



Metodik för värdering av vapenprestanda

PERNILLA MAGNUSSON, MAJBRIIT HANSSON, MATS HARTMANN

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
Försvars- och säkerhetssystem
164 90 Stockholm

Tel: 08-55 50 30 00
Fax: 08-55 50 31 00

www.foi.se

FOI-R--2887--SE Metodrapport
ISSN 1650-1942 December 2009

Försvars- och säkerhetssystem

Pernilla Magnusson, MajBritt Hansson, Mats
Hartmann

Metodik för värdering av vapenprestanda

Titel	Metodik för värdering av vapenprestanda
Title	Methodology for assessment of weapons performance
Rapportnr/Report no	FOI-R--2887--SE
Rapporttyp Report Type	Metodrapport Methodology report
Sidor/Pages	23 p
Månad/Month	December/December
Utgivningsår/Year	2009
ISSN	ISSN 1650-1942
Kund/Customer	Försvarsmakten/Swedish Armed Forces
Kompetenskloss	4 Värdering av vapen- och skyddsteknik taktisk systemmässigt och miljömässigt

Extra kompetenskloss

Projektnr/Project no	E20523
Godkänd av/Approved by	Patrik Lundberg

FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut	FOI, Swedish Defence Research Agency
Avdelningen för Försvars- och säkerhetssystem	Defence & Security, Systems and Technology

164 90 Stockholm

SE-164 90 Stockholm

Sammanfattning

En metodik för värdering av vapenprestanda/vapeneffektivitet har tagits fram på uppdrag av Försvarsmakten. Metodiken ska kunna användas för att snabbt och enhetligt kunna bistå Försvarsmakten (och t.ex. FMV) med underlag.

Denna metodik föreslår ett arbetssätt för hur man kan gå tillväga för att värdera prestanda hos olika typer av vapen.

I denna rapport ges olika exempel på utförda värderingsarbeten på vapenprestanda som sammanfattas i ett förslag på arbetsmetodik. Genom att konstruera metodiken utifrån utförda simuleringar får man bekräftelse på dess användbarhet.

Som exempel på värderingar valdes två arbeten som gjordes på GBU12 respektive GBU12, GBU39 och GBU49 samt ett arbete på bataljonsartilleri. I samtliga exempel är återanvändning av indatafiler central och de två första visar att man även kan återanvända vissa resultatfiler (här filer med brisadpunkter).

Den viktigaste delen av rapporten är dock kapitel 4 där den föreslagna metodiken redovisas, från planeringsstadiet till rapporteringen. Metodiken kan appliceras på både kända vapen där beskrivningar helt eller delvis finns för simuleringsverktyget, och även på nyare mindre kända vapen som saknar beskrivning vid arbetets början.

De exempel som denna metodik bygger på är utförda i simuleringsverktyget AVAL (Assessment of Vulnerability And Lethality), men metodiken bör kunna nyttjas oavsett vilket verktyg man vill använda.

Nyckelord: Vapenprestanda, vapeneffektivitet, vapensystem, vapenverkan, stridsdel, värdering, verkansvärdering, indirekt eld, direkt eld

Summary

A methodology for the assessment of weapons performance/efficiency has been derived on commission from the Swedish Armed Forces. The methodology can be used to quickly and uniformly be able to assist the Swedish Armed Forces (and e.g. FMV) with data for decision-making.

This methodology suggests work procedures for how one can assess the performance of different types of weapons.

This report gives examples of performed work on assessments of weapons performance which is summarised into a suggested work methodology. By constructing the methodology on performed assessments its usability is confirmed.

Three pieces of work were chosen as examples; the first on GBU12, the second on GBU12, GBU39 and GBU49 and the third on battalion artillery. In all three the re-use of input files is essential and the first two also shows that it is possible to re-use output files as well (burst point files).

Chapter 4, where the proposed methodology is presented, is the most central part of the report. The methodology can be applied both on known weapons, where partly or complete descriptions are available, and also on newer, less known weapons, which lack descriptions at the beginning of the work process.

The examples founding this methodology are performed with the simulation tool AVAL (Assessment of Vulnerability And Lethality), but it should also be able to be used regardless the tool.

Keywords: Weapon performance, weapon efficiency, weapon system, weapons effect, warhead, assessment, vulnerability assessment, indirect fire, direct fire

Innehållsförteckning

1	Inledning	8
2	Bakgrund	9
2.1	Verktyg	9
2.1.1	Stridsdelsbeskrivningar	9
2.1.2	Vapenbeskrivning	10
3	Exempel	12
3.1	Verkanssimuleringar GBU12	12
3.1.1	Bakgrund.....	12
3.1.2	Stridsdelsbeskrivning	12
3.1.3	Målbeskrivningar	12
3.1.4	Simuleringsfall.....	12
3.1.5	Resultathantering.....	12
3.1.6	Simuleringsresultat	13
3.2	GBU12, GBU39 och GBU49.....	13
3.2.1	Bakgrund.....	13
3.2.2	Metod och arbetsgång	13
3.2.3	Stridsdelsdata	14
3.2.4	Målbeskrivningar och val av topphändelser.....	14
3.2.5	Skapa indatafiler	15
3.2.6	Simulera	15
3.2.7	Resultatanalys	15
3.2.8	Tidsåtgång för de olika momenten och några allmänna synpunkter	18
3.3	Bataljonsartilleristudien	18
3.3.1	Bakgrund.....	18
3.3.2	Beskrivning av uppgiften.....	18
3.3.3	Namngivning av filer	19
3.3.4	Stridsdelsbeskrivningar och vapenbeskrivningar	20
3.3.5	Scenfilen	20
4	Förslag på arbetsmetodik	21
4.1	Planering	21
4.2	Stridsdelsbeskrivning	21
4.3	Vapenbeskrivning	21
4.4	Målbeskrivning	22
4.4.1	Målens funktionsstatus - Utslagning.....	22
4.5	Scenariobeskrivning.....	22
4.6	Simulera	23
4.7	Resultatanalys.....	23

4.8 Rapport..... 23

1 Inledning

Inte sällan finns behov av att värdera ett vapens prestanda, dvs. verkans effekten i olika mål. Denna fråga blir allt viktigare då Sverige finns med på internationella uppdrag där man utsätts för hot av olika slag som i något skede kan behöva bekämpas.

Med värdering av vapenprestanda menas här en systemprestandabedömning av vapnets förmåga att bekämpa ett givet mål (uppnå en förutbestämd funktionsförändring hos målet). Detta kan göras på olika detaljnivå men vanligtvis görs detta med minskad detaljnoggrannhet där fokus ligger på de funktioner som påverkar verkans effekten.

Resultat från en värdering kan användas som underlag vid framtagning av användningsinstruktioner, reglementen och utbildningsmateriel. Ett arbetssätt av det här slaget kan även utnyttjas för att jämföra olika vapensystem vid t.ex. nyanskaffning.

