats i diagrammen med en cirkel med radien 1,5m respektive 5m.

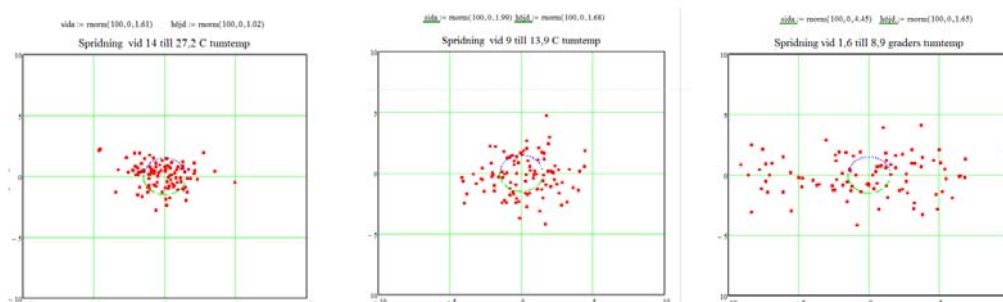
³⁰ Skjutlära för armén, M7742-186012, (Förlag saknas, Stockholm: 1986), s. 118.

Best case – Träffsannolikhet beroende på yttertemperatur, beräknad mot mål med radie 1,5 m, medelträffpunkt mitt i målet



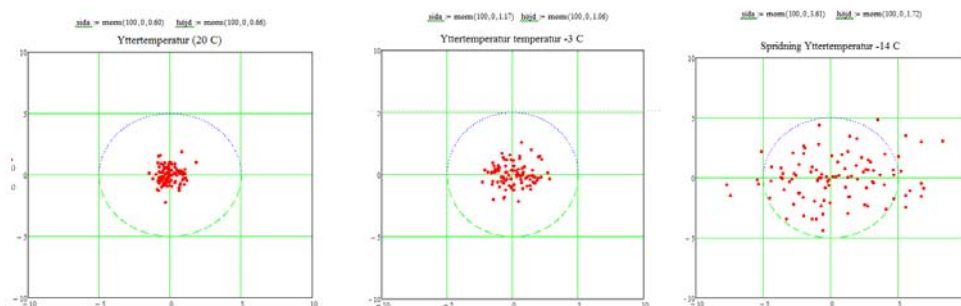
Yttertemp	Medel sida	Spridning sida	Medel höjd	Spridning höjd	Träffsannolikhet
+20°C	0,81	0,60	0,91	0,66	0,941 (94%)
-3°C	1,26	1,17	2,37	1,06	0,595 (60%)
-14°C	3,49	3,61	3,01	1,72	0,131 (13%)

Best case – Träffsannolikhet beroende på tumtemperatur, beräknad mot mål med radie 1,5 m, medelträffpunkt mitt i målet



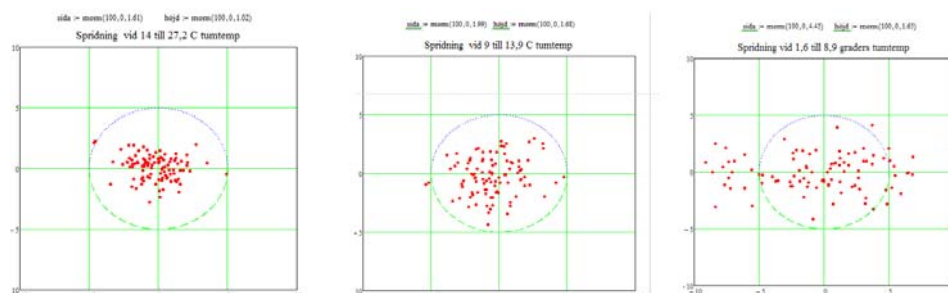
Tumtemp	Medel sida	Spridning sida	Medel höjd	Spridning höjd	Träffsannolikhet
+27-+14°C	1,61	1,61	2,49	1,02	0,462 (46 %)
+13,9-+9°C	1,85	1,99	2,71	1,68	0,282 (28 %)
+8,9-+1,6°C	3,96	4,45	2,85	1,65	0,095 (10 %)

Best case – Träffsannolikhet beroende på yttertemperatur, beräknad mot mål med radie 5 m, medelträffpunkt mitt i målet



Yttertemp	Medel sida	Spridning sida	Medel höjd	Spridning höjd	Träffsannolikhet
+20°C	0,81	0,60	0,91	0,66	1,00 (100 %)
-3°C	1,26	1,17	2,37	1,06	1,00 (100 %)
-14°C	3,49	3,61	3,01	1,72	0,791 (79 %)

Best case – Träffsannolikhet beroende på tumtemperatur, beräknad mot mål med radie 5 m, medelträffpunkt mitt i målet



Tumtemp	Medel sida	Spridning sida	Medel höjd	Spridning höjd	Träffsannolikhet
+27-+14°C	1,61	1,61	2,49	1,02	0,999 (100 %)
+13,9-+9°C	1,85	1,99	2,71	1,68	0,975 (98 %)
+8,9-+1,6°C	3,96	4,45	2,85	1,65	0,670 (67 %)

3.4. Medelträffpunkten ej mitt i målet

Skjutlära armén utgår från rektangulära mål då träffsannolikheten skall beräknas, när medelträffpunkten inte ligger mitt i målet. Dessa beräkningar kan delas upp i två fall:

- Medelträffpunkten ligger i målet men förskjuten i sida och höjd
- Medelträffpunkten ligger utanför målet

I arbetet har båda metoderna använts beroende på hur mycket medelträffpunkten är förskjuten i förhållande till målets storlek. Målet har då approximerats med en kvadrat med sidan 3 m (motsvarar ungefär ytan av en cirkel med radien 1,5 m) och en kvadrat med sidan 10 m (motsvarar ungefär arenan på zonrörets räckvidd inklusive ytan av cirkel med radien 1,5m, dvs. målet).

