



# Handbok verkansvärdering

Arbetsutgåva 2016

PERNILLA MAGNUSSON, MATS HARTMANN, JOHAN GIDHOLM OCH ROLF JARLÅS



Pernilla Magnusson, Mats Hartmann, Johan  
Gidholm och Rolf Jarlås

# Handbok verkansvärdering

Arbetsutgåva 2016

|                        |                                               |
|------------------------|-----------------------------------------------|
| Titel                  | Handbok verkansvärdering<br>Arbetsutgåva 2016 |
| Title                  | Handbook V/L-assessments<br>Draft 2016        |
| Rapportnr/Report no    | FOI-R--4337--SE                               |
| Månad/Month            | December                                      |
| Utgivningsår/Year      | 2016                                          |
| Antal sidor/Pages      | 52 p                                          |
| ISSN                   | 1650-1942                                     |
| Kund/Customer          | Försvarsmakten                                |
| Forskningsområde       | 11. Vapen, Skydd och säkerhet                 |
| FoT-område             | Vapen och skydd                               |
| Projektnr/Project no   | E60809                                        |
| Godkänd av/Approved by | Torgny Carlsson                               |
| Ansvarig avdelning     | Försvars- och säkerhetssystem                 |

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk, vilket bl.a. innebär att citering är tillåten i enlighet med vad som anges i 22 § i nämnd lag. För att använda verket på ett sätt som inte medges direkt av svensk lag krävs särskild överenskommelse.

This work is protected by the Swedish Act on Copyright in Literary and Artistic Works (1960:729). Citation is permitted in accordance with article 22 in said act. Any form of use that goes beyond what is permitted by Swedish copyright law, requires the written permission of FOI.

## Sammanfattning

Värdering och värderingsmetodik som begrepp förekommer i många sammanhang inom organisationer som Försvarsmakten, FOI och FMV. Det är inte alltid självklart vad som avses och vilken typ av verksamhet som förväntas då de olika myndigheterna stundtals använder samma begrepp, men med olika innebörd. Fokus för denna handbok är värdering av vapeninducerade effekter i olika mål.

Handboken, som är under kontinuerlig uppbyggnad, syftar till att försöka beskriva olika typer av värderingsmetoder, begrepp och samla exempel på hur värderingar kan genomföras.

Värderingskompetens är en viktig del i kedjan för att nyttiggöra och tillämpa mer grundläggande tekniker eller forskningskoncept, både avseende verkan och skydd, på en plattforms- eller systemnivå. Utgående från kunskap om verkan av stridsdelar och värderingsmetoder kan exempelvis bedömningar av risk för egen personal samt tredje part i samband med vapeninsatser genomföras. Värderingar och värderingsverktyg kan utnyttjas som stöd vid t.ex. materielanskaffning och materielutveckling, avvägningar av vilken materiel som är lämplig i olika stridsmiljöer, studier, utbildning och föreskrifter gällande användningssätt av vapenmateriel samt taktiskt uppträdande. Att samla begrepp och metoder i denna handbok gör det möjligt att arbeta mer strukturerat med värderingar och samtidigt kan handboken utgöra en kompetensgrund för ny personal inom området.

Nyckelord: Verkansvärdering, sårbarhetsvärdering, riskvärdering, verkan, sårbarhet, risk, vapen, ammunition, mål, utslagning, utslagssannolikhet, värderingsverktyg, personal

## Summary

Assessments and assessment methodologies are concepts that are used in many different applications within organizations like the Armed Forces, FOI and FMV. It is not always certain how they shall be interpreted since different organizations sometimes uses the same notations but with different meanings. The focus of this handbook is assessment of weapon effects in different targets.

This handbook, which still is in development and so will remain for several coming drafts, aims to describe different types of assessment methodologies, notations, concepts and to collect examples of how assessment can and preferably also should be performed.

The ability to perform assessments is crucial in the process to quantify and illustrate the benefits of more fundamental technologies or research areas, both from a lethality and a vulnerability point of view as well for a platform or on system level. As an example the risk of injuring own soldiers and civilians when fragmenting warheads are used can be estimated based upon knowledge on warheads and assessment methodologies. Assessments can also be used to support procurement, development studies, tactical instructions and defence planning.

It should be easier to work more structured with assessments when a collection of methodologies and notations are gathered in this handbook, as well as it will serve as a comprehensive introduction literature for new staff.

Keywords: lethality assessment, vulnerability assessment, risk assessment, V/L, weapon, ammunition, target, kill, incapacitation, human

# Innehållsförteckning

|                 |                                                                      |           |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>        | <b>Inledning</b>                                                     | <b>8</b>  |
| 1.1             | 2016 års utgåva .....                                                | 8         |
| <b>2</b>        | <b>Värdering</b>                                                     | <b>9</b>  |
| 2.1             | Skyddslöken .....                                                    | 10        |
| 2.2             | Överlevnadskartan .....                                              | 11        |
| <b>3</b>        | <b>Sårbarhetsvärdering</b>                                           | <b>13</b> |
| 3.1             | Sårbarhetsvärdering av plattform för att hitta sårbara områden ..... | 13        |
| 3.2             | Sårbarhetsvärdering av plattform i definierad hotmiljö .....         | 14        |
| 3.3             | Sårbarhetsvärdering av stora och komplexa mål .....                  | 15        |
| 3.4             | Sårbarhetsvärdering människa .....                                   | 17        |
| <b>4</b>        | <b>Verkansvärdering</b>                                              | <b>18</b> |
| 4.1             | Vapen- och ammunitionsprestandavärdering .....                       | 18        |
| 4.1.1           | Vapenspridning .....                                                 | 18        |
| 4.1.2           | Vapensystemvärdering .....                                           | 19        |
| <b>5</b>        | <b>Riskvärdering</b>                                                 | <b>20</b> |
| 5.1             | Riskavståndsbestämning .....                                         | 20        |
| 5.2             | Riskområdesbestämning .....                                          | 20        |
| <b>6</b>        | <b>Avdömningsunderlag</b>                                            | <b>21</b> |
| <b>7</b>        | <b>Referenser</b>                                                    | <b>22</b> |
| <b>Bilaga A</b> | <b>Begrepp</b>                                                       | <b>26</b> |
| <b>Bilaga B</b> | <b>Verktyg</b>                                                       | <b>28</b> |
| a)              | Aval.....                                                            | 28        |
| b)              | Swerisk.....                                                         | 33        |
| c)              | VeBe .....                                                           | 34        |
| d)              | Amrisk .....                                                         | 34        |
| e)              | SADM.....                                                            | 34        |
| <b>Bilaga C</b> | <b>Underlagsframtagning</b>                                          | <b>35</b> |
| <b>Bilaga D</b> | <b>Värderingsexempel</b>                                             | <b>36</b> |
| a)              | Sårbarhetsvärdering .....                                            | 36        |
| b)              | Verkansvärdering .....                                               | 38        |
| c)              | Riskvärdering .....                                                  | 42        |
| d)              | Stöd till studier och övningar .....                                 | 49        |

|                 |                                                   |           |
|-----------------|---------------------------------------------------|-----------|
| <b>Bilaga E</b> | <b>Indata till värderingsverktyg</b>              | <b>50</b> |
| a)              | Stridsdelsbeskrivning för Aval .....              | 50        |
| b)              | Målbeskrivning för Aval .....                     | 50        |
| <b>Bilaga F</b> | <b>Resultathantering och resultatpresentation</b> | <b>52</b> |





# 1 Inledning

Värdering av olika systems verkan och sårbarhet ger viktigt underlag i flera processer inom Försvarsmaktens verksamhet. Värderingar och värderingsverktyg kan utnyttjas som stöd vid t.ex. materielanskaffning och materielutveckling, avvägningar av vilken materiel som är lämplig i olika stridsmiljöer, studier, utbildning och föreskrifter gällande användningssätt av vapenmateriel samt taktiskt uppträdande.

Värdering och värderingsmetodik som begrepp förekommer i många sammanhang inom organisationer som Försvarsmakten, FOI och FMV. Det är inte alltid självklart vad som avses och vilken typ av verksamhet som förväntas då de olika myndigheterna stundtals använder samma begrepp, men med olika innebörd. Denna handbok behandlar värdering av vapeneffekter i olika typer av mål.

Syftet med denna handbok är att beskriva olika typer av metoder samt att samla exempel på hur värdering kan genomföras i olika situationer och med olika syften. Att samla denna typ av information gör det möjligt att strukturerat arbeta med värdering. Detta i sin tur bidrar till att tydliggöra dels för de som ska arbeta med verksamheten, vad som ska göras, och dels för dem som ska ta emot resultat, hur arbetet genomförs/genomförts och vilka för- och nackdelar resultatet medför.

Handboken syftar även till att konkretisera innebörden av begrepp som används inom området och med konkreta exempel belysa inom vilka områden de beskrivna värderingstyperna är applicerbara.

En värdering kräver rätt verktyg med också rätt indata. Korrekta indata är en förutsättning för tillförlitliga resultat och bygger till stor del på forskning och teknikutveckling inom områden som till exempel stridsdelsteknik, skyddsteknik och traumatologi. Utgående från kunskap om verkan av stridsdelar och värderingsmetoder kan exempelvis bedömningar av risk för egen personal samt tredje part i samband med vapeninsatser genomföras.

Föreliggande dokumentation redovisar läget 2016 avseende skapandet av en handbok för att beskriva metoder och verksamhet som berör värdering relaterad till verkan av konventionella vapen och IED:er (Improvised Explosive Device). Ambitionen med handboken är att den ska kunna ge ett stöd till dem som använder värderingsmetodik och resultat därav i sitt arbete, för t.ex. personal från Försvarsmakten, exempelvis skolor och centra, och anställda på FOI och FMV.

Rapporten ger en bild om vilken typ av information som är tänkt att återfinnas i handboken. Arbetet med handboken kommer att fortsätta kommande år. Senare versioner kommer att kompletteras med mer detaljerade redovisningar för att beskriva hur värdering med olika verktyg eller med olika metoder praktiskt genomförs och används.

## 1.1 2016 års utgåva

Rapporten har tidigare utgivits i tre versioner [1-3]. Från den andra versionen har framförallt bilagorna utökats med exempel och kortare sammanfattningar av utförda projekt.

I 2016-års utgåva har en del rättningar och justeringar gjorts bl.a. har flera av värderingsexemplen i Bilaga D försetts med rubrik och bilder. Ett nytt kapitel 3.3 Sårbarhetsvärdering av stora och komplexa mål har tillkommit.