Vapnets prestanda tillsammans med en scenariobeskrivning där vapnet utnyttjas ger även möjligheter till skattningar av logistikbehov för ammunitionsförsörjning, (ammunitions)kostnad för en bekämpningsinsats och liknande.

Den föreslagna metodiken baseras till största del på den erfarenhet som samlats i samband med genomförda värderingar och simuleringar, och då i huvudsak med verktyget AVAL (Assessment of Vulnerability And Lethality), men metodiken är inte tänkt att vara begränsad till AVAL. Metodikbeskrivningen ska vara en vägledning för hur vapenprestandavärderingar kan genomföras. Den är inte avsedd att i detalj styra arbetet då behoven varierar från fall till fall och arbetssättet därmed måste tillåtas variera. Dock bör de föreslagna huvudpunkterna vara aktuella i nästan alla värderingsarbeten.

Nytan med en metodikbeskrivning för värdering av vapenprestanda är att genomförda värderingar kan bli enhetligare, snabbare och därmed även billigare. Detta oavsett vem som bistår mottagaren med värderingsunderlag för hur ett vapen kan och bör användas för att uppnå önskad verkan i målet samt vilka vapen- och ammunitionssorter som är lämpliga att använda i olika fall. Enhetlighet i värderingsarbeten, och framförallt redovisningen av dem, underlättar resultathanteringen och resultattolkningen för beställaren.

Här behandlas i första hand tekniska delar av värdering av vapeneffektivitet/prestanda och det gäller huvudsakligen för stridsdelens verkan. Områden som måldetektion, målidentifiering, skyttens skicklighet, taktik o.dyl. behandlas mer översiktligt eller inte alls.

2 Bakgrund

I simuleringar av vapenverkan utgör stridsdelsbeskrivningen den centrala delen. Stridsdelens funktion utgör indata till beskrivning av verkanseffekten och måste därför beskrivas så detaljerat som möjligt.

Även träffnoggrannheten/träffsannolikheten är en viktig del i värdering av vapenverkan och beror av siktesutrustningen och/eller skyttens skicklighet, väder och vind, fel i skjutande enhets eget läge, fel i målets angivna läge, mm.

Vapenverkansvärdering kan övergripande ske på två sätt, dels som absolut värdering och dels som relativ värdering. Med absolut värdering avses en beräkning av prestanda hos systemet, medan en relativ värdering handlar om att jämföra systemets prestanda med ett referensfall. I båda grupperna kan frågeställningar som dessa ingå:

- Procentuell nedkämpning av ett givet mål
- En uppskattning av ammunitionsbehov för att uppnå en viss bekämpning.
- Förmåga att penetrera ett skyddsmaterial
- Jämförelse mellan två eller flera vapentyper.
- Riskbedömning för egen personal eller 3:e man.

För att snabba upp värderingsprocessen vid skapandet av alla de datafiler som simuleringsverktyget kräver bör man återanvända befintliga filer så långt det är möjligt. Återanvändningen handlar dels om indatafiler och analysjälpmedel samt av målbeskrivningar och stridsdelsbeskrivningar. Målsättningen är att ge ett så komplett värderingsunderlag som möjligt samtidigt som återanvändningen skall vara hög för att ge en begränsad arbetsinsats och bra spårbarhet.

2.1 Verktyg

I Sverige (FOI, FMV, FM och industri) används AVAL (Assessment of Vulnerability And Lethality), men är även kommersiellt tillgänglig. AVAL är Monte Carlobaserat och använder sig av enklare beräkningar och modeller, för att få relevanta resultat krävs därför mycket indata. Indata kan tas fram genom försök eller beräkningar och ofta krävs också kvalificerade antaganden för att minska tiden för framtagande av indatafiler. AVAL kan användas för simuleringar av verkan av konventionella vapen i mark-, sjö- och luftmål. IML har utsett AVAL till att vara det naturliga valet av verktyg för denna typ av frågeställningar inom försvarsmyndigheterna¹. I andra länder finns ofta nationellt hemliga verktyg av liknande typ som AVAL.

2.1.1 Stridsdelsbeskrivningar

De principer och modeller som används för att ta fram en stridsdelsbeskrivning varierar i allmänhet beroende på simuleringsverktyg, verkansform och i viss mån verkansprincip.

Till AVAL behöver man beskrivningar av exempelvis följande delar för att bygga upp en stridsdelsbeskrivning²:

- Geometri och massa på penetrator/penetratorer. Används bl.a. för att beräkna luftbromsning.
- Penetrationsförmågan och håldiameter. som funktion av hastighet eller stand-off.
- Hur penetrationsförmågan påverkas av snett anslag, snedställning, penetration i skiktat mål, mm.

¹ C IML Ställningstagande: Värderingsmodellen AVAL - Specifika handlingsregler, IML Ärendebeteckning: IML:07-029:1, 2009-01-13.

² Andreas Tyrberg, Anna-Lena Berg, Camilla Andersson, Sten Andreasson, Stefan Olsson, Niklas Wingborg, Jon Tegnér, "Prestandavärdering -Lägesrapport", FOI-R--2174--SE, 2006.

- Generering av primär- och sekundärsplitter vid genomslag.
- Övriga faktors påverkan. Exempelvis reaktiva skydds inverkan eller hur projektilen från en projektilbildande RSV fragmenteras vid passage av ett yttre skydd.

För att göra en noggrann stridsdelsbeskrivning krävs normalt en stor mängd data. Dock kan vanligtvis vissa delar förenklas vilket gör det möjligt att återanvända redan befintliga datafiler. De allra flesta filer till AVAL går att helt eller delvis återanvända och på så sätt kan man spara mycket tid.

För befintliga system är det oftast minst arbetskrävande att få fram indata genom försök och det finns parametrar som vanligen inte kan beräknas med tillräcklig noggrannhet. På grund av begränsningarna i att beräkna indata för stridsdelsbeskrivningar är det ofta lättare att genomföra relativa värderingar och enbart undersöka vilken effekt förändringarna har på resultatet.

För nya eller ovanliga system finns det ibland inga möjligheter att göra försök varför man då blir hänvisad till att få fram indata genom beräkningar, uppskattningar och andra typer av bedömningar.

Om man ska beräkna fram indata för t.ex. RSV-, splitter eller tryckverkansdelar kan man med fördel använda något av de kontinuumdynamiska beräkningsprogrammen LS-DYNA, Autodyn eller GRALE2D.

Kontinuumdynamiska beräkningar har dock begränsningar och då ofta i form av brist på materialdata och materialmodeller, speciellt för nya material (däribland nya typer av explosivämnen). Beräkningstiden kan också vara en begränsande faktor.

Det finns också en mängd förenklade beräkningsverktyg för att uppskatta projektil- och RSV-penetration, tryckverkan etc. Ett sådant verktyg som används regelmässigt är Split-X.