Följande beräkningar har gjorts:

3.4.1. Medelträffpunkten ligger i målet men förskjutet i sida och höjd³¹

Sida

$$\frac{2b_1}{B_{50F}} = kvot \text{ se tabell skjutlära armén bilaga 6} \rightarrow S_{b1}$$

$$\frac{2b_2}{B_{50F}} = kvot \text{ se tabell skjutlära armén bilaga 6} \rightarrow S_{b2}$$

Träffsannolikheten i sida fås sedan som $S_x = \frac{S_{b1}}{2} + \frac{S_{b2}}{2} = \frac{1}{2}(S_{b1} + S_{b2})$

Höjd

Beräkningen sker på motsvarande vis i höjd

Den totala träffsannolikheten fås därefter som $S_T = S_x \cdot S_y$

3.4.2. Medelträffpunkten ligger utanför målet³²

Sida

$$\frac{2b_1}{B_{50F}} = kvot \text{ se tabell skjutlära armén bilaga 6} \rightarrow S_{b1}$$

$$\frac{2b_2}{B_{50F}} = kvot \text{ se tabell skjutlära armén bilaga 6} \rightarrow S_{b2}$$

Träffsannolikheten i sida fås sedan som $S_x = \frac{S_{b1}}{2} - \frac{S_{b2}}{2} = \frac{1}{2}(S_{b1} - S_{b2})$

Höjd

$$\frac{2h_1}{H_{50F}} = kvot \text{ se tabell skjutlära armén bilaga 6} \rightarrow S_{h1}$$

$$\frac{2h_2}{H_{50F}} = kvot \text{ se tabell skjutlära armén bilaga 6} \rightarrow S_{h2}$$

Träffsannolikheten i höjd fås sedan som $S_y = \frac{S_{h2}}{2} - \frac{S_{h1}}{2} = \frac{1}{2}(S_{h2} - S_{h1})$

Den totala träffsannolikheten fås därefter som $S_T = S_x \cdot S_y$

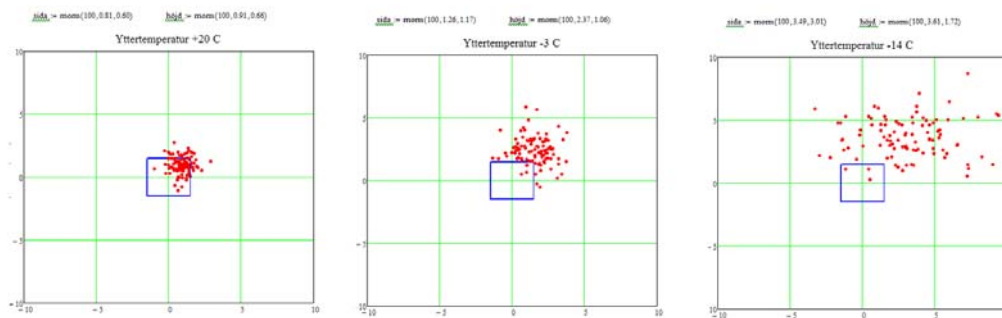
3.4.3. Presentation resultat- medelträffpunkt förskjuten från målets centrum

Resultaten presenterats i tabellform mot kvadratiska mål med sidlängden 3 m (skall ungefär motsvara direkträff) eller sidan 10 m (skall motsvara zonerlösning). För att grafiskt tydliggöra resultaten så presenteras också en simulerad ”skjutserie” om 100 skott där skotten har slumpats med samma normalfördelade spridningsmått i sida respektive höjd som beräknats för de robotskott som försökspersonerna skjutit. Seriernas väntevärde (medelvärde) är det värde som erhållits från försökspersonernas skjutserier.

³¹ Skjutlära för armén, M7742-186012, (Förlag saknas, Stockholm: 1986), s. 117.

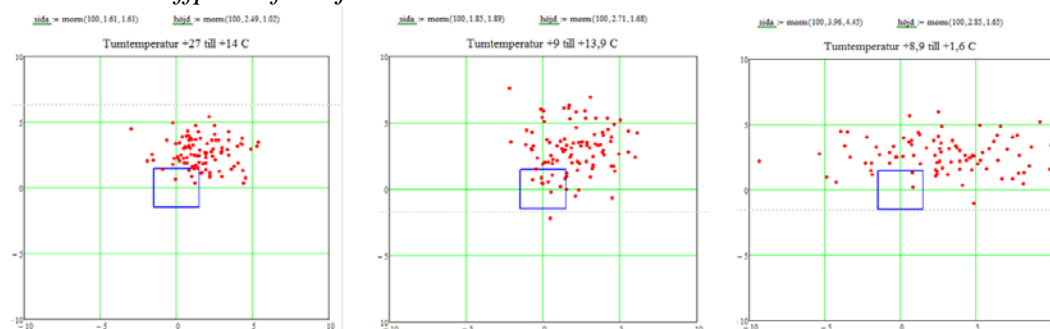
³² Ibid, s. 117.