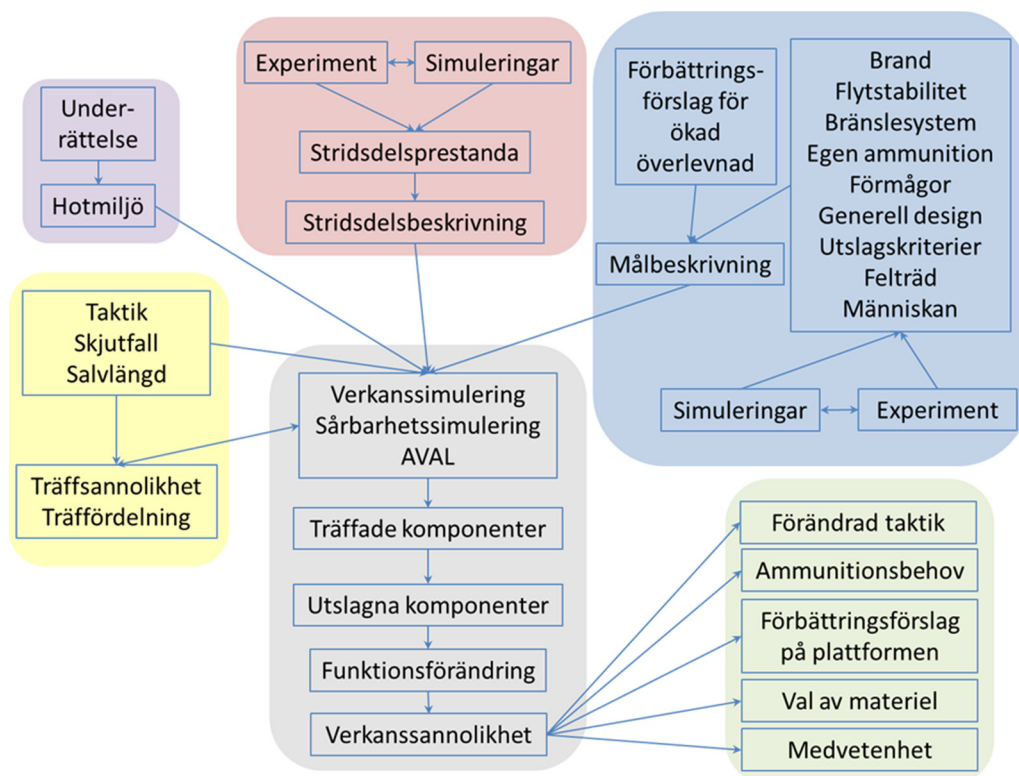
Handboken är tänkt att utökas och vidareutvecklas löpande för varje ny utgåva och respektive utgåva bör betraktas som en lägesbeskrivning. Det kommer antagligen ta ytterligare några utgåvor innan ett lämpligt format är hittat för alla sorters information.

## 2 Värdering

Med värdering avses i detta dokument bedömning av konventionell vapenverkan och effekt i avsiktliga och oavsiktliga mål på havsytan, på marken och i luften. Hela kompetensområdet benämns ofta verkansvärdering, något som även kan utgöra en delmängd av området.

Värdering kan övergripande sägas handla om att, med hjälp av kriterier, kunna beskriva konsekvenser eller effekter av att något som genomförs på ett visst sätt för att därefter (vid behov) kunna identifiera ett bästa alternativ för att lösa ett specifikt problem. Kriterierna syftar till att göra det tydligt vilka aspekter som ska beskrivas och jämföras, om så efterfrågas.

Figur 1 beskriver översiktligt de områden en verkans- eller sårbarhetsvärdering omfattar. Genom simuleringar och experiment bestäms prestanda hos den stridsdel som ska studeras. Denna prestandabeskrivning ligger till grund för en stridsdelsbeskrivning (rosa i bilden) anpassad för det svenskutvecklade värderingsverktyget Aval.



Figur 1. Bilden beskriver de kunskapsområden en värdering omfattar.

Värderingar kan omfatta olika områden och ha en mängd olika syften. De kan också utgå både från målet och från vapnet, d.v.s. ha olika fokus. Figur 2 beskriver olika områden som är relaterade till värdering – måldetektion och identifikation, avfyrningsegenskaper hos hot, målets initiala betingelser, skadade komponenter hos målet, funktionsstatus hos målet, målets användbarhet i strid. Figur 2 beskriver även hur olika värderingsbegrepp utgående från målet eller vapnet förhåller sig till de aktuella områdena [4]. För att ett mål ska kunna bevara sin funktionalitet efter en bekämpning krävs normalt att personal med för funktionaliteten viktiga arbetsuppgifter inte är utslagen.

| Målfokus                        |                             |                             |                           |                        |                             |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Angripbarhet (Susceptibility)   |                             |                             |                           |                        |                             |
|                                 |                             | Sårbarhet (Vulnerability)   |                           |                        |                             |
| Överlevnad (Survivability)      |                             |                             |                           |                        |                             |
| Måldetektion och identifikation | Avfyrnings-egenskaper (hot) | Målets initiala betingelser | Skadade komponenter (mål) | Funktions-status (mål) | Använd-barhet i strid (mål) |
|                                 | Verkan (Lethality)          |                             |                           |                        |                             |
| Effektivitet (Effectiveness)    |                             |                             |                           |                        |                             |
| Hotfokus                        |                             |                             |                           |                        |                             |

Figur 2. Sammanhang av olika värderingsbegrepp.

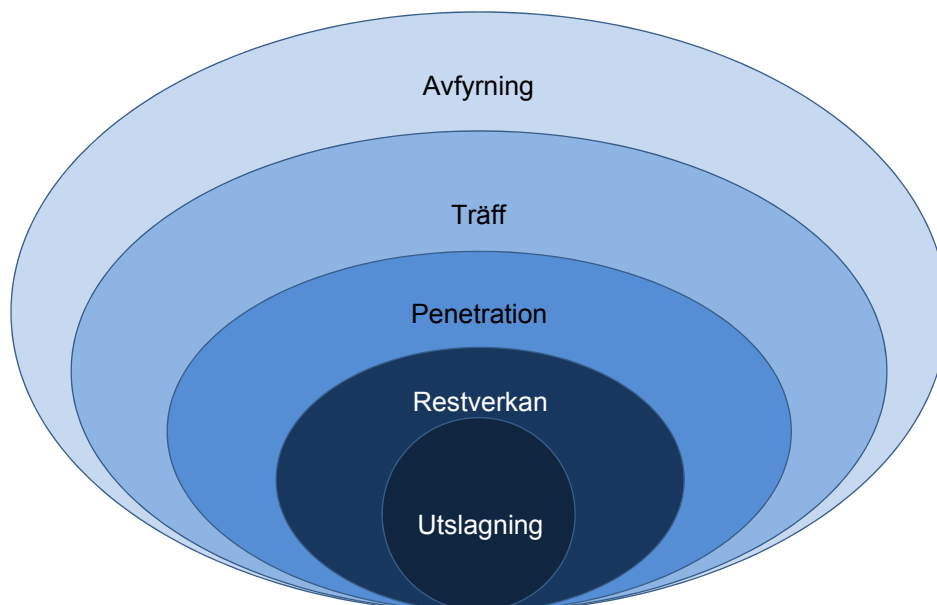
Värderingar kan även användas för att ge en uppfattning om hur ett målobjekt påverkas om det bekämpas med något hot som har högre prestanda än det designats för att motstå. Detta kan utgöra ett mycket viktigt komplement till kravdokument och leveransprov om en plattform används i en annorlunda hotmiljö eller på ett annat sätt än det som låg till grund för den ursprungliga kravställningen.

De typer av värdering som behandlas i denna handbok kan delas in enligt följande:

- Sårbarhetsvärdering,
- Verkansvärdering,
- Riskvärdering.

## 2.1 Skyddslöken

Skyddslöken, se Figur 3, används ofta för att beskriva förmågor vid olika hotnivåer, eller vid olika delar av ett bekämpningsscenario. För verkansvärdering finns det egentligen två olika lökar, en då man önskar utslagning av motståndare och en där man vill ha hög egen överlevnad.



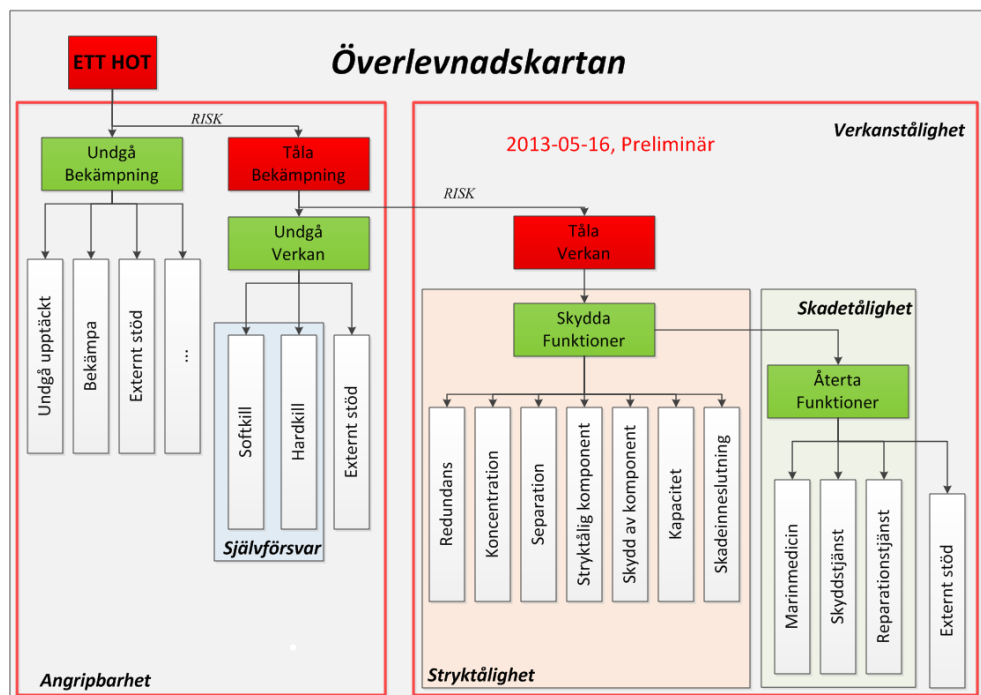
Figur 3. Skyddslöken. Med målet i fokus vill man undvika händelseförloppet medan man från ett vapenfokus vill man uppnå det.

## 2.2 Överlevnadskartan

Överlevnadskartan (ursprungligen framtagen av Anders Lönnö, FMV) [5] har en liknande indelning som skyddslöken men ger en tydligare tidsupplösning och alternativa sätt att överleva.

Överlevnadskartan, se Figur 4, är framtagen för fartygsändamål men kan som idé till mycket stor del även passa för andra måltyper. Kartan utgår från att det finns ett hot, ännu inte avfyrat, mot fartyget/målet. Det bästa är att undvika att hotet kan avfyras, d.v.s. undgå bekämpning enligt Figur 4. Om detta inte går innebär det en risk och målet måste i möjligaste mån tåla att bli bekämpat. Det bästa i detta läge är att när hotet har avfyrats mot målet, undvika att det kan ge verkan i målet. Om detta inte går och hotet träffar eller verkar i närheten måste målet tåla hotets verkan, något som återigen medför en risktagning. I de fall hotet ger verkan mot målet ska målets funktioner och delar som ingår i funktionerna skyddas så väl som möjligt, t.ex. genom att ge dem skydd eller ha redundanta system o.s.v. Det är denna del som i [5] definieras som stryktålighet och representerar plattformens inbyggda förmåga att motstå verkan, något som måste hanteras redan i designskedet av plattformen.

Om man inte kan undvika skador på målets viktiga funktioner kan man, beroende på målplattformen, i vissa fall låta besättningen agera, eventuellt i kombination med automatiska system, för att minska skadeutbredning och återta förlorade funktioner, vilket är ett sätt att tåla den uppkomna skadan. Att arbeta för att återta förlorade funktioner är normalt ombord på fartyg, men knappast möjligt för en gripenpilot.



Figur 4. Överlevnadskartan, här i preliminär version [5].