Split-X är ett program som används för att beräkna splitterutkastningsvinklar och splitterhastigheter för splitterstridsdelar. Split-X kan även användas för att uppskatta inverkan av sprängämnestyp. Då stridsdelens hölje är förfragmenterat eller har styrd fragmentering fungerar Split-X bäst. Om höljet däremot är tänkt att fragmentera naturligt krävs en större mängd materialdata för att få tillräckligt bra resultat.

Split-X utgår från en geometrisk beskrivning av stridsdelen, materialdata för hölje och explosivämne och beräknar hur splittren fördelar sig gällande massa, hastighet, form, riktning och luftmotstånd. Värdet av beskrivningen beror på det underlag som finns om stridsdelen tillsammans med erfarenhet av andra beskrivningar. Split-X ger en resultatfil som sedan kan läsas in i AVAL som omvandlar innehållet till användbara indatafiler.

Det kan även finnas behov av sensorsimuleringar, simulering av sannolikhet för upptäckt och liknande, allt beroende på vilket vapensystem som är av intresse för tillfället.

2.1.2 Vapenbeskrivning

När man ska bedöma verkan av ett vapensystem måste man även ha en beskrivning av systemets prestanda, i form av riktnoggrannhet, ballistik, målinmätning osv.

Alla vapens precision är beroende av hur exakt det är möjligt att träffa målet. Precisionen är således beroende av typ av riktmedel och dess precision, fel i målets läge (speciellt om målet rör på sig), fel i eget läge (gäller indirekta system), spridning av projektilens hastighet p.g.a. t.ex. kruttemperatur, utskjutningsvinkel, nedslagsvinkel, väderförhållanden, elldledningsfel och andra faktorer. För vapensystem med styrd ammunition inverkar även styrförmågan, medförda sensorer och motsvarande.

I vissa fall (framför allt för handhållna vapen) spelar även skyttens skicklighet in i träffpunktsspridningen. När det gäller siktesutrustningens fel så kan de finnas angivna i

t.ex. skjutreglementet för aktuellt vapenslag medan skyttens skicklighet är svårare att bedöma och behandlas inte i denna rapport.

Väder och vind har en stor betydelse för träffnoggrannheten och det finns regelverk för hur man ska kunna ta hänsyn till detta. Man kan göra beräkningar på hur vädret påverkar utifrån väderobservationer eller prognos. I skjuttabellerna finns längd- och breddspridning tabellerat för alla laddningar för olika skjutavstånd i dessa är det medräknat en 50 % spridning på grund av vind på 0,5 m/s i vardera riktningen.

3 Exempel

Här följer tre exempel på simuleringsarbeten där vapenprestanda värderats med hjälp av AVAL, i alla tre fall handlar det om splitterstridsdelar.

3.1 Verkanssimuleringar GBU12

3.1.1 Bakgrund

Simuleringar med hjälp av AVAL av verkan av GBU12 i olika mål³. AVAL användes i först i 'Vulnerability-mode' för att få jämt fördelade brisadpunkter som sedan konverterades till format som överensstämde med 'Lethality-mode'.

3.1.2 Stridsdelsbeskrivning

Splitterdata för stridsdelsbeskrivningen av MK82 (som utgör själva bombkroppen i GBU12) skapades med hjälp av Split-X och jämfördes med experimentella data. För att kunna jämföra med de experimentella data som gäller för en bomb med tändare i nosen gjordes även Split-X-körningarna på en sådan utformning. Då experimentella data stämde väl överens med de från Split-X flyttades tändaren till aktern där den ska sitta i det aktuella fallet. Data från Split-X fördes in i AVAL för att konstruera den slutliga stridsdelsbeskrivningen avsedd för AVAL.

3.1.3 Målbeskrivningar

Mål som ansågs intressanta var: Stridsvagnar, pansarskyttefordon oskyddat personfordon, Soldat med hjälm och skyddsväst, oskyddad person, ledningscontainer, skyttevärn samt ett flygplan på mark. De flesta fanns redan tillgängliga och de som nyskapades gjordes med en låg detaljeringsnivå.

3.1.4 Simuleringsfall

En normal fallbana hos GBU12 är nedslagsvinkeln ca 55° från markplanet enligt simuleringar, och nedslagshastigheten är ca 300 m/s med endast liten spridning från fall till fall. För att studera varierande nedslagsvinklar gjordes även simuleringar för andra vinklar. I alla simuleringsfall ansattes nedslagshastigheten till 300 m/s. Splitterspridningen från en bomb med nedslagsvinkeln 90° är cirkulärsymmetrisk, men inga andra vinklar får den symmetrin. För att få rättvisande resultat bekämpades varje mål från åtta olika angreppsvinklar (mätt från målets framåtriktning), 0°, ±45°, ±90°, ±135° och ±180°.

I varje simulering gjordes 100 000 bombnedslag, nedslagspunkterna fördelades med 10 nedslag per ruta i ett rutnät med 100 x 100 rutor där rutans sida är 2 meter, målet placerades i centrum av rutnätet. De 10 nedslagen i varje ruta placerades ut slumpmässigt. Målets status kontrollerades 100 sekunder efter starten av simuleringen (ca 98 sekunder efter bombens brisadtidpunkt).

3.1.5 Resultathantering

För att förenkla redovisningen av de stora mängderna resultat sammanställdes data på enkla sätt: Resultaten som presenterades var oberoende av angreppsriktningen och redovisar i första hand verkan vid normal fällning enligt ovan. Resultaten ska även visa verkan vid andra nedslagsvinklar. Resultaten redovisades som verkan i olika typer av mål,

³ Hartmann, "Underlag för verkanssimulering GBU12", FOI-DH--0046--SE, 2008

inte speciella modeller av en viss typ. Figur 1 visar en liknande presentation, dock mer avgränsad.

För att kunna presentera resultaten på ovan nämnt sätt grupperades alla simuleringsresultat som kom ifrån simuleringar med samma nedlagsvinkel för varje måltyp. Hur många bomber som fallit ned inom ett specificerat avståndintervall kontrollerades och hur många av dessa som påverkat målet så att topphändelserna hade inträffat. Toppändelserna i målbeskrivningens felträd definierar utslagning av målet.

En parameter som kan vara svår att hantera är hur man definierar utslagning. Resultaten påverkas starkt av vilken händelse som väljs som utslagsdefinition.

3.1.5.1 Känslighetsanalys

Eftersom det var ovisst när tändsystemet tände bomben gjordes även en känslighetsanalys genom att variera fördröjningen i tändsystemet i tre olika fall. De tre fallen gav mycket lika resultat och slutsatsen var att dessa små fördröjningsskillnader inte påverkade simuleringsresultaten nämnvärt.