Worst case – Träffsannolikhet beroende på yttertemperatur, beräknad mot kvadrat med sidan 3 m. Medelträffpunkt förskjuten.



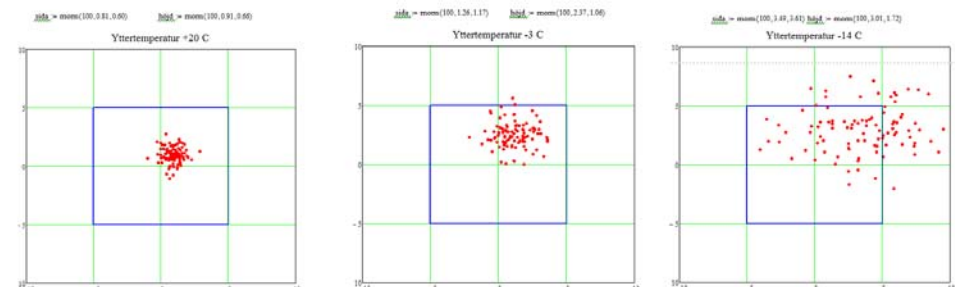
Yttertemp	Medel sida	Spridning sida	Medel höjd	Spridning höjd	Träffsannolikhet
+20°C	0,81	0,60	0,91	0,66	0,71 (71 %)
-3°C	1,26	1,17	2,37	1,06	0,086 (9 %)
-14°C	3,49	3,61	3,01	1,72	0,023 (2 %)

Worst case – Träffsannolikhet beroende på tumtemperatur, beräknad mot kvadrat med sidan 3 m. Medelträffpunkt förskjuten.



Tumtemp	Medel sida	Spridning sida	Medel höjd	Spridning höjd	Träffsannolikhet
+27-+14°C	1,61	1,61	2,49	1,02	0,074 (7 %)
+13,9-+9°C	1,85	1,99	2,71	1,68	0,089 (9 %)
+8,9-+1,6°C	3,96	4,45	2,85	1,65	0,038 (4 %)

Worst case - Träffsannolikhet beroende på yttertemperatur, beräknad mot kvadrat med sidan 10 m. Medelträffpunkt förskjuten.



Yttertemp	Medel sida	Spridning sida	Medel höjd	Spridning höjd	Träffsannolikhet
+20°C	0,81	0,60	0,91	0,66	1 (100 %)
-3°C	1,26	1,17	2,37	1,06	0,99 (100 %)
-14°C	3,49	3,61	3,01	1,72	0,569 (57 %)

Worst case – Träffsannolikhet beroende på tumtemperatur, beräknad mot kvadrat med sidan 10 m. Medelträffpunkt förskjutet



3.5. Analys

Det korrekta resultatet finns som tidigare nämnt någonstans mellan de *Best Case* och *Worst Case*. Jag kommer dela in analysen i fyra olika grupper för att lättare kunna angripa datan.

3.5.1. Utomhustemperatur – Best Case

Resultaten av robotarna skjutna med simulatorm inomhus säger att 94 % av skotten hade träffat med anslagsröret (direkträff) och därmed fått största möjliga verkan i målet. Robotarna skjutna vid -14°C har en träffsannolikhet på 13 %. Detta innebär alltså att drygt var tionde robot kommer träffa med anslagsröret och få optimal verkan i målet – i bästa fall.

Värt att notera är att redan vid en utomhustemperatur på -3°C så har sannolikheten för direkträff nedgått till 60 %, dvs. nästan varannan robot kommer missa.

Genom att ta med zonerdsdetonation i beräkningen blir träffbilden bättre. Vid lägsta temperaturen (-14°C) så träffsannolikheten nu 80 %. Vid en zonerdsdetonation är verkan dock inte lika god som vid en direkträff. Verkan beror till stor del på vilket avstånd och var i förhållande till flygplanet som roboten detonerar.

Vid större flygfarkoster, t.ex transportflygplan, så är det av stor vikt var skytten träffar. En zonerdsdetonation vid en vingspets påverkar sannolikt inte flygplanet lika kraftfullt som en zonerdssträff direkt över cockpit.

3.5.2. Tumtemperatur – Best Case

Vid användandet av träffsannolikhet som funktion av tumtemperatur så följer detta i stort samma mönster som för träffsannolikhet som funktion av utomhustemperatur. – Resultatet blir sämre ju kallare tummen är.

3.5.3. Utomhustemperatur – Worst Case

När medelträffpunkten justeras blir resultatet påtagligt sämre redan vid en utomhustemperatur på -3°C . Det som i *best case* var 60 % träffsannolikhet har nu blivit 9 % och vid -14°C har träffsannolikheten för direkträff minskat till 2 %, dvs. en robot av 50 kommer träffa med direkträff. Som tidigare nämnts är detta endast extremvärden och sanningen befinner sig någonstans mellan dessa värden och värdena för *best case*.

Zonrörsberäkningarna följer samma mönster men eftersom målytan blir betydligt större när zonrör tas med i beräkningen så kommer träffsannolikheten att vara betydligt högre.

Både vid $+20^{\circ}\text{C}$ och -3°C så är träffsannolikheten 100 % när zonröret är aktiverat. Dock så halveras nästan träffsannolikheten (57 %) när temperaturen faller till -14°C .