### 3 Sårbarhetsvärdering

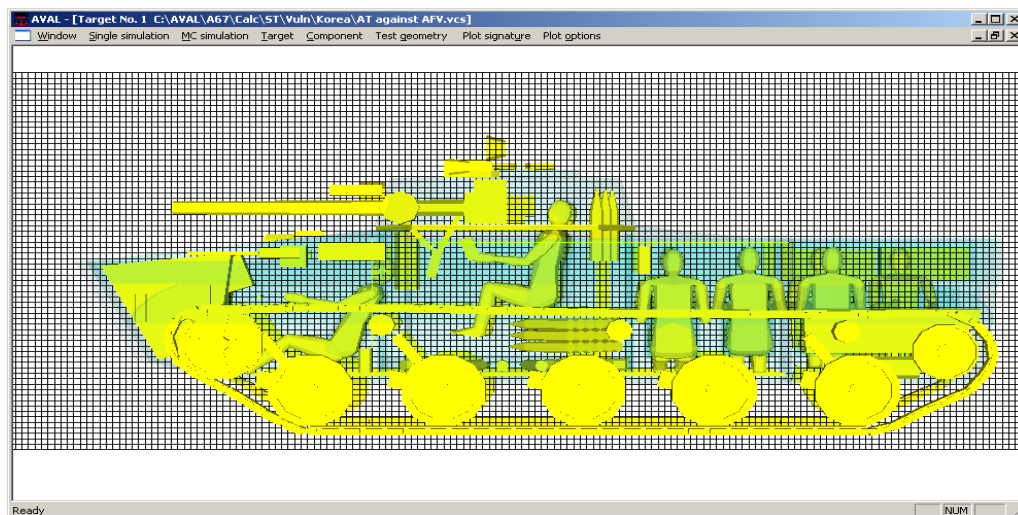
Sårbarhetsvärderingar syftar till att bedöma ett måls förmåga att motstå vapenverkan. En ökande förmåga att motstå vapenverkan motsvarar en ökande överlevnadsförmåga. Vid sårbarhetsvärderingar är målet i fokus.

I vissa genomförda värderingsarbeten [6, 7] används begreppet sårbarhet som motsatsen till överlevnad. Detta frångår de internationellt vanligen använda betydelserna. En anledning till att använda denna mer begränsade betydelse av begreppet överlevnad än den som ges t.ex. i Figur 2 är att det blir lättare att ge ett (överlevnads)resultat som ökar med tillförande av sårbarhetsreducerande åtgärder hos målet.

Stryktålighet är ytterligare ett begrepp som har många likheter med sårbarhetsbegreppet [5]. I begreppet stryktålighet har plattformens inbyggda egenskaper fokus. Påverkan av t.ex. signaturanpassning för att undgå bekämpning eller aktiva skyddssystem för att avvärja ett inkommande hot negligeras. Stryktåligheten ger därmed ett mått på målets förmåga att överleva en eller flera samverkande träffar.

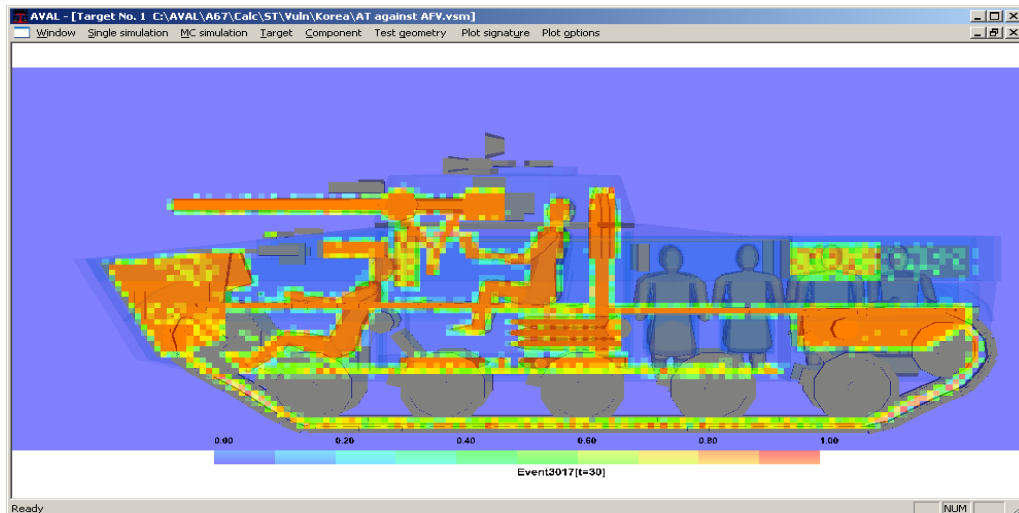
#### 3.1 Sårbarhetsvärdering av plattform för att hitta sårbara områden

En sårbarhetsvärdering för att hitta sårbara områden kan passa vid utveckling eller bedömning av plattformar eller större sammansatta mål som t.ex. camper [8]. Denna värderingstyp innebär att målet beskjs från olika angreppsriktningar så att hela målet träffas. Resultaten kan därmed presenteras som sannolikhet för utslagning av viss funktionalitet givet träff av en stridsdel inom ett visst område. Med träff menas här även t.ex. brisad i närheten av målet om stridsdelen har ett zonrör, höjdbrisad eller briserar vid marken intill målet och ändå ger verkan. Figur 5 och Figur 6 visar ett exempel på en sårbarhetsvärdering i Aval. I en Vulnerability simulering (sårbarhetssimulering) definierar användaren ett rutnät som läggs över målet. Ett antal skott skjuts i varje ruta och sannolikheten för utslagning givet träff i den rutan bestäms.



Figur 5. Träffpunktsfördelning i rutnät för en sårbarhetssimulering (vulnerability) i Aval.

Genom att hitta områden som har sämre skydd, eller där genombrytning av skyddet leder till allvarigare konsekvenser än träff i andra områden kan förbättringsinsatser fokuseras för att maximera överlevnadsförmågan. På motsvarande sätt kan bekämpningsrekommendationer ges om värderingen utförs på ett fientligt målobjekt.



Figur 6. Resultat från en sårbarhetsvärdering. Resultaten redovisas som sannolikheten att en viss händelse inträffar givet träff inom ett litet, i detta fall kvadratisk, område definierat av träffpunktsfördelningen enligt Figur 5.

Värderingen kan genomföras som del i kontroll av kravuppfyllnad med de hotstridsdelar målet är avsett att kunna motstå verkan från. Den kan även genomföras med hotstridsdelar med bättre prestanda än målet tros kunna motstå för att ge underlag till sårbarhetsreducerande åtgärder. I det senare fallet kan dock sårbarhetsvärdering i en definierad hotmiljö, se nedan, i vissa fall ge underlag till effektivare sårbarhetsreducerande åtgärder.

### 3.2 Sårbarhetsvärdering av plattform i definierad hotmiljö

En hotmiljö kan beskrivas med en samling vapen och ammunitionssorter som kan antas användas av en motståndare på en viss plats under en viss tid. Därmed förstås att en hotmiljö som definierats t.ex. inför ett utlandsuppdrag inte nödvändigtvis är relevant vid ett annat uppdrag.

Ett sätt att beskriva hotmiljön är att gruppera olika uppdragsprofiler och de olika hottyper som bedöms relevanta [7]. Uppdelningen fortsätter med att alla ingående vapen i respektive grupp listas och relevanta skjutfall med dem. I varje uppdelning ges varje ingående del en sannolikhet, ett s.k. viktningsvärde, så att summan av dem alltid blir 1, se Figur 7.



| Mission                          | Freq | Mission profile | Freq | Weapon type   | Freq | Weapon,ammo,firing distance      | Freq | Attitude | Freq |
|----------------------------------|------|-----------------|------|---------------|------|----------------------------------|------|----------|------|
| Patrolling<br>(Low level combat) | 0.65 | Rural area      | 1.00 | Direct Fire   | 0.60 | Assault rifle, 7.62 mm AP, 100 m | 0.40 | 0:0      | 0.30 |
|                                  |      |                 |      |               |      |                                  |      | 90:0     | 0.25 |
|                                  |      |                 |      |               |      |                                  |      | 180:0    | 0.20 |
|                                  |      |                 |      |               |      |                                  |      | 270:0    | 0.25 |
|                                  |      |                 |      |               |      | Machine gun, 12.7 mm AP, 200 m   | 0.30 | 0:0      | 0.30 |
|                                  |      |                 |      |               |      |                                  |      | 90:0     | 0.25 |
|                                  |      |                 |      |               |      |                                  |      | 180:0    | 0.20 |
|                                  |      |                 |      |               |      |                                  |      | 270:0    | 0.25 |
|                                  |      |                 |      |               |      | Light antiHank weapon, 150 m     | 0.30 | 0:0      | 0.30 |
| Combat<br>(High level combat)    | 0.35 | Rural area      | 1.00 | Direct Fire   | 0.75 | Assault rifle, 7.62 mm AP, 100 m | 0.15 | 0:0      | 0.50 |
|                                  |      |                 |      |               |      |                                  |      | 90:0     | 0.25 |
|                                  |      |                 |      |               |      |                                  |      | 180:0    | 0.00 |
|                                  |      |                 |      |               |      |                                  |      | 270:0    | 0.25 |
|                                  |      |                 |      |               |      | Machine gun, 12.7 mm AP, 200 m   | 0.25 | 0:0      | 0.30 |
|                                  |      |                 |      |               |      |                                  |      | 90:0     | 0.25 |
|                                  |      |                 |      |               |      |                                  |      | 180:0    | 0.20 |
|                                  |      |                 |      |               |      |                                  |      | 270:0    | 0.25 |
|                                  |      |                 |      |               |      | Light antiHank weapon, 150 m     | 0.60 | 0:0      | 0.50 |
|                                  |      |                 |      | Indirect fire | 0.20 | 120 mm mortar, 1500 m            | 1.00 | 0:-75    | 0.40 |
|                                  |      |                 |      |               |      |                                  |      | 90:-75   | 0.60 |
|                                  |      |                 |      |               |      |                                  |      | 90:0     | 1.00 |
|                                  |      |                 |      | Mines         | 0.05 | IED - 155 mm artillery shell     | 1.00 | 90:0     | 1.00 |
|                                  |      |                 |      |               |      |                                  |      |          |      |
|                                  |      |                 |      |               |      |                                  |      |          |      |
|                                  |      |                 |      | Indirect fire | 0.20 | 120 mm mortar, 1500 m            | 1.00 | 0:-75    | 0.40 |
|                                  |      |                 |      |               |      |                                  |      | 90:-75   | 0.60 |
|                                  |      |                 |      |               |      |                                  |      | 90:0     | 1.00 |

Figur 7. Viktad tabell från [7].

Vid simuleringarna tas hänsyn till hur skytten riktar mot målet, hur stor träffpunktsspridning som beskjutning från ett visst avstånd normalt resulterar i, från vilka avstånd och riktningar troliga angrepp sker och hur långa salvor som skjuts.

Det kan i vissa fall även vara nödvändigt att simulera verkan av flera samverkande vapen om det är så motståndaren bedöms uppträda.

### 3.3 Sårbarhetsvärdering av stora och komplexa mål

Metodik för sårbarhetsvärdering av en camp togs fram 2008 [8] och arbetet med metodik för sårbarhetsvärdering av flygbas genomförs 2016. Både camper och flygbaser är mycket stora och komplexa mål med många olika plattformar, infrastruktur och personal, alla med sina uppgifter och funktioner som är nödvändiga för att anläggningen behålla sina förmågor för att kunna utföra sin uppgift.

Komplexa försvarssystem så som en flygbas eller en camp har i allmänhet mer än en skyddsvärd förmåga t.ex. el- och vattenförsörjning, tankning av bränsle, förmåga till reparation och underhåll mm. Vid en sårbarhetsvärdering blir det aktuellt att genom prioritering välja ut vilka förmågor som skall ingå i värderingen och som anses kritiska för uppgiftens lösande. Vissa förmågor har också så komplexa beroenden att det finns behov av att definiera delförmågor. Dessa beroenden kan t.ex. vara att det måste finnas en hel startbana, pilot, flygbränsle mm. för att ett flygplan ska kunna utföra sin uppgift.

Det sammansatta systemet kan betraktas som ett objekt med funktioner som kan slås ut. Funktionerna för ett komplext mål är ofta sammansatta av en rad delfunktioner som beror av överlevnad hos enstaka delobjekt. De funktioner som är kritiska för objektets överlevnad länkas samman i ett felträd där även olika funktioners relation med varandra är definierade. Felträd beskrivs i sista stycket i Bilaga B.