3.1.6 Simuleringsresultat

Simuleringsresultaten för varje mål redovisas som diagram med utslagssannolikheten som funktion av avståndet från målets centrum, i varje diagram visas resultat från de tre nedslagsvinklarna. Dessutom redovisade man även brisadläget för samtliga bomber som ledde till utslagning av målet. Denna redovisning var uppdelad i tre grupper motsvarande de tre simulerade nedslagsvinklarna. Vid 90° uppträder bomben symmetriskt och endast en angreppsriktning visas. För de övriga två vinklarna visas alla åtta angreppsriktningar. Om målet har olika skyddsegenskaper i olika riktningar skulle detta ha visat sig med en sådan här resultatredovisning. Ett exempel på typiskt utseende för denna resultatredovisning återfinns i figur 2.

3.2 GBU12, GBU39 och GBU49

3.2.1 Bakgrund

Här återanvänds stora delar av arbetssättet för effektivvärdering av GBU12. Frågeställningen för detta arbete var ”hur nära måste man komma för att slå ut målet?” Skillnaden mellan GBU12, GBU39 och GBU49 testades samt skillnader i mark- och luftbrisad för GBU39 och GBU49⁴. AVAL användes först i ’Vulnerability-mode’ för att få jämt fördelade brisadpunkter (från GBU12 ovan) som sedan konverterades till format som överensstämde med ’Lethality-mode’. För markbrisad användes brisadpunkterna direkt och för luftbrisad återanvändes brisadpunkternas x- och y-värden medan z-värdet ändrades.

3.2.2 Metod och arbetsgång

I arbetet återanvändes brisadpunkter och indatafiler från den tidigare värdering av GBU12, enligt exemplet ovan. konverteringen av brisadpunktsfiler tog mycket tid och återanvändning av brisadpunkterna är därför central för att minska tidsåtgången. Återvinningen av indatafiler är även den central för att minska tidsåtgången.

Nedan beskrivs i stort arbetsgången som användes i studien.

- Ta fram stridsdelsbeskrivning/ar
- Val av målbeskrivningar

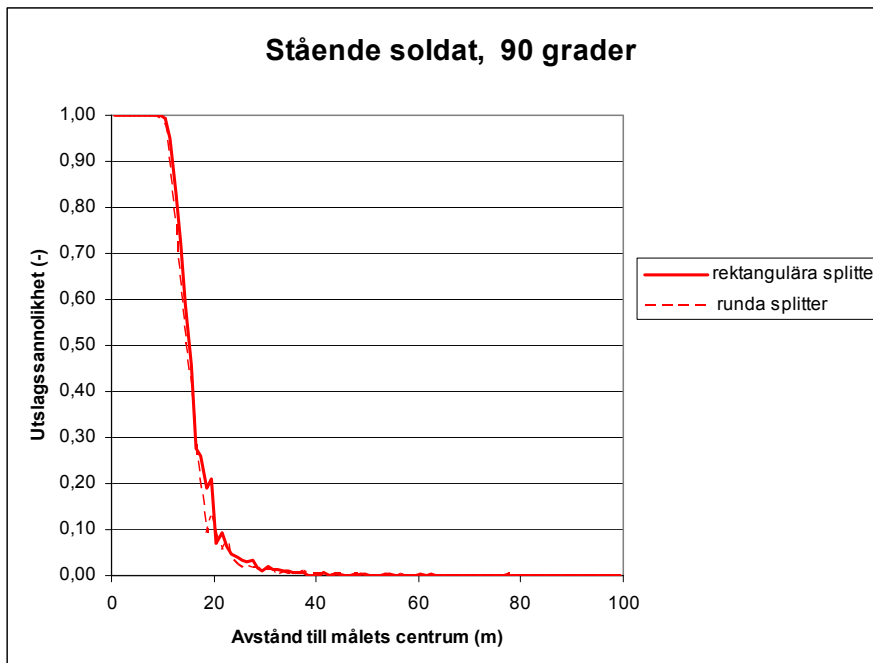
⁴ MajBritt Hansson ”Rapportering av Utredning av Positionskrav”, FOI Memo H0640, 2008

- Val av topphändelser
- Skapa indata
- Simulera
- Resultatanalys

3.2.3 Stridsdelsdata

Splitterdata för stridsdelsbeskrivningen av MK82 (som utgör själva bombkroppen i GBU 12, GBU39 och GBU49) fanns tillgängligt.

När AVAL konverterar den beskrivning som Split-X tar fram så antas alla splitter vara runda. Eftersom formen påverkar genomslagsförmågan så kan man därför kompensera för detta genom att förändra referensdiametern för varje splitter. Hur referensdiametern ändras beror på splittrets form och i AVALs referensmanual anges hur man går tillväga. Figur 1 visar ett exempel på högre utslagssannolikhet för de rektangulära splittren jämfört med de runda. I detta exempel ökar utslagningssannolikheten ca 10 % för nedslagspunkter som ligger närmare än 20 meter från en stående soldat för rektangulära splitter.



Figur 1. Skillnad i utslagssannolikhet för ett fall med de runda splitterna omräknade till rektangulära splitter.

3.2.4 Målbeskrivningar och val av topphändelser

Värdet av den värdering som görs är helt beroende av målbeskrivningarna och vilken detaljeringsgrad dessa har. En målbeskrivning är oftast tidsödande att ta fram. Det mest tidseffektiva är därför att återanvända målbeskrivningar. Samtidigt är beskrivningen av mål viktiga för effektvärderingen av stridsdelen och det är därför viktigt att använda flera olika målbeskrivningar.

Målbeskrivningarna som används i detta exempel är stridsvagnar T72 och T80, pansarskyttefordon BMP2 och BMP3, personer (stående och liggande soldat, stående och liggande civil person), generiskt flygplan på mark, oskyddat fordon (en enkel Toyota Landcruiser -beskrivning), ledningscontainer samt ett skyttevärn.

AVAL presenterar slutresultatet i form av utfallssannolikheter av topphändelser. Dessa väljs utifrån varje måls förbestämda händelseträdbeskrivning

I detta fall så är avsikten att få jämförbara mått på verkan mot olika måltyper. Måttet eller topphändelsen som valts har därför varit utslaget mål. I detta fall behövde målbeskrivningarna för oskyddat fordon och det generiska flygplanet ändras från grundutförandet. För oskyddat fordon är det inte fordonet som är intressant utan de personer som färdas i fordonet, dvs. en topphändelse som visar minst en utslagen person har lagts till. Flygplansbeskrivningen är gjord för att värdera effekten under ett uppdrag (dvs. planet är i luften) och behöver anpassas till att beskriva ett skadat flygplan på mark. Toppshändelsen blev komplementet till oskadat flygplan.

För soldater/personer är topphändelsen att soldaten/personen är utslagen. Utslagen ledningscontainer innebär minst 3 av 6 personer utslagna och för skyttevärdet slås minst en person eller vapnet ut. För resterande fordon är topphändelsen antingen rörelseförmåga, eldgivningsförmåga och/eller ett antal soldater utslagna för alla mål utom T72. Antalet soldater är olika för respektive fordon, en för T80 och 3 för pansarskyttefordonen.