3.5.4. Tumtemperatur – Worst Case

I och med det kraftfulla spridningsmättet och målytans begränsade storlek i samverkan med förskjutningen av medelträffpunkten blir resultatet för samtliga temperaturgrupper en träffsannolikhet under 10 %. Dessa siffror är dock att ses som ett ändläge, ”det blir inte sämre än så här”.

3.5.5. Sammanfattning av analys

Mina uträkningar visar i stort på samma sak. Att skytten blir påtagligt sämre av kyla. Hur den exakta procentsatsen ser ut går inte att förutspå men jag har här tydligt definierat gränsvärdena. Om vi antar att sanningen ligger exakt mitt emellan dessa gränsvärden så får vi att vid den lägsta tumtemperaturgruppen ($8,9^{\circ}\text{C}$ - $1,6^{\circ}\text{C}$) att sannolikheten för direkträff är ca 9 %.

Om vi gör samma antagande, med samma temperaturgrupp, fast med zonrör detonation fås träffsannolikheten 62 %

För att sätta dessa värden i proportion till något så är motsvarande siffror 83 % samt 100 % för robotskotten skjutna inomhus.

Den enda mätningen som avviker, är avfyringarna då skyttarnas tumtemperatur var uppmätt till $+27$ - 14°C har ett sämre resultat än avfyringarna vid en utomhustemperatur på -3°C . Detta kan bero på att antalet testpersoner är relativt få och resultatet blivit något påverkat av slumpen.

3.6. Svar på frågeställning

3.6.1. Frågeställning 1

I vilken utsträckning påverkas robot 70-skyttens finriktningsförmåga av kyla?

Skyttens förmåga påverkas drastiskt av kyla. Vid en jämförelse av träffresultaten från inomhusskjutning med resultaten från skjutningen vid -14°C ses en stor skillnad. Sannolikheten för direkträff nedgår från ungefär 80 % i resultaten från inomhusskjutningarna till ungefär var 10:e robot vid -14°C . Zonrör detonation är dock att räkna med i de flesta fall, dock med sämre verkan än vid direkträff som följd.

3.6.2. Frågeställning 2

Hur kan robot 70 gruppens robotutrustning anpassas för att förbättra robotskyttens prestanda i kyla?

Vad min undersökning visat är att styrspaken kyler skyttens tumme, vilket får till följd att nervaktiviteten i tummen begränsas. Följden av detta blir sämre finmotorik vilket enligt mig bidrar till sämre träffresultat för skytten. Att isolera styrspaken eller byta material på denna skulle enligt min undersökning kunna göra skillnad.

4. Diskussion

4.1. Resultat

Resultatet av experimentet ser ut att följa teorin vad gäller hur kyla påverkar kroppens finmotorik. Vid en tumtemperatur på ca: 8°C så syns en brytpunkt då resultatet blir betydligt sämre. Detta stöds i teorin av Geng³³ som säger att det är vid ungefär denna temperatur som nervaktiviteten till det nedkylda påverkas drastiskt. Detta visar sig då i praktiken påverka skjutresultatet så till den grad att det inte verkar vara troligt att få en direktträff på ett rakt kommande flygföretag i låg hastighet. Eftersom detta kan ses som ett av de enklare bekämpningsförloppen så gör jag antagandet att vid svårare bekämpningsförlopp så kommer resultatet att bli betydligt sämre. Detta pga. att högre precision ställs på finriktningen vid t.ex. snabbare sidohastigheter. Faktorn grovriktning av siktet kommer förmodligen också den att påverka resultatet.

4.1.1. Hypotes

Hypotesen som prövades lød: *En robotskytts finmotorik påverkas av kyla så till den grad att träff inte är sannolik.*

Enligt mina resultat så påverkar kyla i högsta grad träffresultatet. Huruvida träff är sannolik eller inte beror på. En zonrörträff är att räkna med i de flesta fall. En direktträff däremot verkar vara osannolik vid en köldfaktor på flertalet minusgrader. Hur detta skall värderas ser jag som direkt knutet till den uppgift som robotgruppen givits och vilket krav denna ställer på verkan i målet.

4.1.2. Kylans påverkan

Styrspaken för finriktningen höll vid en utomhustemperatur på -14°C en temperatur av -14°C. Styrspaken är tillverkad av aluminium. Aluminium är en metall med en värmeledningsförmåga på ca: 205k(W/m*K)³⁴ (varierar något beroende på typ av aluminium). Detta innebär att metallen i styrspaken överför värmen från tummen till styrspaken med hjälp av principen *värmeledning*. Detta innebär i sin tur att tummen kyls väldigt mycket snabbare än om den bara utsatts för t.ex. *konvektion*.

Det verkar därför vara faktorn *värmeledning* som mest påverkar temperaturen hos skyttens tumme. Som tidigare refererats till, och som har bekräftats av mina egna undersökningar, är

³³ Geng, Q, *Hand Cooling, Protection and Performance in Cold Environment*, (National institute for Working Life, Stockholm: 2001), s. 8.