Frågeställningar att ta ställning till innan värderingen påbörjas är vilka typer av resultat som söks. Sannolikheten för ett visst antal utslagna flygplan och skadade eller dödade flygförare är ett uppenbart och mycket viktigt resultat för överlevnaden hos en flygbas, men även andra resultat som redovisar i vilken omfattning flygbasen har kvar sina prioriterade förmågor och möjlighet att verka bör inkluderas.

Det är basens utformning, tekniska prestanda och närvaro/frånvaro av fysiskt skydd som ska kunna värderas, medan andra sätt att skydda sig, som t.ex. genom underrättelsetjänst, skenmål, egna preventiva insatser av närskyddsförband, luftvärn eller eget stridsflyg inte behandlas direkt. Luftvärn eller eget stridsflyg kan inkluderas genom att färre antal hot når basen om man förutsätter lyckad bekämpning. Sårbarheten påverkas givetvis av om det

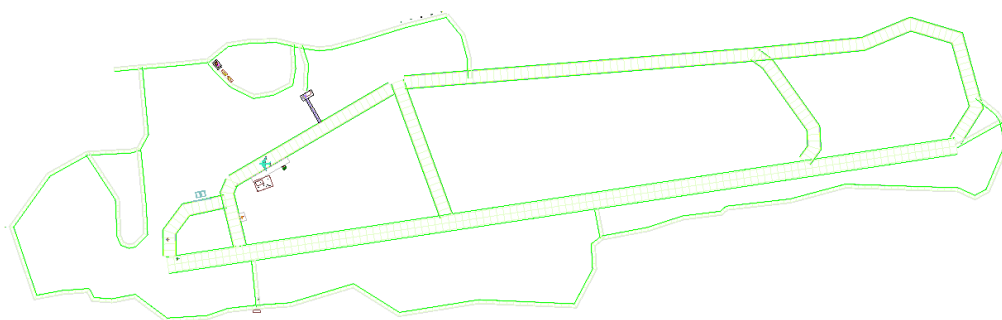
kan förväntas att en förvarning om en fiendtlig attack kommer i så god tid att personal och flygplan hinner inta bättre skyddade positioner, flyttas eller lyfta.

En svårighet i en sårbarhetsvärdering av en bas är att ta fram resultat som ger ett adekvat underlag till bedömningar av basens sårbarhet och till beslut om lämpliga skyddsåtgärder. Givetvis är sannolikheten för skadade flygplan, flygstridsledare, mekaniker och piloter mycket viktig, men även utslagning av viss annan utrustning eller utslagning av en stor andel av övrig personal kan i det korta perspektivet reducera flygbasens stridsvärde avsevärt. Vid en sårbarhetsanalys är det även möjligt att skapa underlag gällande sannolikheten för skadad materiel av olika typer, förlust av försörjnings-system på basen o.s.v. Dessa data kan eventuellt även uttryckas i form av en flygdivisions möjligheter att fortsatt kunna genomföra en viss typ av uppdrag efter att ha blivit utsatt för en viss bekämpning/ett visst angrepp, vilket ger ett fokus på basen som en del i det nationella försvaret.

För varje enskilt objekt (personal eller utrustning) som bidrar till en funktion görs ett felträd som beskriver hur utslagning av olika komponenter enskilt eller tillsammans med andra gör att en funktion slås ut. Innan de simuleringar, som bildar underlag till sårbarhetsvärderingen av den kompletta flygbasen, genomförs är det lämpligt att ta fram en prototyp av flygbas och hot för att identifiera hur utvärdering och resultatsammanställning skall göras för att kunna skapa ett användbart beslutsunderlag gällande skyddsåtgärder mot definierande hot.

Under utvecklandet av en metodik för sårbarhetsvärdering av flygbas togs en målbeskrivning av en generisk flygbas fram [9]. Figur 8 visar den generiska flygbasen. Den generiska flygbasen är tänkt att användas för att samla många typer av objekt, från enskild soldat till fordon, ammunitionsförråd och byggnader samt för att utveckla en metodik för att analysera stora komplexa anläggningar på systemnivå.

Syftet med att ha en flygbas som exempel på ett stort system är att kunna utnyttja den både för att applicera olika kompetenser i ett gemensamt exempel och för att vidareutveckla metoder för att hantera denna typ av målobjekt. Storleken och olika antaganden om fiendens underrättelseläge medför att det inte går att bara ändra skyddsförmåga hos olika objekt utan att detta sannolikt även ändrar angriparens angreppssätt. För stora system måste man även titta på olika varianter av utformningar och andra alternativ för de olika funktionerna. Den generiska flygbasen ger många möjligheter för detta.

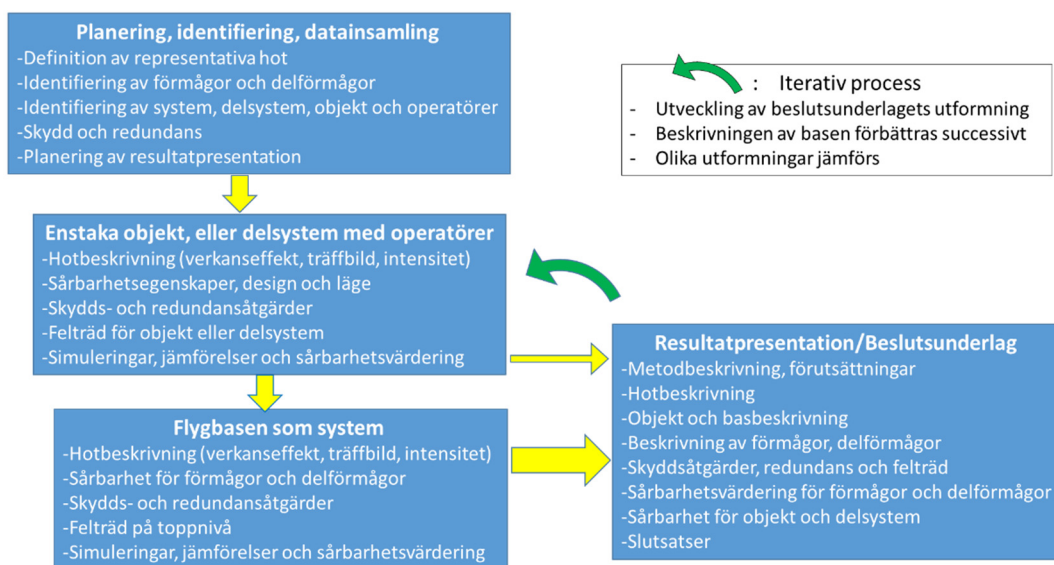


Figur 8. Den generiska flygbasen [9].

De stora arbetsmomenten i en sårbarhetsvärdering av ett stort komplext mål är:

- Identifiera målets viktigaste
  - förmågor och delförmågor
  - system, delsystem, objekt, operatörer
  - beroenden, utformning av objekten och anläggningen, felträd
- Definiera representativa hot
  - Vapensystem, verkansdel, riktpunkter, precision, kvantitet
- Hur ska resultaten användas (utifrån frågeställningen)
- Hur ska resultaten presenteras

En mer detaljerad beskrivning av metodikens delar finns i Figur 9 där flygbasen används som exempel.



Figur 9 Föreslagen arbetsgång vid sårbarhetsvärdering av flygbaser.

### 3.4 Sårbarhetsvärdering människa

I de flesta mål, både militära och civila (oavsiktliga mål), ingår människor som vitala komponenter. I stridande enheter är enskilda individer av vikt för uppdragets genomförande och de blir därmed en sårbar del av målet. Även som riskobjekt är en människa intressant, dels relaterat till tolerans mot egna förluster och dels i förhållande till krav på att inte skada tredje part.

Värdering av människan kan göras antingen för att bedöma sannolikhet för reducering av soldaters kapacitet (utslagning) efter träff från ett vapen, verkansvärdering, eller för att utvärdera risk för skada vid beskjutning, sårbarhetsvärdering. I det första fallet är fokus vapensystemens utformning och soldaten representeras av dess kapacitet att lösa uppgifter. I det andra fallet är fokus på risken för skador och hur skydd mot dessa bäst utformas. Ett tredje ändamål är risk för egen personal vid övning och hantering av (nya) system [10, 11].

## 4 Verkansvärdering

Vid verkansvärdering ligger fokus på ammunitionens eller vapnets förmåga att ge tillräcklig verkan i målet. Vad som är tillräcklig verkan kan variera från en situation till en annan.

Ett vapensystem omfattar inte bara den verksamma stridsdelen utan också den utrustning, personal och organisation som behövs för att stridsdelen ska ge avsedd effekt. Verkan av ett vapensystem är därmed beroende av flera faktorer, exempelvis tekniska, taktiska och miljömässiga. Både när det gäller vapensystem och skyddsåtgärder finns det ofta behov av att välja mellan flera olika alternativ.

Resultat från en verkansvärdering kan användas som underlag för att exempelvis jämföra olika vapensystem vid en nyanskaffning eller för att se vilken förändring som ger bäst effekt vid en modifiering. Oavsett typ av värdering är en trolig frågeställning sannolikhet för nedkämpning av ett angivet mål.

Resultatet av värderingen är beroende av hur väl det går att beskriva vad efterfrågad verkan ska uppnå. Exempelvis kan ”slå ut en viss andel av givna målobjekt” upplevas vara en bra beskrivning men den säger i praktiken inget om vilken skada som måste åsamkas de enskilda målobjekten för att de ska klassas som utslagna.

Generellt för verkansvärderingar är att resultaten kan ges i sannolikheter för bekämpning i storleksordningen 0,5 -1,0 för rimliga bekämpningsinsatser.

### 4.1 Vapen- och ammunitionsprestandavärdering

Värdering av vapen- och ammunitionsprestanda görs utan hänsyn till möjligheter till målupptäckt och identifikation. Utgångspunkten är alltså att bekämpningen sker och prestandan bedöms utifrån en kombination av träffsannolikhet och verkan i målet.

En stridsdel kan påverka ett mål på olika sätt, exempelvis genom splitter, riktad sprängverkan (RSV), projektiler och brand. Skador hos ett träffat objekt kan också uppkomma genom initiering av medförd ammunition om sådan finns.

#### 4.1.1 Vapenspridning

Vapenspridning kan bero på exempelvis *banspridning*, *spridning i banan*, *framförpunktspridning* och *salvspridning*. Definitionerna är hämtade från Skjutlära för Armén [12]:

- Banspridning medför att de enskilda projektilernas banor i en serie inte sammanfaller utan fördelas likt ”strålarna” i ett strålknippe.
- Spridning i banan finns vid skjutning med tidsrör eller zonrör och innebär att brisadpunkterna fördelas längs banan.
- Framförpunktspridning uppkommer vid skjutning mot rörliga mål. Den innebär att framförpunkten på ett slumpartat sätt avviker från målet i träff- eller brisadögonblicket.
- Salvspridning kallas den spridning som uppstår mellan olika seriers medelträffpunkter. Den påverkas av banspridningen, då en salvas medelträffpunkt beräknas ur de enskilda skottens läge.

I vissa fall kan beräkning av ytterballistik ingå som en del i värderingen för att ge underlag till träffpunktsfördelningen. I de flesta fall ansätts dock en träffpunktsfördelning i sida och i höjd som baseras på det aktuella vapnet och tänkta skjutavståndet.

#### **4.1.2 Vapensystemvärdering**

Hanterar allt från enstaka skjutande plattform till skjutande förband.

## 5 Riskvärdering

Vid riskvärderingar hanteras sannolikheter för oönskade händelser. Det kan t.ex. handla om sannolikhet att en egen framryckande soldat skadas av splitter från granater skjutna av egna förbandet eller att tredje man skadas vid vapeninsats. De risker som avses här är baserat på en stridsdel som detonerar eller rikoschetterar. Risker som beror av funktionsfel i vapensystem och därmed utsätter användaren för fara beaktas inte.