3.2.5 Skapa indatafiler

För att göra en enstaka simulering med hjälp av AVAL behöver man en simuleringsfil, en casefil och en brisadpunktsfil. Brisadpunktsfilen för markbrisad återanvänds från tidigare arbeten. Vanligtvis används casefilen för att ta fram brisadpunktsfilen, men i detta arbete användes den enbart för att beskriva var man hittar indata. Alla indata och resultatfiler som används heter likadant men läggs i olika mappar för att underlätta kopiering av indatafiler och för resultatbearbetningen.

Casefilen beskriver vilken stridsdel som används, hur stridsdelen skjuts mot målet samt hur många Monte Carlo cykler simuleringen ska bestå av. Simuleringsfilen beskriver vilka sekundära fenomen (brand, initiering av lagrad ammunition mm.) som ska inkluderas i simuleringen och vid vilka tidpunkter målets status ska kontrolleras.

Dessa indatafiler sparas i en katalogstruktur som också återanvänds. Hela katalogen kopieras och sparas förslagsvis som 'A67-namn på vapen' om AVAL version 6.7 används. Under denna katalog återfinns stridsdelsbeskrivningar, målbeskrivningar och där finns också mappen 'Calc'. Under 'Calc' skapas en mapp för varje måltyp. Under måltypen finns en mapp för varje simuleringsfall av nedslagsvinkel och anfallsvinkel, exempelvis 'Psi 0.7854Theta-0.9669' för nedslagsvinkeln 55.4° och anfallsvinkel 45°.

3.2.6 Simulera

Den stora tidsbesparingen kan göras under simuleringarna eftersom de sköter sig själva om man lyckats få rätt i alla filer och filnamn. Men viss tid går åt till att övervaka, följa upp och starta nya simuleringar.

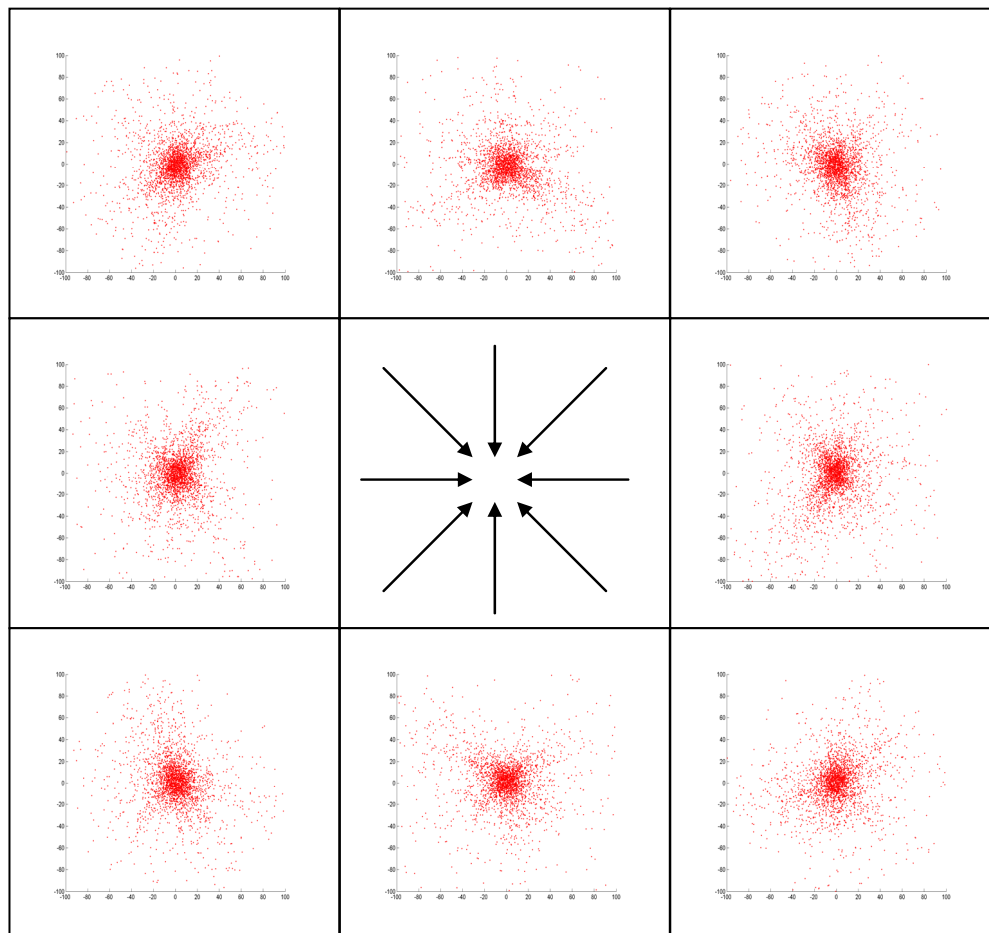
Varje kombination av stridsdel och mål innebär i detta fall 100 000 simuleringar. För en stridsdel med många splitter så tar en simulering med en nedslagsriktning och en anfallsriktning och 100x100 rutor med 10 nedslag i varje ruta ungefär en till två timmar beroende på måltyp. För 3 nedslagsvinklar innebär detta 300 000 simuleringar, dvs. 3-6 timmar. Med 8 anfallsriktningar så får man 1 700 000 simuleringar som tar ca 17 till 34 timmar. För 12 måltyper blir det ca 2-3 dygn resp. 24 dygn.

3.2.7 Resultatanalys

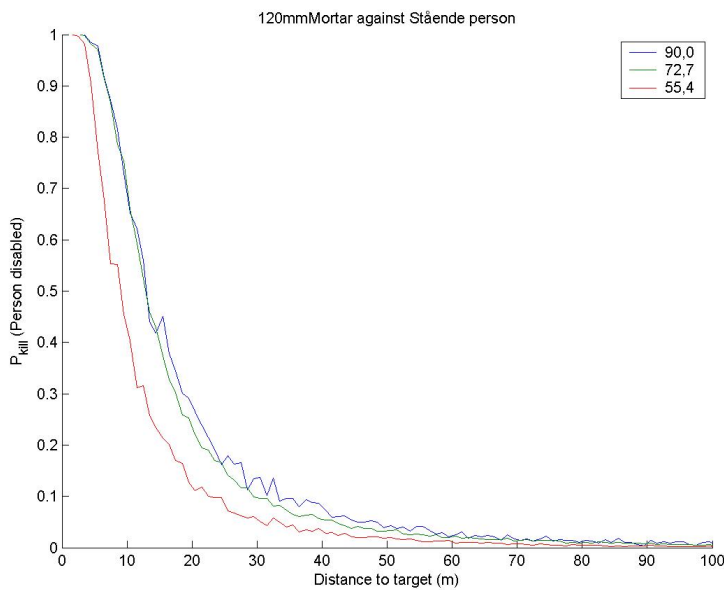
Analysen kan starta parallellt med simuleringarna så fort det finns data att analysera. Simuleringarna för en måltyp bör vara färdiga innan analysen kan påbörjas, eftersom hela måltypen lämpligen behandlas samtidigt. Analysen görs t.ex. med hjälp av Matlab och Excel och/eller egna rutiner. Det som beskrivs här är den metod som togs fram till GBU12-värderingen i det första fallexemplet. Metoden skapades ursprungligen för fall där resultat för flera anfallsriktningar mot målet finns som underlag men fungerar även med en.