³⁴ Young, H. Freedman, A. *University Physics with modern physics 10th edition* (Addison Wesley Longman, Inc, Förlagsort saknas: 2000), s. 479.

att det endast tar ett fåtal sekunder för ett kallt aluminiumföremål att kyla ned ett finger till nära nollgradigt. De övriga faktorerna som påverkar kroppens temperatur; *konvektion*, *strålning*, *avdunstning* och *andning* är relativt försumbara i förhållande till värmeledningen från styrspaken. Det innebär ju dock inte att dessa faktorer inte spelar in, en skytt som har låg temperatur redan då han tar av sig handsken kommer även han/hon att rikta sämre. Detta anser jag innebär att valet av material på styrspaken inte är optimalt för verkan i kallt väder.

4.1.3. Stridsvärde

Samtliga testpersoner bar klädsel enligt *Bilaga 2*. Kläderna de bar var hela, rena och funktionsdugliga. Om skyttarna hade haft blöta och smutsiga kläder hade de påverkats kraftigare av *värmeledning*, då vatten leder värme ca 23 gånger bättre än luft. Skyttarna hade då förmodligen påverkats kraftigare av vasokonstriktion vilket inneburit en lägre temperatur i extremiteter som följd. Detta hade, med stöd av mina resultat bidragit till sämre träffresultat.

Testpersonerna hade vid testtillfället ett högt stridsvärde, både i form av vila, näring och utrustning. Detta bedömer jag påverkar resultatet så till vida att kroppen lättare behåller värmen vid högt stridsvärde och att resultatet vid testerna därför är att betrakta som bästa tänkbara, om det skall betraktas ur ett stridsvärdesperspektiv.

4.1.4. Val av målbana

Syftet med vald målbana var att minimera behovet av grovriktning för att kunna eliminera övriga felkällor eftersom syftet var att undersöka hur finriktningen påverkades av kyla. Hade istället en svår målbana, med hög mål hastighet, kortare avstånd och aggressiv dykvinkel valts hade kraven på skytten ökat. Grovriktning försvårar robotriktning så till vida att det inte är tillräckligt för skytten att vrida siktets gyrostabiliserade spegel med hjälp av styrspaken, utan hela sikteshuset måste manövreras i sid- och höjdled. Detta får bl.a. till följd att hjärnan måste kombinera fingrets små rörelser med den grövre rörelsen som sker i arm- och axelleder. Eftersom detta således lägger till extra rörelser sätts hjärnan på större prov, då det är hjärnan som sänder ut impulser till nervsystemet som i sin tur styr muskelrörelserna.

Jag bedömer att om en svårare målbana valts så hade resultatet blivit sämre, då detta hade tillfört extra moment för skytten som inte hade kunnat kraftsamla sina ansträngningar för att finrikta. Även här ser jag alltså att resultatet är att betrakta som bästa tänkbara, ur ett svårighetsgradsperspektiv.

4.1.5. Testpersoner

Testpersonerna som användes är samtliga utbildade på Robotsystem 70. Dock så hade det enligt mig varit önskvärt att kunna utföra testerna på en ineliggande Robot-70 pluton i slutskedet av deras utbildning. Detta för att få maximal prestanda på skyttarna. En sådan mätning var dock inte möjlig då det inte utbildades några robotskyttar när undersökningen gjordes. Jag ser det som en framtida uppgift att göra en undersökning med nyligen grundutbildade robotskyttar. Resultatet av undersökningen ur ett testpersonsperspektiv är på grund av att testpersonerna inte är nyutbildade robotskyttar, inte att betrakta som det bästa tänkbara. Dock så anser jag att resultatet är tillräckligt tillförlitligt med tanke på att samtliga personer är utbildade på robotsystemet och har spenderat åtskilliga timmar i robotsimulator.

4.1.6. Övriga observationer

Skyttarna vilka deltog vid simulatorskjutning vid -14°C observerade att det blev väldigt kallt kring ögat de siktade med. Följden detta fick var att de såg dubbelt och suddigt, vilket enligt de själva försämrade deras prestanda kraftfullt.

Skyttarna uppfattade att de blev utsatta för *värmeledning* av metallen vid högra styrspakens led. Leden består av metall och efter ett fåtal sekunder kände samtliga skyttar en brännande känsla på höger pekfinger där fingret låg an mot metallen. Känslan spreds sedan i handen.

4.2. Förslag på framtida forskning

För att få mer exakta mätningar anser jag att man bör kyla ned tummen till en viss temperatur och därefter skjuta ett antal simulerade robotar vid olika temperaturer för att se exakt hur temperaturen påverkar robotskyttens prestanda. Detta medger även att den nya simulatören används, då det endast är skytten som behöver kylas ned, inte robotsimulatören.

Detta arbete har endast avhandlat hur robotskyttens finriktningsprestanda påverkas av kyla. Genom att använda en svårare målbana kan även grovriktning adderas för att försvåra för skytten och se om även grovriktningsprestandan försämras av kyla.

Vidare så borde ett test där olika typer av skyddsutrustning för tummen/handen används och se hur detta påverkar prestandan. Och att även göra undersökningar om olika höljen kan fästas på styrspaken i syfte att undvika värmeledning, och se hur detta kan tänkas påverka prestandan hos skytten.

4.3. Slutsatser

Innan jag drar mina slutsatser vill jag åter poängtera att uträkningarna i arbetet utgår ifrån att träffsannolikheten är normalfördelad. Jag vill även poängtera att på grund av att jag använt mig av relativt få testpersoner i mitt experiment så är resultaten inte att se som några exakta sanningar, jag anser dock att materialet är tillräckligt för att påvisa att robotskytten blir påtagligt sämre i kyla.