Värderingen kan göras givet att riskkällan utgör ett hot, t.ex. vid vapeninsats där skjutna granater kan förutsättas detonera, eller kombineras med en sannolikhet att riskkällan utgör ett hot, t.ex. sannolikheten att ett ammunitionsförråd detonerar och att personal då skadas.

Generellt för riskvärderingar är att resultaten normalt ger sannolikheter i storleksordningen  $10^{-6}$  eller ännu lägre.

Riskanalyser kan genomföras både kvantitativt och kvalitativt där det i den senare inte görs några försök att bestämma precisa sannolikheter för olika utfall utan där analysen snarare utgörs av en bedömning om risken är stor, mellan eller liten. I riskanalysarbete med båda typerna, och önskas svar på följande frågor [13]:

- Vad kan gå fel?
- Hur ofta händer det?
- Om det går fel, vad blir konsekvenserna?

En viktig del av riskvärdering och bedömning av resultaten från en riskvärdering är att sätta sannolikheten att något inträffar mot hur många personer som finns inom riskområdet och hur ofta.

### 5.1 Riskavståndsbestämning

Beräknar ett riskavstånd som inte är beroende av riskkällans orientering, omgivningens topografi eller motsvarande. Riskavståndet definierar ett cirkulärt riskområde, inom vilket sannolikheten för den oönskade händelsen är högre än ett gränsvärde.

### 5.2 Riskområdesbestämning

Beräknar ett område som är beroende av riskkällans orientering och eventuellt även omgivningens topografi och skyddande effekt av t.ex. byggnader inom vilket sannolikheten för den oönskade händelsen är högre än ett gränsvärde.

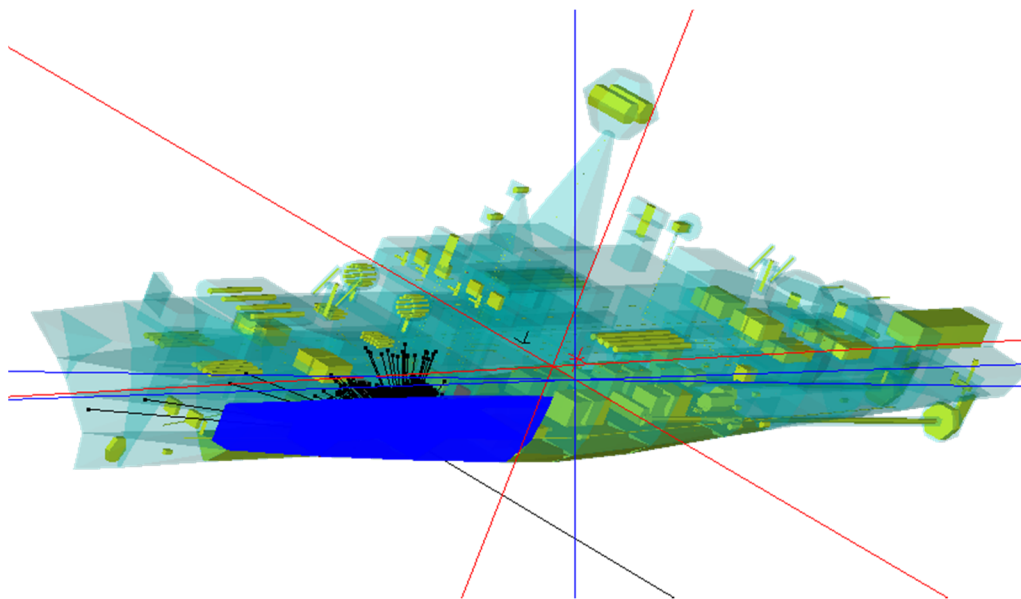
## 6 Avdömningsunderlag

Under övningar och inom ramen för Försvarsmaktens studier kan det finnas behov av att avgöra vilken verkan ett enskilt skott eller en bekämpningsinsats ger mot ett mål, fientligt eller eget, se exemplet i Figur 10. De metoder och verktyg som används för att värdera verkan kan vara av stor nytta även i dessa sammanhang, där svaret inte blir ett sannolikhetsvärde utan utslagning sker eller sker inte.

För att ge underlag till dessa avdömningsfall kan ett flertal bekämpningsfall behandlas i förväg och resultaten presenteras i form av tabeller, ur vilka data för den aktuella situationen kan extraheras. Dessa data kommer bestå av sannolikhetsvärden och det blir därefter till övnings- eller studieledningen att avgöra om utslagning sker eller inte med stöd av dessa värden. I vissa digitala miljöer är det till och med möjligt att direkt koppla in värderingsverktyg som kan avgöra ödet för ett bekämpat mål.

Att använda värderingsmetodiker vid avdömningsfall i övningar och studier ger också en bättre spårbarhet och objektivitet i hur bedömningen gjorts, under förutsättningen att ingående parametrar dokumenteras noggrant.

Under studier och spel kan simuleringar av enstaka beskjutningar göras både för att ge underlag för bedömningen av verkan eller sårbarhet. Samma typ av exempelsimuleringar kan även utgöra ett gemensamt diskussionsunderlag för det fortsatta arbetet.



Figur 10. Exempel på verkan av en granat i ett fartyg som utöver att drabbas av splitterskador har tagit in vatten och därmed fått slagsida.

## 7 Referenser

- [1] Camilla Andersson, Anna-Lena Berg, MajBritt Hansson, Markus Karlsson och Pernilla Magnusson, "Handbok verkansvärdering - Ett första utkast", FOI Memo 3583, 2011
- [2] Pernilla Magnusson och Mats Hartmann, "Handbok verkansvärdering - andra versionen", FOI Memo 3583:2, 2013
- [3] Pernilla Magnusson, Mats Hartmann och Johan Gustafsson, "Handbok verkansvärdering, Arbetsutgåva 2014", FOI-R--3865--SE, 2014
- [4] P H Deitz och M W Starks, "The Generation, Use and Misuse of "PKs" in Vulnerability/Lethality Analyses", ARL-TR-1640, mars 1998
- [5] P. Brämning (FOI projektledare), "Pågående projekt: "Stryktålighet örlogsfartyg", deltagare: FMV, FOI och SSPA", 2011-2013
- [6] Sofia Hedenstierna och Mats Hartmann, "Metodik för utveckling av målschabloner i AVAL till simuleringsprogrammet BT46 - Jämförelse av målschabloner från PTM respektive AVAL", FOI-R--2947--SE, 2010
- [7] Bo Johansson och Per Lövgren, "Metodik för utvärdering av produkttegenskaperna Överlevnad - Verkan - Utkast, version 2, 2007-01-12", FMV, Dokumentbeteckning: 2269/2007, 2007
- [8] Pernilla Magnusson och Mats Hartmann, "Metodik för sårbarhetsvärdering av camper", FOI-R--2673--SE, 2008
- [9] Pernilla Magnusson, Johan Gustafsson och Mats Hartmann, "Generisk flygbas, Version 1.0", FOI-R--4145--SE, 2015
- [10] Sofia Hedenstierna, "Verkans och sårbarhetsmodeller av människan - Litteraturstudie över modeller för värdering av konventionella vapens verkan på människan", FOI-R--3251--SE, 2011
- [11] Sofia Hedenstierna, "Människans sårbarhet - Lägesrapport", FOI-R--3261--SE, 2011
- [12] Försvarmakten, "Skjutlära för Armén", M7742-186012, 1986
- [13] B. Mattsson, "Riskhantering vid skydd mot olyckor – Problemlösning och beslutsfattande", Räddningsverket, 2000
- [14] Försvarmakten, "Försvarmaktens handbok i studiemetodik", M7740-714051, 2007
- [15] Försvarmakten, "Försvarmaktens gemensamma riskhanteringsmodell", M7739-350012, 2009
- [16] Mats Hartmann, Peter Alvå, Johan Pelo och Dag Wallström, "AVAL 6.9.02 Reference manual", FOI-R--3563--SE, 2012
- [17] Mats Hartmann, Peter Alvå, Johan Pelo och Dag Wallström, "AVAL 6.9.02 User's manual", FOI-R--3564--SE, 2012
- [18] Mats Hartmann, Peter Alvå, Johan Pelo och Dag Wallström, "AVAL 6.9.02 File format manual", FOI-R--3565--SE, 2012
- [19] IML, "C IML ställningstagande: Värderingsmodellen AVAL – specifika handlingsregler", IML:07-029:1, 2009
- [20] Mats Hartmann och Andreas Tyrberg, "Simuleringar av nedskjutningen av DC-3:an", FOI-R--1969--SE, 2006



- [21] F Nystedt, "Riskanalysmetoder", Brandteknik Lunds tekniska högskola, Rapport 7011, 2000
- [22] Sara Leonardsson, "SWERISK transferprojekt - årsrapport", FOI, Memo 4246, 2012
- [23] Gunnar Holm, Rickard Forsén, Bernt Hägglund och S Lindqvist, "VEBE - en modell för skadesimulering i tätorter. Version 2.0", FOA-R--95-00152-2.6(2.7), 1996
- [24] Carl Elving och H Öiom, "AMRISK version 1.2. User's guide", FOI-R--1326--SE, 2004
- [25] Irina Eriksson och Mats Hartmann, "Method for assessing kill criteria for critical components in survivability codes", publicerad i: 3rd European Survivability Workshop, FOI-S--2208--SE, 2006
- [26] Mats Hartmann, "Component kill criteria, A literature review", FOI-R--2829--SE, 2009
- [27] Pernilla Magnusson, Sofia Hedenstierna, Bo Johansson och Mats Hartmann, "Verkanssimuleringar för bataljonsartilleristudie 2009", FOI-RH--0963--SE, 2010
- [28] Mats Hartmann och Pernilla Magnusson, "Improved component impact kill criteria simulations," presenterad vid *27th International Symposium on Ballistics*, Freiburg, Germany, 2013.
- [29] L Pettersson, "Sprängförsök mot stridsvagnsband", FOA AH 2209-253, 1963
- [30] Anna Beckman, "Verkan i luftmål, Underlag för beräkning av splitterbromsning och komponentutslagning i programmet LMP3", FOA-DH--96-00080-2.5, 1996
- [31] Mats Gustafsson, "Kollapskriterier för tryckbelastade strukturpaneler", FOI-R--0501--SE, 2002
- [32] Staffan Harling och Martin Ohlson, "JAS Automatic Cannon - Richochet Analysis", Memo 3809, 2011-12-09, 2011
- [33] Göran Weibull, "Underlag för verkansberäkningar, H3. Splitters verkan i människor", FOA AH 2441-41, 1971
- [34] Mats Hartmann, "Lägesrapport: Initiering av lagrad ammunition", FOI, Memo 1814, 2006
- [35] Tommie Sundel, "Lägesrapportering: Datorsimulering av initiering av inneslutet sprängämne vid beskjutning", FOI, Memo 2858, 2009
- [36] Olof Andersson, "Litteraturstudie – initiering av medförd ammunition. Lägesrapport oktober 2012", FOI-D--0490--SE, 2012, 2012
- [37] Mats Hartmann, Marita Wanhatalo och Martin Ohlson, "Underlag sårbarhetsvärdering korvett Visby, Initiering av medförd ammunition", FOI-RH--1003--SE, 2010
- [38] Mats Hartmann, "Hotdatabas, Teknisk prestanda", FOI-R--2658--SE, 2008
- [39] Andreas Helte, Leif Adelöw, Magnus Bergh, Svante Karlsson och Jonas Lundgren, "Karaktärisering av RSV-hotstridsdelar", FOI-RH--0987--SE, 2010
- [40] Håkan Axelsson, T Carlsson, Andrew Medin, Stefan Olsson, B Persson, Ulf Pettersson, *et al.*, "Verkan av RSV-laddningar mot pbv 302, En experimentell jämförelse med beskjutningarna i Bosnien 1994", FOA dnr 97-H440/S, 1997
- [41] Fredrik Bultmark och Bo Johansson, "Metodik och verktyg för bedömning av genomslagsförmåga hos RSV-stridsdelar", FOI-R--2856--SE, 2009