Det skapades en Matlabrutin som ger figurer för varje par av nedslagsvinkel och anfallsvinkel på vilka nedslagspunkter som ger utslaget mål efter den topphändelse man själv väljer, se figur 2, samt ger en sammanfattande utslagssannolikhet beroende på avståndet mellan brisadpunkt och målets centrum, se figur 3. Den sammanfattande sannolikheten beräknas såsom ett medelvärde av graden av nedkämpning för alla anfallsriktningar för respektive avstånd, som delas in i 5 meters steg.

Hur resultaten bör presenteras varierar naturligtvis från fall till fall, men en av styrkorna med AVALs sätt att spara resultatfiler är att de är läsbara textfiler som kan läsas in av i princip alla verktyg som hanterar numeriska data.

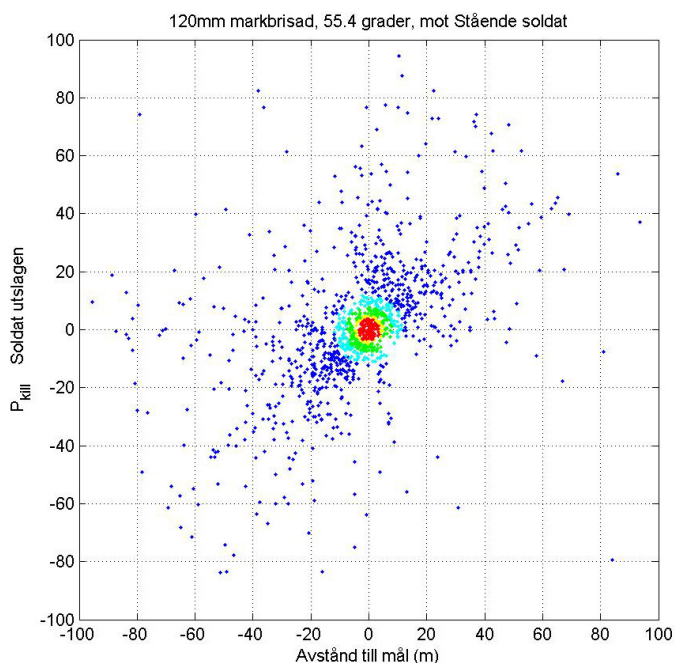


Figur 2. Exempel på plottar över utslaget mål för en nedslagsvinkel för alla åtta anfallsvinklar. Målet är placerat i mitten av området och respektive figur redovisar de brisadpunkter som gav utslagning av målet från respektive riktning (redovisad genom pilarna i mittenrutan). Målets framsida är riktad åt vänster.



Figur 3. Exempel på sammanslaget resultat där utslagssannolikheten redovisas som funktion av det horisontella avståndet till målmitt. De olika kurvorna redovisar utslagssannolikhet för olika nedslagsvinklar.

Det skapades ytterligare Matlabrutiner för att lägga ihop utslagssannolikheten i figurerna med nedslagspunkter. Genom att färgsätta punkterna efter utslagssannolikheten för avståndet så kan man få en bild av effekten av stridsdelen beroende på nedslagspunkt och måltyp, se figur 4.



Figur 4. Exempel med färgkodning av utslagssannolikhet som funktion av avstånd för de nedslagspunkter som gett utslagning. Rött > 0.8, gult > 0.6 men <= 0.8, grönt >0.4 men <=0.6, cyan >0.2 men <= 0.4 och blått > 0 men <=0.2. Nedslagsvinkel är 55.4° och anfallsvinkel 45°.

För att använda dessa rutiner krävs det att tabellen för utslagssannolikhet mot avstånd och den resultatfil som innehåller de nedslagspunkter som innebär utslagning slås ihop.

3.2.8 Tidsåtgång för de olika momenten och några allmänna synpunkter

- Stridsdelsbeskrivning/ar
- Val av målbeskrivningar
- Val av topphändelser
- Skapa indata
- Simulera
- Resultatanalys

Indataprepareringen för en stridsdel och måltyp tar 1-2 dagar. Simuleringen av ett fall tar 1 till 2 timmar beroende på kombination av stridsdel och målbeskrivning och vilken beräkningskapacitet man har tillgänglig. Om man har 3 nedslagsvinklar och 8 anfallsriktningar får man 17 fall. Dessa 17 fall tar då mellan 17 och 34 timmar. Med 12 måltyp tar det ungefär 12 dygn. Om man nöjer sig med en anfallsriktning per nedslagsvinkel så får man 3 till 6 timmar simuleringstid per måltyp och ca 2 dygn för 12 måltyp. För GBU49 och GBU39 med mark- och luftbrisd, bara anfallsriktning framifrån, 12 måltyp så tog simuleringarna 10 dagar med två parallella simuleringar.

Tidsmässigt tar simuleringarna lång tid, men eftersom de sköter sig själva kan man göra annat samtidigt. Det som tar tid är efterbearbetningen och att transformera simuleringarna till något användbart.

Under simuleringen behöver man däremot då och då kontrollera att simuleringarna fortskrider som det var tänkt. Bearbetning och analysarbetet kan starta medan simuleringarna går och man analyserar ett dygns körningar på ca 3-4 timmar om man inte behöver anpassa mallar eller ta fram nya verktyg. Det krävs en del tid för att flytta data för att inte öka simuleringstiden genom att göra analysarbetet på samma dator som simuleringarna. Tidsåtgången för simuleringarna är egentligen bara ett problem när tidsschemat är snävt och då kan det vara ett avsevärt problem särskilt som simuleringarna ofta måste göras om det visat sig att något blivit fel i indata. Mängden indatafiler är många och därför är sannolikheten att något går snett ganska stor. Det är därför viktigt att tidigt starta analysarbetet för att se om resultaten blir rimliga.

Hemliga data både i form av stridsdelsbeskrivningar och av målbeskrivningar ger ofta längre simuleringstider eftersom man då är hänvisad till säkra, ofta inlåsta datorer som inte alltid har samma prestanda. Slutresultat och slutdata är nästan alltid hemliga.

3.3 Bataljonsartilleristudien

3.3.1 Bakgrund

Försvarsmakten har för sitt arbete med organisations- och materielutveckling av nutida och framtida bataljonsartilleri behov av underlag för att bedöma verkan av olika vapensystem. För att kunna jämföra mot tidigare arbeten nyttjas simuleringssystemet AVAL.