Resultatet visar hur bra människan är på att skjuta Robot 70 simulator, det visar inte vad som händer när faktorer som nervositet, stress och ångest – krigets krav, läggs på skyttens axlar. Experimentet är gjort under *psykisk sterila* förhållanden. Med detta menar jag att ingen psykisk press finns på robotskytten. Därför kan resultatet av robotskotten i denna undersökning ses som bästa tänkbara i förhållande till hur testpersonernas psykiska miljö är jämfört med den psykiska miljön som är tänkbar i en insatssituation.

Min undersökning har visat att robotsystem 70 i nuvarande utförande med en styrspak i aluminium försvårar skyttens verkan i temperaturer vid -14°C och sannolikt även vid temperaturer några grader högre.

Med ett gott stridsvärde verkar skyttens tumtemperatur främst påverkas av temperaturen på styrspaken. Detta innebär att justeringar av styrspaken enligt mig vore önskvärt. Antingen genom att spaken byts till annat material, alternativt förses med någon form av gummihätta eller motsvarande för att undvika kontakt mellan tumme och metall.

Analysen av min insamlade data säger att vid -14°C är det med en normaltränad skytt inte att räkna med direktträff annat än i väldigt få fall – under *psykiskt sterila* förhållanden. Chansen att få en zonerlösning är dock att räkna med i de flesta fall vid samma givna utomhustemperatur. Detta innebär dock inte per automatik att flygföretaget blir bekämpat, då verkan nedgår pga. utebliven RSV (Riktad sprängverkan) samt utebliven restverkan från robotkroppen.

Vid den lägsta tumtemperaturgruppen ($8,9^{\circ}\text{C}$ - $1,6^{\circ}\text{C}$) är träffsannolikheten för direktträff väldigt låg, både i *worst case* och i *best case*. Enligt mina mätningar kommer skytten att få en direktträff med ungefär var 10:e robot. Tack vare zoneret i robot 70 så kommer träffsannolikheten dock att öka markant, men till bekostnad av mindre verkan i målet.

4.4. Sammanfattning

Kyla påverkar kroppen på många sätt. Bland annat så försämras finmotoriken kraftigt. Vid en temperatur på ungefär 8°C infinner sig domnad vilket får till följd att känseln i det nedkylda området är blir starkt begränsad om inte tillintetgjord.

Genom att genomföra simulerade robotskjutningar i olika temperaturer har jag kunnat ta reda på hur resultatet vid skjutning med Robotssystem 70 påverkas av kyla.

På grund av simulatorns begränsningar i att presentera om skottet träffade högt/lågt och vänster/höger så har jag fått beräkna träffsannolikheten i ett *best case* och ett *worst case*. Den verkliga träffsannolikheten ligger alltså någonstans mellan dessa gränsvärden. Jag har i mina uträkningar utgått från att träffarna är normalfördelade. Presentationen av robotskjutningarna redovisas både grafiskt och matematiskt.

Slutsatserna jag dragit är att skytten blir betydligt sämre i kallt väder. Vad gäller träffsannolikheten för direktträff så är denna enligt mina beräkningar relativt låg i en utomhustemperatur på -14°C , och sannolikt är den reducerad även vid en temperatur på några grader högre. Statistiken säger dock att en zonersträff är att räkna med i majoriteten av fallen.

Vad som verkar påverka skyttens tumtemperatur (och följaktligen även träffresultatet) mest är temperaturen på robotsiktets styrspak. Mina slutsatser angående detta är att styrspaken bör förses med någon form av isolering alternativt bör det göras försök med någon typ av handske. Byte av material i styrspaken kan även det vara aktuellt.

Uträkningarna i arbetet är gjorda utifrån antagandet att träffsannolikheten är normalfördelad.

5. Litteratur- och källförteckning

5.1. Källförteckning

Geng et. al. *Temperature Limit Value For Touching Cold Surfaces with the Fingertip*, (Oxford University Press, Förlagsort saknas: 2006)

Geng, Q, *Hand Cooling, Protection and Performance in Cold Environment*, (National institute for Working Life, Stockholm: 2001)

Hypotermi, kylskador, drunkningstillbud i kallt vatten, (Socialstyrelsen, Förlagsort saknas: 2003)

Instruktionsbok Robotssystem 70, M7786-010691, (Förlag saknas, Förlagsort saknas: 2005)

Skjutlära för armén, M7742-186012, (Förlag saknas, Stockholm: 1986)

5.2. Litteraturförteckning

Ashcroft, F, *Den yttersta gränsen*, (Bokförlaget Forum, Stockholm: 2000)

Ejvegård, R. *Vetenskaplig metod*, (Studentlitteratur, Lund: 2003)

Young, H. Freedman, A. *University Physics with modern physics 10th edition* (Addison Wesley Longman, Inc, Förlagsort saknas: 2000)

5.3. Bildförteckning

Instruktionsbok Robotssystem 70, M7786-010691, (Förlag saknas, Förlagsort saknas: 2005), kap. 5. s. 35.

Skjutlära för luftvärnet Eldrörsvapen, M7742-146001 (Förslag saknas, Stockholm: 1990), s. 99.

Vintersoldat, M7742-112112, (Förlag saknas, Förlagsort saknas: 1997), s. 14.