- [42] E. Andersson, "Spränggranatsplitters genomslag av plåt, Sammanställning av försöksresultat", FOA CH 20168-D4, 1981
- [43] H Widén, "Artilleriledarens bedömning av avstånd i sida och längd vid eldreglering: Ett fältförsök", FOA C 56008-H6, 1976
- [44] Bo Gilljam och Mats Hartmann, "Warhead descriptions for AVAL, JAS automatic cannon BK27 - ver. 1, DM21, DM13 and DM 33 (Allmålsband 06), DM 28 (TP), DM83 (PELE), DM103 (FAP), DM73 (MP)", FOI-RH--1113--SE,
- [45] Mats Hartmann, Martin Nilsson, Johan Magnusson, Rickard Forsén och Roger Berglund, "Sårbarhetsvärdering av camper, Förstudie", FOI-R--2419--SE, 2007, 2007
- [46] Mats Hartmann, "Missionsanpassat skydd", FOI-R--2180--SE, 2006
- [47] Jörgen Carlsson och Mats Hartmann, "Simulering av brand i samband med verkansvärdering", FOI-R--2100--SE, 2006
- [48] Mats Gustafsson, Andreas Tyrberg och Irina Järnebank, "Sårbarhetsvärdering Patgb203A", FOI-RH--0202--SE, 2003
- [49] Pernilla Magnusson, MajBritt Hansson och Mats Hartmann, "Metodik för värdering av vapenprestanda", FOI-R--2887--SE, 2009
- [50] Mats Hartmann och Martin Ohlson, "Jämförande verkanssimuleringar, utgåva 2, Granatgevärsammunition 84 mm Sgr m/00B och HEDP 502", FOI-R--3287--SE, 2010
- [51] Staffan Harling, "Beräkning av riskavstånd för spränghandgranat m/ny", FOI, Memo 2236, 2007
- [52] Bo Gilljam och Mats Hartmann, "Lethality performace JAS automatic cannon ver. 4", FOI-RH--1192--SE, 2012
- [53] Mats Hartmann och Pernilla Magnusson, "Verkan av enskild granat, Metodbeskrivning för verkansvärdering av spränggranatprestanda mot enstaka målobjekt", FOI-R--3287--SE, 2011
- [54] Staffan Harling, Anna-Lena Berg, Markus Karlsson, Pernilla Magnusson och Mats Hartmann, "Metodik för riskbedömning", FOI-R--3030--SE, 2010
- [55] Försvarsmakten, "Försvarsmaktens handbok för systemsäkerhet", M7740-784851, 1996
- [56] Staffan Harling, "Riskavstånd vid ammunitionsröjning", Memo 1926, 2007-05-10, 2007
- [57] Joakim Häggvall och Staffan Harling, "Kvantitativ riskanalys för Burlöv Butikcenter, Tågarp 15:11", Memo 1585, 2005-12-22, 2005
- [58] Staffan Harling, "Riskavståndsberäkningar för 81, 120 och 155 mm spränggranater med SWERISK", FOI-R--3133--SE, 2011
- [59] Mats Hartmann och Sofia Hedenstierna, "Riskavståndsberäkningar, Artilleri och granatkastare", FOI-R--3158--SE, 2011
- [60] Staffan Harling, "Beräkning Dmax RÖJLNG 20 OXA", Memo 1698, 2006
- [61] Mats Hartmann och Pernilla Magnusson, "Sektionering av camper - Enkel parameterstudie", FOI-R--3103--SE, 2010
- [62] Staffan Harling, "Risk för splitterskador vid vapeninsats med JAS 39, Splitterrisk GPB Mk82, Mk83 och Mk84 samt SDB (GBU39)", FOI-R--3615--SE, 2012
- [63] Staffan Harling, "Utredning, riskområde spränghandgranat 56 för SIB", FOI, Memo 1860, 2006

- [64] Staffan Harling och Johan Carlsson, "Riskbedömning och hantering av 20 mm slsgr m/39", FOI, Memo 2344, 2008-02-15, 2008
- [65] Sofia Hedenstierna och John Ottosson, "Riskområden för 5,56 mm sk ptr 5B stkpj, Förstudie", FOI-R--3081--SE, 2010
- [66] Svante Karlsson och Staffan Harling, "Avslagare Amröj", FOI, FOI-R--2938--SE, November 2009, 2009
- [67] Bo Gilljam och Mats Hartmann, "Riskområdesberäkning Vidsels flygbas", FOI-R--3667--SE, 2013
- [68] Mats Hartmann, "Bilaga 1 till Målbeskrivning stridsvagn T72 för AVAL (FOI-R--2085--SE)", FOI-RH--0574--SE, 2006
- [69] Mats Hartmann, "AVAL målkatalog 2007", FOI-R--2256--SE, 2007
- [70] Mats Hartmann, "Målbeskrivningar av raketartillerisystem för AVAL", FOI-R--1601--SE, 2005
- [71] Mats Hartmann, "AVAL target description, Generic radar guided attack missile, ver. 1.0", FOI-R--3064--SE, 2010
- [72] Mats Hartmann, "Målbeskrivning stridsvagn T72 för AVAL", FOI-R--2085--SE, 2006
- [73] Mats Hartmann, "Målbeskrivning RG32M Galten för AVAL", FOI-R--2090--SE, 2006
- [74] Mats Hartmann och Sofia Hedenstierna, "Uppdatering av målbeskrivning Patgb 203 för AVAL", FOI Memo H0748, 2010

## Bilaga A Begrepp

Lista över begrepp som används och den innebörd de har inom området verkansvärdering.

|                                     |                                                                                                                                      |      |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|                                     |                                                                                                                                      |      |
| <b>Avdömning</b>                    | Beslut.                                                                                                                              |      |
| <b>Betingad sannolikhet</b>         | Villkorlig sannolikhet. Sannolikheten att B händer förutsatt att A har inträffat.                                                    |      |
| <b>Kriterium</b>                    | Ett (värderings)kriterium är en regel för hur valet mellan alternativ ska gå till, eller rangordnas.                                 | [14] |
| <b>Metod</b>                        | Planmässigt tillvägagångssätt för att uppnå ett visst resultat.                                                                      | [14] |
| <b>Metodik</b>                      | Uppsättning metoder inom ett visst område.                                                                                           | [14] |
| <b>Mål</b>                          | Objekt utsatt för hot.                                                                                                               |      |
| <b>Målbeskrivning</b>               | Beskrivning av mål avsett för ett verktyg för verkansvärdering.                                                                      |      |
| <b>P<sub>k</sub>, P<sub>k</sub></b> | `P <sub>kill</sub> ` Sannolikheten för att slå ut målet eller komponenten. I många fall, men inte alltid, definierat betingat träff. |      |
| <b>Prestanda</b>                    | Ett mått på förmåga/förmågor.                                                                                                        |      |
| <b>Reparerbarhet</b>                | Förmåga att laga skador och återta förlorad förmåga.                                                                                 |      |
| <b>Rikoschett</b>                   | Projektil eller del därav som studsar sedan den träffat en yta med liten vinkel mellan projektilbanan och ytan.                      |      |
| <b>Risk</b>                         | En kombination av sannolikheten för att en händelse ska inträffa och dess konsekvens.                                                | [15] |
| <b>Riskanalys</b>                   | Systematiskt identifiera källor till negativa konsekvenser och bedöma risken.                                                        | [15] |
| <b>Riskbedömning</b>                | Process för att värdera sannolikheten och konsekvensen hos en risk.                                                                  | [15] |
| <b>Riskvärdering</b>                | Bedömning av risk att skyddsvärda objekt skadas vid vapen användning eller ammunitions- och minröjning.                              |      |
| <b>Sannolikhet</b>                  | Ett mått på hur troligt det är att en viss händelse inträffar.                                                                       |      |
| <b>Skadekriterium</b>               | Regel för att avdöma om en påverkad komponent i ett mål slås ut eller inte.                                                          |      |
| <b>Stridsdel</b>                    | Verkansdelen av del vapnet, normalt ammunitionen.                                                                                    |      |
| <b>Stridsdelsbeskrivning</b>        | Beskrivning av stridsdel avsett för ett verktyg för verkansvärdering.                                                                |      |
| <b>Stryktålighet</b>                | Ett mått på inbyggd förmåga att tåla vapenverkan.                                                                                    |      |
| <b>Sårbarhet</b>                    | Betecknar hur mycket och hur allvarligt ett system påverkas av en händelse.                                                          |      |

|                            |                                                                                                                          |  |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|                            |                                                                                                                          |  |
| <b>Sårbarhetsvärdering</b> | Bedömning av ett måls förmåga att motstå/överleva vapenverkan.                                                           |  |
| <b>Utslagning</b>          | Kritiskt funktionsbortfall.                                                                                              |  |
| <b>Vapenbeskrivning</b>    | Beskrivning av vapen avsett för ett verktyg för verkansvärdering.                                                        |  |
| <b>Vapensystem</b>         | Är ett eller flera vapen med den utrustning, personal och organisation som hör till för att vapnet ska ge avsedd effekt. |  |
| <b>Verkansform</b>         | Typ av verkan t.ex. penetration, splitter, tryck eller brand,                                                            |  |
| <b>Verkansvärdering</b>    | Bedömning av ett verkanssystems effektivitet.                                                                            |  |
| <b>Värdering</b>           | Prestandabedömning.                                                                                                      |  |
| <b>Zonrör</b>              | Tändrör i ammunition som på ett visst avstånd från målet tänder t.ex. en granats sprängladdning.                         |  |
| <b>Återhämtning</b>        | Systemets förmåga att förhindra ytterligare reducering av kritiska funktioner och återta förlorad kapacitet.             |  |
| <b>Återtagningsförmåga</b> | Se återhämtning.                                                                                                         |  |
| <b>Överlevnad</b>          | Bibehållen/återtagen funktion/kapacitet i en hotmiljö eller efter ett angrepp, se även Figur 2.                          |  |

## Bilaga B                      Verktg

Denna bilaga innehåller beskrivningar av olika verktyg som används för värderingar av olika slag. Fler verktyg kan tillkomma i senare utgåvor av handboken och beskrivningarna av befintliga ska utvecklas.

### a) Aval

Aval (*Assessment of Vulnerability And Lethality*) är ett svenskutvecklat kommersiellt verktyg för simulering av verkan av konventionella vapen i mark-, sjö- och luftmål [16-18]. Verktöget är Monte Carlo-baserat (statistisk metod som startas med ett slumpstal) och det behövs tre huvudklasser av indata vid en simulering vapen-, mål- och interaktionsdata (riktningar, hastigheter m.m.).

Inom det försvarsmyndighetsgemensamma arbetet i den integrerade materielledningen (IML) gjorde C IML ett ställningstagande om att ”*AVAL skall utgöra den naturliga plattformen för simuleringsbaserade analyser inom området verkan och sårbarhet...*” [19].

#### **Stridsdelsbeskrivning**

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 stridsdelsbeskrivning [20]:

- Geometrin och massan hos penetrator/penetratorer. Används bl.a. för att beräkna luftbromsning.
- Penetrationsförmågan och håldiametern som funktion av hastighet eller stand-off.
- Hur penetrationsförmågan påverkas av snett anslag, snedställning, penetration i skiktat mål, mm.
- Generering av primär- och sekundärsplitter vid genomslag.
- Övriga faktorer påverkan. Exempelvis reaktiva skydds inverkan eller hur projektilen från en projektilbildande RSV fragmenteras vid passage av ett yttre skydd.