AVAL användes i moden 'Indirect fire' där man kan ha en eller flera skjutande enheter och ett eller flera mål placerade på en kartbild, alla målens enskilda felträdd läggs samman till ett felträdd som är gemensamt för hela scenen. Efter en första brisd har målen möjlighet att röra sig efter en bestämt bana eller för personer att lägga sig ner.

3.3.2 Beskrivning av uppgiften

3.3.2.1 Vapen och ammunitionstyper

6 olika vapen/ammunikionskombinationer testades, från 60 mm grk till 155 mm artilleri. Antalet skjutande pjäser och skjutavstånd varierade mellan de olika typerna, så som de

normalt är tänkta att användas. Även normala variationer inriktning mot målet inkluderades, allt från kompassinriktning till inbyggda system i pjäsen.

Alla pjäser/system gavs ett slumpmässigt fel i eget läge med CEP 10 m (Circular Error Probability, en radie inom vilken 50% av alla pjäslägen hamnar.

3.3.2.2 Måltyper

2 olika mål bekämpades.

- Mål 1: Pluton med 10 soldater spridda på en yta 50 m x 50 m. Soldaterna står upp i 5 sekunder från eldgivningens start och lägger sig därefter ned. Förbanden riktar enligt mönster fastställt i beställningen.
- Mål 2: Lastbil inklusive förare samt 5 soldater inom 5 meter runt fordonet. Soldaterna står i 5 sekunder från eldgivningens start och lägger sig därefter ned. Lastbilen antas vara utslagen då händelsen ”manöverförmågan utslagen” inträffat, vilket även inbegriper föraren. Förbanden riktar mot lastbilen.

3.3.2.3 Terrängtyper

Målen bekämpades i 3 olika terrängtyper.

- Terrängtyp 1: Småbucklig mark, enstaka terrängföremål.
- Terrängtyp 2: Småbucklig mark, skogsbeklädd.
- Terrängtyp 3: Urban miljö med 4 hus vid en vägkorsning, målet placeras på en innergård alternativt i vägkorsningen. Träff av personer i husen redovisas separat från målet och ska i en senare analys kunna betraktas som antingen verkan eller oönskad sidoskada.

3.3.2.4 Simuleringsfrågor och matris

I denna studie söktes svaret på två frågor, för samtliga kombinationer av vapen/mål/terräng:

- Hur många skott krävs för att med 95% konfidens i 80% av fallen få 30% nedkämpning?
- Vid vilket avstånd längs respektive tvärs skjutriktningen kan en egen oskyddad soldat stående befinna sig med risk att bli träffad $\leq 1/1000$.

Samtliga vapen/ammunikionskombinationer skjuts mot kombinationer av mål och terräng enligt tabell 1.

Tabell 1. Matris över mål och terrängkombinationer

	Terräng 1, småbucklig mark	Terräng 2, skog	Terräng 3, urban
Mål 1, 10 soldater	X	X	
Mål 2, Lastbil och 5 soldater	X	X	X

I första hand studeras enbart markbrisad, inverkan av höjdbrisad studeras i mån av tid och ekonomiska resurser.

3.3.3 Namngivning av filer

Inför ett arbete där det kommer att hanteras en stor mängd filer är det viktigt att ha ett namngivningssystem som gör det lätt att förstå till vilken vapen-mål-terrängkombination en viss fil hör. Det gäller att från början se till att namngivningssystemet kan hantera alla

varianter av filer som man kan vänta sig under arbetets gång. I detta arbete hanterades olika vapen mot olika måltyper i olika typer av terräng, vapnen skjuter olika antal skott i olika simuleringar och antalet Monte Carlo cykler varierar. Här togs även hänsyn till att det ska gå att lägga till olika brisadhöjder.

Namnstruktur: Case_Wex_Tax_Tex_Nrxxx_MCxxxx_Hexx, enligt nedan;

- Vapentyp (inkl ammunition): Case_Wex_Tax_Tex_Nrxxx_MCxxxx_Hexx
- Mål: Case_We1_Tax_Tex_Nrxxx_MCxxxx_Hexx
- Terräng: Case_We1_Tal_Tex_Nrxxx_MCxxxx_Hexx
- Anta skott per pjäs: Case_We1_Tal_Te1_Nrxxx_MCxxxx_Hexx
- Antal Monte Carlo cykler: Case_We1_Tal_Te1_Nr001_MCxxxx_Hexx
- Brisadhöjd: Case_We1_Tal_Te1_Nr001_MC0100_Hexx

3.3.4 Stridsdelsbeskrivningar och vapenbeskrivningar

Befintliga infiler till AVAL justerades för att kunna användas för detta ändamål. Många filer saknades helt och byggdes upp utifrån Split-X-beskrivningar och ballistiska data från skjuttabeller.

För två av vapnen fanns det stridsdelsbeskrivningar i AVAL, 81 mm grk m/84 med generisk granat och 120 mm grk m/41 med SVING 86Z. De övriga 4 vapnens stridsdelsbeskrivningar skapades med hjälp av Split-X utifrån data som FOI redan hade eller som beställaren tillhandahållit.

I AVALs 'Indirect fire' mode beräknas även stridsdelens ytterballistik därför behövs även indata för detta. I de fall då det finns skjuttabeller för vapnet går det snabbt att fylla i dialogrutor i AVAL för att bygga upp vapenbeskrivningen alternativt kan man justera befintliga ballistikfiler så att de innehåller relevanta data. Om skjuttabeller saknas måste ballistiska data istället räknas fram.

För att variera antalet skott måste vapenplattformbeskrivningarna justeras Vapenbeskrivningen innehåller även data om med vilken standardavvikelse bäring respektive elevation kan ställas in för respektive system. Dessa fel ger en spridning av träffpunkterna mellan de olika simuleringscyklerna. Det är även möjligt att inkludera inverkan av spridning i kruttemperatur och väderförhållanden.

3.3.5 Scenfilen

Här definieras simuleringsscenario för AVAL. Man definierar t.ex. en fil för markens geometri, och en för "Environmental protection" som anger i vilken mån terrängen kan utgöra skydd för målen. Scenen beskriver även vilka mål som ingår och i vilka koordinater målet ska stå. För soldaterna som ska lägga sig ner efter 5 sekunder anges även en transformationsfil som berättar hur soldatens geometri förändras. I scenfilen anges även vilka vapen som ska användas och deras koordinater samt riktpunkter.

Sist i scenfilen anges sökvägen till scenens felträdsfil. Felträdet för en scen är i stort sett en sammanslagning av varje enskilt måls felträd. Man kan skriva felträdet för scenen så att man kan få svar på t.ex. hur många personer totalt som slagits ut i hela scenen sedan kan man även få svar på var de befann sig.