Bilaga 1 - Rådata

Data sorterad efter tumtemperatur:14-27,2°C

TEST#	MÅLBANA#	VIND (m/s)	UTETEMP (C)	TUMTEMP (C)	TID UTE (min)	RIKTFEL SIDA (m)	RIKTFEL HÖJD (m)
1.3	4	2	-3	14	12	0,8	2
3.3	4	2	-3	14,2	32	0,5	1,4
3.1	4	0	-14	14,6	30	2,7	0,7
1.1	4	0	-14	14,8	10	6,5	2
2.1	4	2	-3	15	20	0,8	2,8
2.3	4	2	-3	15	22	0,6	3,4
3.1	4	2	-3	15,2	30	1,6	2,8
1.3	4	2	-3	15,4	12	3,2	3,1
3.1	4	0	-14	15,4	30	1,4	4
1.2	4	2	-3	15,6	11	1,6	0,8
3.2	4	2	-3	15,6	31	0,6	3,3
2.3	4	2	-3	16,2	22	2,3	4,2
1.1	4	0	-14	16,2	10	0,8	3,1
1.1	4	2	-3	16,4	10	0,9	0,6
1.2	4	2	-3	16,4	11	0,9	1,9
2.1	4	0	-14	16,6	20	0,2	3,6
2.1	4	2	-3	17	20	1	1,8
3.3	4	2	-3	17,4	32	1,3	1,7
2.2	4	2	-3	17,8	21	0,6	2,7
2.2	4	2	-3	18,2	21	0,8	3,7
1.1	4	2	-3	19,6	10	6,4	3,7
3.2	4	2	-3	19,8	31	1,6	2,5
3.1	4	2	-3	21,6	30	1,4	1,2
2.1	4	2	-3	21,8	20	0	2,6
2.1	4	2	-3	24,2	20	1,4	2,8
1.1	4	2	-3	27,2	10	0,5	1,9
3.1	4	2	-3	27,2	30	3,1	2,8

Data sorterad efter tumtemperatur: 9,0-13,9°C

TEST#	MÅLBANA#	VIND (m/s)	UTETEMP (C)	TUMTEMP (C)	TID UTE (min)	RIKTFEL SIDA (m)	RIKTFEL HÖJD (m)
1.2	4	0	-14	9	11	7,9	1,9
3.2	4	0	-14	9	31	3,1	4,9
1.3	4	0	-14	9	12	1,5	6
3.3	4	2	-3	9,6	32	0,4	1,7
2.3	4	0	-14	9,6	22	0,3	0,8
1.2	4	0	-14	9,6	11	6,5	2,3
2.2	4	0	-14	10,4	21	0,6	3,1
2.2	4	2	-3	10,8	21	1,5	3,7
1.3	4	2	-3	11	12	0,7	2
1.2	4	0	-14	11,2	11	1,8	3,7
3.2	4	2	-3	11,6	31	1	2,5
3.3	4	2	-3	11,8	32	0,6	4,9
2.1	4	0	-14	11,8	20	1,4	1,3
1.2	4	2	-3	12,2	11	1	0,8
1.1	4	2	-3	12,4	10	1,5	1,9
2.3	4	2	-3	12,6	22	2	1,1
2.2	4	2	-3	12,8	21	0,2	1,8
2.1	4	0	-14	13,2	20	4,1	4,2
3.2	4	2	-3	13,2	31	0,4	2,1
3.1	4	0	-14	13,6	30	1,2	6,4
1.1	4	0	-14	13,6	10	0,5	1,8
3.1	4	2	-3	13,8	30	2,5	0,7

Data sorterad efter tumtemperatur 1,6-8,9°C

TEST#	MÅLBANA#	VIND (m/s)	UTETEMP (C)	TUMTEMP (C)	TID UTE (min)	RIKTFEL SIDA (m)	RIKTFEL HÖJD (m)
2.3	4	0	-14	1,6	22	13	3
1.3	4	0	-14	2,6	12	8,9	5,4
2.3	4	0	-14	3,4	22	1,9	4,1
2.2	4	0	-14	4,4	21	8,7	1,6
3.3	4	0	-14	5,4	32	3,2	0,7
3.3	4	0	-14	6,6	32	0,4	0,7
1.3	4	0	-14	6,8	12	2,3	1,6
2.2	4	0	-14	7	21	1,4	3,3
3.2	4	0	-14	7,2	31	2,2	2,2
1.3	4	2	-3	7,6	12	1,2	2,2
3.3	4	0	-14	7,8	32	11,2	6,2
3.2	4	0	-14	8,4	31	0,6	2,8
1.2	4	2	-3	8,6	11	0,2	1,9
2.3	4	2	-3	8,6	22	0,3	4,2