#### **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, eldledningsfel 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 vapensystem medan skyttens skicklighet är svårare att bedöma och behandlas inte i denna rapport.

Väder och vind har en stor betydelse för träffnoggrannheten. Man kan göra beräkningar på hur vädret påverkar utifrån väderobservationer eller prognos.

### **Målbeskrivning**

Avals målbeskrivningar har huvudsakligen fyra delar:

- Geometrisk beskrivning,
- Data för sekundäreffekter,
- Skadekriterier,
- Felträd.

Den geometriska beskrivningen innehåller förutom just den geometriska beskrivningen och var olika komponenter finns i målobjektet även vilket material olika delar av målet är uppbyggt av samt tjocklekar på väggar. Den geometriska beskrivningen skapas vanligtvis med AvalCAD, ett tillägg till AutoCAD.

Man kan även ge indata för olika sekundäreffekter t.ex. till modellen för brand med rök- och värmespridning eller för initiering av medförd ammunition.

Skadekriterierna bestämmer om en komponent slås ut eller inte vid viss påverkan.

Hur olika komponenter sätts samman och bildar delsystem, som i sin tur bygger upp system och sedan system av system beskrivs i felträdet. Här finns även topphändelserna angivna, dvs. olika funktioner hos målet som kan slås ut vid träff, vilket man även kan se grafiskt. För en målbeskrivning av en camp så har varje mål i sig ett felträd och hela campen har ett som baseras på händelser i respektive målobjekts felträd.

En enklare typ av målbeskrivningar eller snarare objektsbeskrivningar kallas 'Ground object'. Dessa kan utgöra t.ex. träd, stenar och murar som kan ge skydd, men man är inte intresserad av skadeutfall (dessa objekt saknar felträd).

Följande lista beskriver exempel på data som bör ansättas för att få en funktionell målbeskrivning;

- skyddsegenskaper hos olika material,
- utslagskriterier för komponenter som funktion av olika typer av påverkan,
- kriterier för initiering för lagrad ammunition om någon medförs,
- sannolikhet för att brand ska uppstå och för att eventuella brandsläckarsystem ska kunna bekämpa branden,
- flytegenskaper hos fartyg som tar in vatten, med hänsyn tagen till nyttan av länsmpumpar,
- plattformens funktioner, beskrivna i felträd som byggs upp från komponentnivå via delsystem till system och system av system för att slutligen ge en (viktig) funktion hos målet.

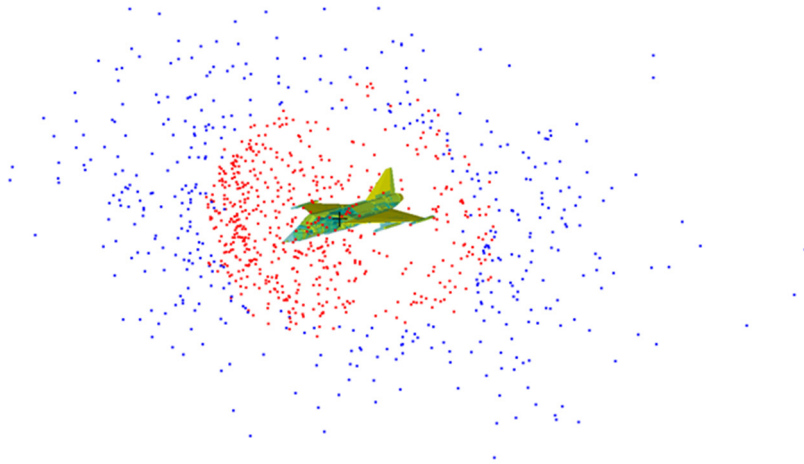
### **Simuleringar**

#### ***Single Target***

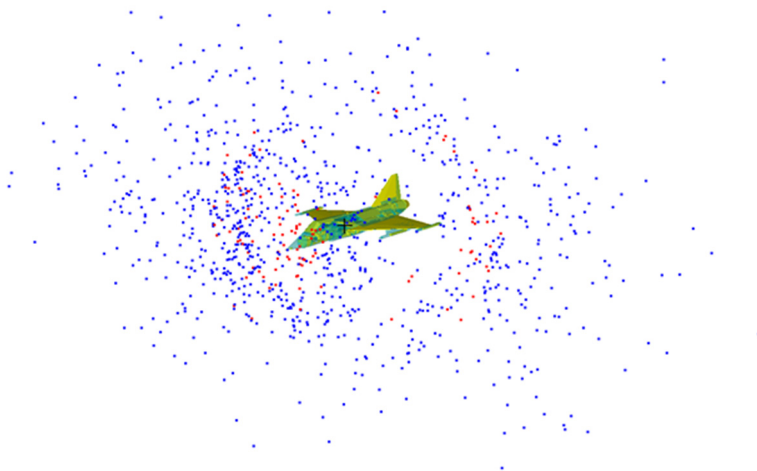
Single target (ST) är Avals grundfunktion där man simulerar en stridsdel mot ett mål i taget. Det finns tre olika simuleringsmetoder, Single Shot, Lethality- och Vulnerability-Simulation. Vid beskjutning av målet följer stridsdelarna alltid en rakbana i en angiven riktning. Splitter från spränggranater följer dock en ballistisk bana efter detonationen.

Single Shot: I detta läge bedöms interaktionen mellan ett mål och stridsdelens effekt. Man kan välja om man vill skjuta en hel stridsdelsbeskrivning eller endast valda delar av den mot ett mål. Resultatet presenteras grafiskt där man kan särskilja de delar som har skadats av olika fenomen, man kan även få en animering av t.ex. vatteninströmning i fartyg och brand.

**Lethality Simulering:** Detta läge används för att värdera genomsnittseffekten av ett vapen som avfyras med en realistisk träffpunktsspridning, med andra ord flera skott. I detta läge kan man även simulera ett eldöverfall där ett mål utsätts för beskjutning från flera vapen(typer) samtidigt. Inledningsvis beräknas ett antal träffpunkter (och missar). Resultatet sparas i en fil som används för den efterföljande verkanssimuleringen. Efter simuleringen kan resultatet visas grafiskt, se t.ex. Figur B 1 genom att de olika träffpunkterna och resultatet av träff i en punkt visas, man får även resultatet i textfiler.



Figur B 1. Exempel på träffpunktsfördelning i en lethality-simulering i Aval. I detta fall skjuts granater med zornör mot ett flygplan. De röda markeringarna redovisar brisadpunkter och de blå missar.



Figur B 2. Exempel på simuleringsresultat för bekämpning av flygplan med zornörsgrenat och med träffpunktsfördelning enligt Figur B 1. Röda punkter markerar att verkan har uppnåtts i målet, blåa motsatsen.

**Vulnerability Simulering:** Förutom riktpunkt och skjutriktning definieras även ett rutnät som täcker hela eller delar av målet. Även här beräknas först träffpunkter som lagras i en fil för de efterföljande beräkningarna. Träffpunkterna fördelas över detta rutnät och resultaten visas som sannolikheten att en viss händelse inträffar vid träff i varje enskild ruta. Figur 5 och Figur 6 visar exempel på vulnerability-simulering.

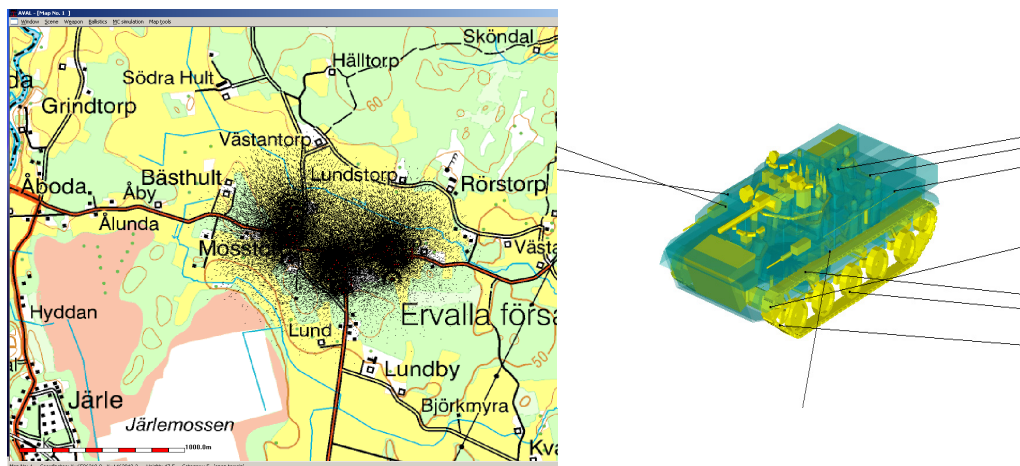
### ***Indirect Fire***

Här kan man ha flera mål, flera vapensystem och eldledare samtidigt. Man kan med andra ord simulera flera skjutande enheter mot ett eller flera mål, se exemplet i Figur B 3. Hela scenariot placeras på en kartbild med höjddata och splitterbromsningsegenskaper för olika



typer av terräng angivna. Dessutom kan även atmosfäriska data såsom vindar och lufttryck läggas till.

Till skillnad från Single Target så kan även en ballistisk bana för ostyrda stridsdelar beräknas. Osäkerheter vid inmätning av mål och de skjutande enheternas egna positioner kan hanteras här.

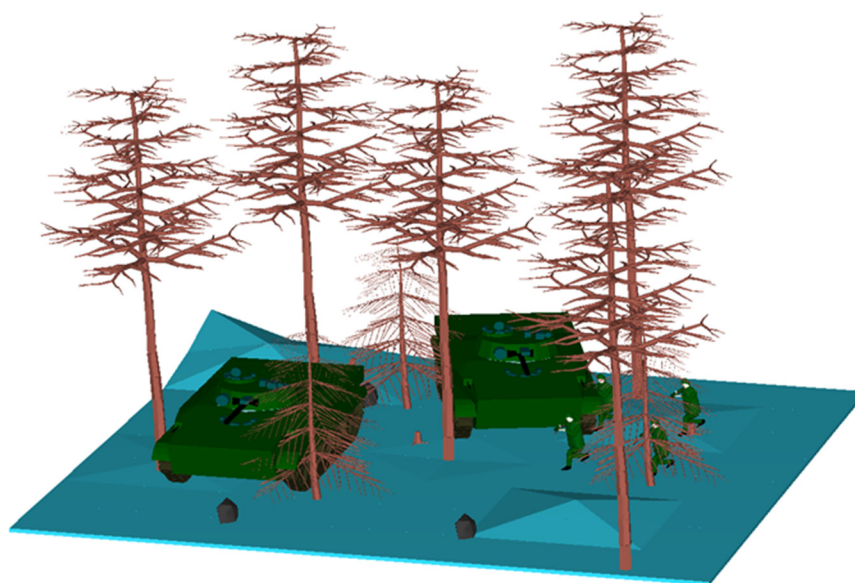


Figur B 3. Exempel på bild från Aval Indirect Fire, efter bekämpning av tre separata mål och grafisk visning av splitterspridning i form av svarta punkter. Till höger visas ett av målobjekten med splitterträffar från flera granater.

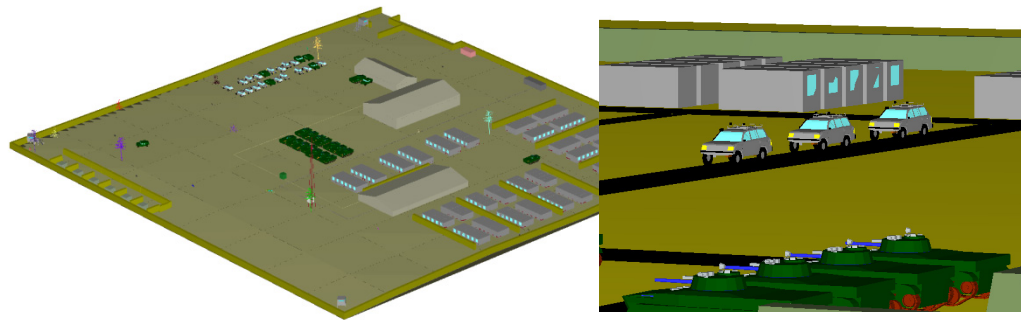
De enskilda målbeskrivningarna är de samma som i Single Target och ett gemensamt felträd skapas till dessa. Efter en första brisad finns det en möjlighet för målen att röra sig efter en bestämd bana och för personal att t.ex. lägga sig ner.