4 Förslag på arbetsmetodik

Arbetsgången är i stort sett samma för alla värderingar av vapenprestanda:

- Planering (analys av frågeställning, namngivning av filer, design av simuleringar)
- Stridsdelsbeskrivning
- Vapenbeskrivning
- Målbeskrivningar (val och iordningställande)
 - Felträdd till målbeskrivning (speciellt val av topphändelser)
- Vad är en lämplig definition av utslagning för respektive måltyp
- Simuleringsscen (scenariobeskrivning)
- Simulera
- Resultatanalys
- Rapport

Notera att med värdering av vapenprestanda menas här en systemprestandabedömning av vapnets förmåga att bekämpa sitt mål. För att göra detta minskas noggrannheten i detaljer, t.ex. bedömningen av hur vapnets eventuella sensorer fungerar i detalj och t.ex. beräkningen av exakt hur en penetrator tar sig igenom ett pansar hanteras förenklat. Noggranna bedömningar av t.ex. sensorprestanda och stridsdelsprestanda utgör därmed ett viktigt underlag till värderingsarbetet.

4.1 Planering

Man bör börja sitt arbete med att analysera frågeställningen ordentligt så att man vet vilken fråga som ska besvaras. Först när man vet vilken fråga man ska besvara kan man designa simuleringarna.

När man ska bestämma sig för hur filerna ska namnges börjar man med att strukturera upp de planerade simuleringarna, hur många olika vapen och måltyper som ska testas o.dyl. Sedan kan man lätt hitta en struktur för namngivning.

Man bör sedan ta reda på vilka stridsdelsbeskrivningar, målbeskrivningar och andra filer som redan finns till det värderingsverktyg man avser använda. Vissa av dem kan kanske användas till viss del. Hur kan man få tag på data för de beskrivningar som saknas?

En viktig fråga är vilka andra typer av data och verktyg kommer att behövas? Detta kan t.ex. innebära spridningsmått och standardavvikelser för inriktningsnoggrannhet hos de aktuella vapensystemen och t.ex. sensorsimuleringsverktyg.

4.2 Stridsdelsbeskrivning

När man ska ta fram nya indata för en stridsdelsbeskrivning är det bästa för både direktriaktade och indirektriaktade vapen att få fram data experimentellt. Det är ganska tunga beräkningar som krävs och ändå blir inte data helt tillförlitliga. Har man inte möjlighet att göra experiment av något skäl så är det ändå möjligt att få godtagbara beskrivningar utifrån beräkningar och bedömningar.

4.3 Vapenbeskrivning

Beskrivningen av vapnet eller vapenplattformen bör innehålla information om hur beskjutningen sker, direkt eller indirekt, enstaka skott eller salvor, eventuell MRSI-funktion (Multiple Round Simultaneous Impact) och i vilken mängd, riktnoggrannhet, ballistik, målinmätning osv.

Då man ska simulera i moderna 'Indirect Fire' eller 'Direct Fire' i AVAL beräknas även ballistiken för stridsdelarna därför måste man förse programmet med underlag för att kunna utföra dessa beräkningar

4.4 Målbeskrivning

Man bör välja mål med omsorg. I de flesta fall står det i beställningen/frågeformuleringen vilket/vilka mål som ska användas. Hur avancerat målet bör vara (detaljeringsgraden) är beroende av vilken fråga som ska besvaras. Att ta fram nya detaljerade målbeskrivningar till AVAL är mycket tidsödande, så kan man återanvända befintliga mål är det bra annars kanske man kan minska detaljeringsgraden.

4.4.1 Målens funktionsstatus - Utslagning

Resultatet av värderingsarbetet kommer att vara beroende av hur väl man kan beskriva vad bekämpningen ska uppnå. Att slå ut en viss andel av några målobjekt är till synes en lätt och tydlig beskrivning, men den säger inget om vilken skada som måste åsamkas de enskilda målobjekten för att de ska klassas som utslagna.

Om man ska simulera flera olika typer av mål och sedan jämföra resultaten så gäller det att välja definitionen av utslagning med omsorg och att verkligen vara tydlig med vilka händelser som jämförs. Om t.ex. två stridsvagnar ingår i målkatalogen måste beskrivningen av (rörelse-, eldgivnings-) förmågan vara likartad mellan de två för att sannolikheten att den samma slås ut ska vara lätt jämförbar.

Till varje AVAL-målbeskrivning hör ett felträd som beskriver systemuppbyggnad, d.v.s. hur olika komponenter sätts samman och bildar delsystem, som i sin tur bygger upp system och sedan system av system och därigenom målets funktioner. Här finns även topphändelserna angivna, dvs. olika funktioner eller system hos målet vars funktionsstatus kontrolleras för varje tidpunkt som simuleringen omfattar.

För en målbeskrivning av en scen så har varje mål i sig ett felträd och hela scenen har ett kombinerat felträd som baseras på händelser i respektive målobjekts felträd.

4.5 Scenariobeskrivning

I de båda AVAL-moderna 'Indirect Fire' och 'Direct Fire' placeras skjutande enheter (en eller flera) och målobjekt (ett eller flera) i en så kallad scen. Målobjekt och skjutande enheter placeras in i ett koordinatsystem. De enskilda målbeskrivningarna är samma som används i moden 'Single Target'. Transformationsfiler anges för soldater som ska lägga sig ned efter en viss tid och för fordon som förflyttar sig efter en första brisad anges deras nya läge.

I 'Indirect Fire' placeras alla objekt på en kartbild med höjddata och splitterbromsningsegenskaper för olika terrängtyper angivna. Här kan man även ange atmosfärsdata t.ex. vind, temperatur och lufttryck som kan variera på olika höjd över marken.

I 'Direct Fire' placeras alla objekt istället i en simuleringsscen. Man kan definiera sin markyta så att det finns gropar och/eller stenar där soldater skydda sig. Här kan man definiera "ground objects" som är enklare skyddande objekt, t.ex. träd av olika storlek.

Gemensamt för de två typerna av moderna är att skjutande enheters prestanda och ballistik kan beräknas.

4.6 Simulera

Innan man sätter igång med simuleringarna måste man tänka igenom att alla spridningsmått som finns på en rad olika ställen i AVALs indatafiler är relevanta. Det är ingen mening med att göra simuleringar utan att se till att resultaten blir trovärdiga.

Det är ofta bra att börja med att göra en kortare simulering med ganska få Monte Carlocykler (kanske 100) för att se om resultaten verkar rimliga. Sedan kan man sätta igång längre simuleringar för att få bra statistik på resultaten.

4.7 Resultatanalys

Stora simuleringar ger en stor mängd resultat så det krävs ofta en efterbearbetning för att kunna se trender eller mönster i resultaten. Efterbearbetningen kan man göra i t.ex. Matlab, Excel eller med det verktyg man har tillgång till. Det kan vara en svår uppgift i sig att hitta ett bra sätt att presentera resultat på ett, för avnämaren, användbart sätt.

4.8 Rapport

Resultaten redovisas för uppdragsgivaren på ett sätt som passar dennes behov. Dessutom bör även alla simuleringsdata, delresultat och nyutvecklade stödverktyg arkiveras för att kunna återutnyttjas.