Data sorterad efter utomhustemperatur: -3°C

TEST#	MÅLBANA#	VIND (m/s)	UTETEMP (C)	TUMTEMP (C)	TID UTE (min)	RIKTFEL SIDA (m)	RIKTFEL HÖJD (m)
1.3	4	2	-3	7,6	12	1,2	2,2
1.2	4	2	-3	8,6	11	0,2	1,9
2.3	4	2	-3	8,6	22	0,3	4,2
3.3	4	2	-3	9,6	32	0,4	1,7
2.2	4	2	-3	10,8	21	1,5	3,7
1.3	4	2	-3	11	12	0,7	2
3.2	4	2	-3	11,6	31	1	2,5
3.3	4	2	-3	11,8	32	0,6	4,9
1.2	4	2	-3	12,2	11	1	0,8
1.1	4	2	-3	12,4	10	1,5	1,9
2.3	4	2	-3	12,6	22	2	1,1
2.2	4	2	-3	12,8	21	0,2	1,8
3.2	4	2	-3	13,2	31	0,4	2,1
3.1	4	2	-3	13,8	30	2,5	0,7
1.3	4	2	-3	14	12	0,8	2
3.3	4	2	-3	14,2	32	0,5	1,4
2.1	4	2	-3	15	20	0,8	2,8
2.3	4	2	-3	15	22	0,6	3,4
3.1	4	2	-3	15,2	30	1,6	2,8
1.3	4	2	-3	15,4	12	3,2	3,1
1.2	4	2	-3	15,6	11	1,6	0,8
3.2	4	2	-3	15,6	31	0,6	3,3
2.3	4	2	-3	16,2	22	2,3	4,2
1.1	4	2	-3	16,4	10	0,9	0,6
1.2	4	2	-3	16,4	11	0,9	1,9
2.1	4	2	-3	17	20	1	1,8
3.3	4	2	-3	17,4	32	1,3	1,7
2.2	4	2	-3	17,8	21	0,6	2,7
2.2	4	2	-3	18,2	21	0,8	3,7
1.1	4	2	-3	19,6	10	6,4	3,7
3.2	4	2	-3	19,8	31	1,6	2,5
3.1	4	2	-3	21,6	30	1,4	1,2
2.1	4	2	-3	21,8	20	0	2,6
2.1	4	2	-3	24,2	20	1,4	2,8
1.1	4	2	-3	27,2	10	0,5	1,9
3.1	4	2	-3	27,2	30	3,1	2,8

Data sorterad efter utomhustemperatur: -14°C

TEST#	MÅLBANA#	VIND (m/s)	UTETEMP (C)	TUMTEMP (C)	TID UTE (min)	RIKTFEL SIDA (m)	RIKTFEL HÖJD (m)
2.3	4	0	-14	1,6	22	13	3
1.3	4	0	-14	2,6	12	8,9	5,4
2.3	4	0	-14	3,4	22	1,9	4,1
2.2	4	0	-14	4,4	21	8,7	1,6
3.3	4	0	-14	5,4	32	3,2	0,7
3.3	4	0	-14	6,6	32	0,4	0,7
1.3	4	0	-14	6,8	12	2,3	1,6
2.2	4	0	-14	7	21	1,4	3,3
3.2	4	0	-14	7,2	31	2,2	2,2
3.3	4	0	-14	7,8	32	11,2	6,2
3.2	4	0	-14	8,4	31	0,6	2,8
1.2	4	0	-14	9	11	7,9	1,9
3.2	4	0	-14	9	31	3,1	4,9
1.3	4	0	-14	9	12	1,5	6
2.3	4	0	-14	9,6	22	0,3	0,8
1.2	4	0	-14	9,6	11	6,5	2,3
2.2	4	0	-14	10,4	21	0,6	3,1
1.2	4	0	-14	11,2	11	1,8	3,7
2.1	4	0	-14	11,8	20	1,4	1,3
2.1	4	0	-14	13,2	20	4,1	4,2
3.1	4	0	-14	13,6	30	1,2	6,4
1.1	4	0	-14	13,6	10	0,5	1,8
3.1	4	0	-14	14,6	30	2,7	0,7
1.1	4	0	-14	14,8	10	6,5	2
3.1	4	0	-14	15,4	30	1,4	4
1.1	4	0	-14	16,2	10	0,8	3,1
2.1	4	0	-14	16,6	20	0,2	3,6

Data sorterad efter inomhustemperatur: +20°C

TEST#	MÅLBANA#	VIND (m/s)	INNETEMP (C)	TUMTEMP (C)	TID INNE (min)	RIKTFEL SIDA (m)	RIKTFEL HÖJD (m)
1	4	0	20	24,8	X	1	0
2	4	0	20	27	X	0,7	1,5
3	4	0	20	28,4	X	2	0,4
1	4	0	20	33	X	0	0,9
2	4	0	20	28,8	X	2,2	1,9
3	4	0	20	29,6	X	1,1	2,3
1	4	0	20	20,6	X	0	1,1
2	4	0	20	19,2	X	0	0,8
3	4	0	20	19,6	X	0,1	1
1	4	0	20	20	X	1	0
2	4	0	20	19,6	X	1,4	0,1
3	4	0	20	19,4	X	1,2	0,1
1	4	0	20	22	X	2	2,4
2	4	0	20	22	X	0,9	2,1
3	4	0	20	22,4	X	0,3	1,9
1	4	0	20	30,4	X	2	1,1
2	4	0	20	27,8	X	0	0,6
3	4	0	20	28,4	X	0	0,1
1	4	0	20	24,8	X	0	0,5
2	4	0	20	27	X	0,2	0,4
3	4	0	20	28,4	X	0,9	0

Bilaga 2 – Utrustningslista

Följande utrustning bars av personalen under testet. Samtlig materiel är från Försvarsmakten.

Marschkänga 90
Stålgrå strumpor
Långkalsong 90
Kortkalsong 90
Fältskjorta 90
Tröja 90
Fältbyxa 90
Fältjacka 90
Fältmössa 90
Kroppsskydd 90
Tumvante vit m. ytterhandske. (togs av vid robotskott)