### **Direct Fire**

Detta läge har stora likheter med Indirect Fire, men här används inte en karta som målområde utan en simuleringsscen definieras med hjälp av AvalCAD, se exempel i Figur B 4 och Figur B 5. Scenen kan innehålla ett eller flera målobjekt, ett antal enklare skyddande objekt (Ground objects) och man kan definiera gropar och stenar som kan fungera som skydd för personal.



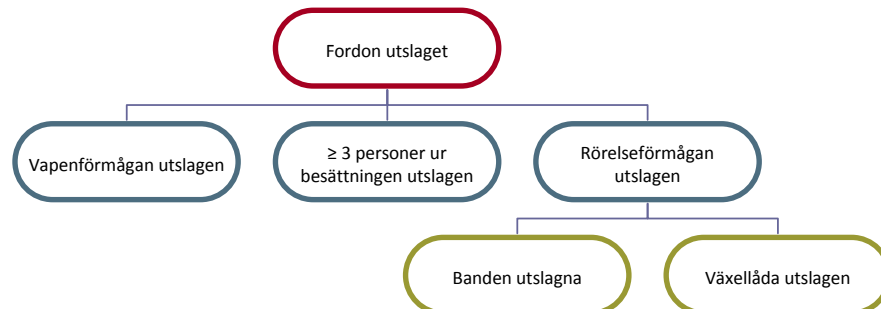
Figur B 4. Exempel på en simuleringsscen för Aval Direct Fire.



Figur B 5. Exempel på en hel camp definierad som en simuleringsscen till Aval Direct Fire. Till höger visas en närbild på några fordon.

### **Felträd**

Felträd utgör en logisk koppling mellan skadeutfall och orsaker. Syftet är att strukturera underliggande orsaker till händelsen, och kunna fastställa hur troliga dessa orsaker är. Trädet startar med en topphändelse, vars sannolikhet härstammar från sannolikheterna från underliggande delhändelser [21]. I detta sammanhang används felträd ofta vid verkansvärdering, för att beskriva målets system i syfte att stötta uppbyggnaden av simuleringar. Ett exempel kan vara sannolikheten för att slå ut ett fordon med en viss ammunition. Topphändelsen är här "fordon utslaget" vilket typiskt består av tre delhändelser "vapenförmågan utslagen", "≥ 3 personer ur besättningen utslagna" och/eller "rörelseförmågan utslagen", se Figur B 6 Dessa kan sedan brytas ner i bashändelser (orsaker), som vid en Aval-simulering typiskt beskriver enstaka komponenter, delsystem eller system.



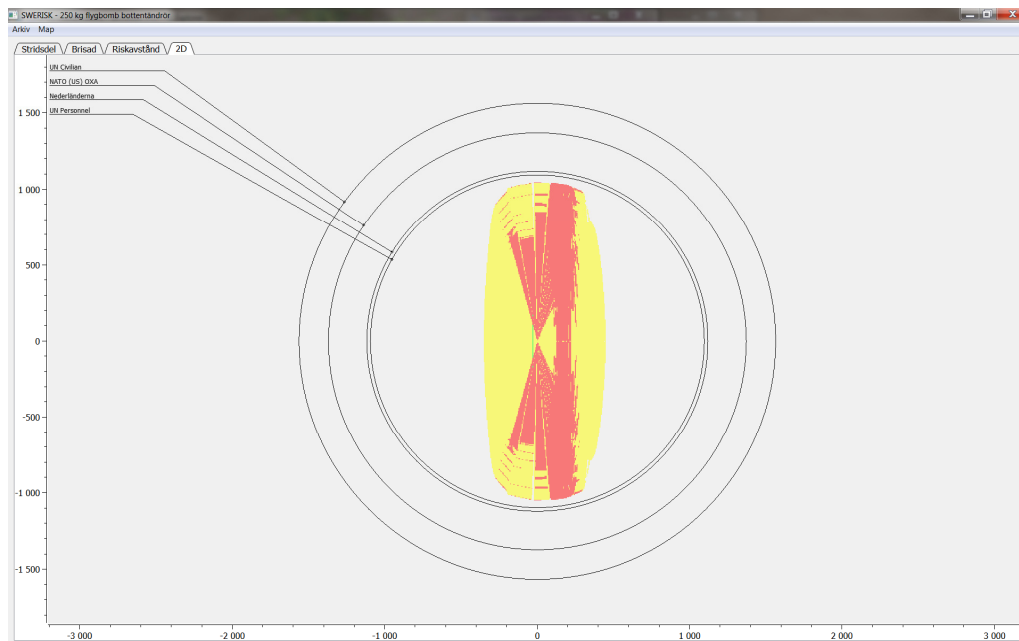
Figur B 6. Felträd för att beskriva vilka händelser som kan leda till att ett fordon slås ut. Detta motsvarar ett exempel på hur ett felträd i Aval kan se ut för att bedöma vilket funktionsbortfall (fordon utslaget) som uppstår på grund av skadade komponenter.

Simuleringen ger sedan svaret på sannolikheten för respektive bashändelse, och med hjälp av felträdet kan sedan sannolikheten för händelsen "fordon utslaget" erhållas. Ett komplett felträd kan ritas grafiskt, eller som en lösning i form av en tabell med kombinationer av händelser och tillstånd [21].

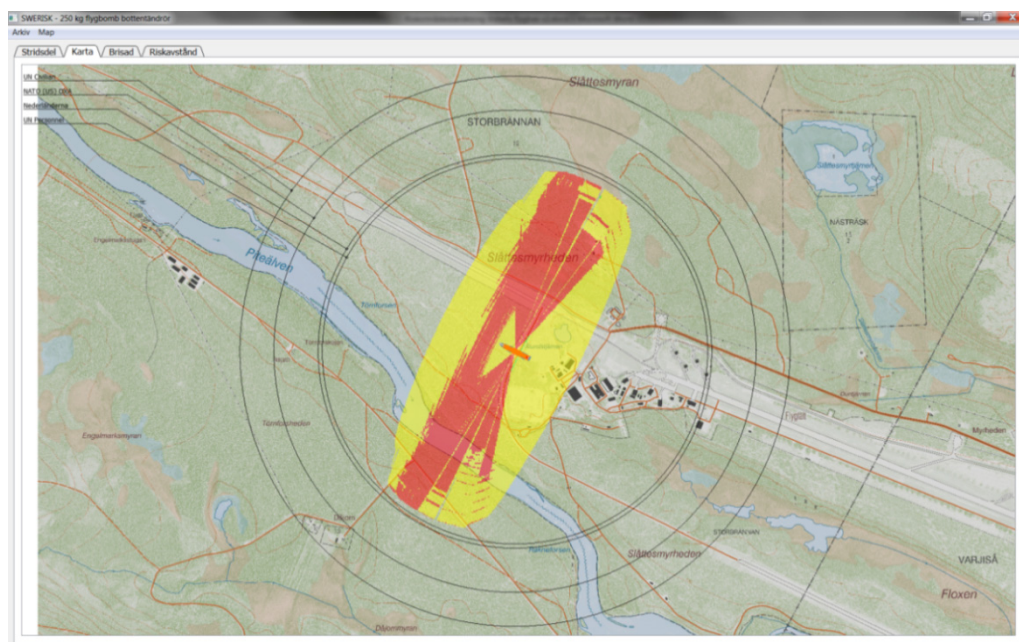
## b) Swerisk

Swerisk är ett program för beräkning av risk för splitterskador hos personer som stöd vid rökning av OXA (OeXploderad Ammunition). Programmet kan även användas för att behandla riskområden vid vapeninsatser och som diskussionsunderlag avseende acceptabla risknivåer [22].

Swerisk kan ge både riskavstånd och riskområden, se exempel i Figur B 7 och Figur B 8.



Figur B 7. Exempel på riskområde utritat utan karta, med antagandet att marken är helt plan. Riskavstånd enligt några olika modeller är inritade cirkulärt.



Figur B 8. Exempel på riskområde utritat på karta, med hänsyn tagen till terrängens topografi. Riskavstånd enligt några olika modeller är inritade cirkulärt utan hänsyn till topografi.

### **c) VeBe**

VeBe (Verkan i Bebyggelse) [23] kan användas för simuleringar av anfall med konventionella vapen, primärt från flyganfall, mot enskild byggnad eller bebyggelse i tätort, mindre stad eller del av stad. Det är även möjligt att simulera större olyckor i form av spräng- och gasexplosioner.

### **d) Amrisk**

Amrisk [24] är en riskanalysmodell för att beräkna tillåten mängd explosivämne i exempelvis ett bergförråd eller friliggande förråd. Modellen är utformad för att ta hänsyn till faktiska risker.

### **e) SADM**

Luftvärnssimuleringar på systemnivå.

## Bilaga C Underlagsframtagning

I denna bilaga beskrivs framtagning av underlag som behövs för att göra värderingar, här återfinns experimentella metoder, beräknings- och simuleringsmetoder liksom litteraturstudier. I senare utgåvor av handboken kommer de olika metoderna att beskrivas och kompletteras.

### *Skadekriterier för komponenter*

Försök och simuleringar [25-31].

### *Skadekriterier för människan*

[10, 11, 32, 33]

### *Initiering av medförd ammunition*

[34-37]

### *Flytstabilitet och skadestabilitet*

### *Ammunitionsprestanda*

#### *KE*

Hotdatabas v50 [38]

#### *RSV*

[39-41]

#### *EFP*

#### *Splitter*

Hotdatabas v50, försök spångrop + spalt, Split-X, z-datafiler [42]

#### *IED*

### *Ballistisk skyddsförmåga*

Hotdatabas, v50

### *Plattformsutformning*

### *Taktiskt användande av olika vapensystem*

[43, 44]

## Bilaga D Värderingsexempel

### a) Sårbarhetsvärdering

#### *Inventering av värderingsverktyg*

I en förstudie utförd på uppdrag av Fortifikationsverket [45] har en inventering och sammanställning av befintliga verktyg och modeller som kan eller skulle kunna användas för en effektiv värdering av campers skyddsegenskaper gjorts. Arbetet fokuserar huvudsakligen på hantering av hot från splitterstridsdelar. Här återfinns även en diskussion om önskvärda egenskaper som bör innehåsas av ett riktigt bra verktyg för sådan värdering. De idag tillgängliga verktygens egenskaper jämförs mot varandra samtidigt som mot dessa önskemål. Ett exempel ges på en verktygsgenerell metodik som på ett effektivt sätt skall kunna värdera skyddsförmågan av en camp eller av en enskild skyddskomponent som utsätts för olika typer av hot:

- När elementarmål och prestanda hos de troliga hotstridsdelarna beskrivits för ett verktyg (t.ex. Aval), kan man lätt ändra olika egenskaper hos objektet för att jämföra olika varianter med originalet. För denna typ av arbete använder man lämpligen FMV:s sårbarhetsvärderingsmetodik [6] för att hålla reda på alla resultat, normera dem mot resultaten för originalet och redovisa kostnads- och vikt effektivitet hos de olika skyddslösningarna.
- Camper beskrivs genom att flera elementarmål placeras på campområdet. Dessa kan skapas och studeras enskilt eller skapas direkt för att användas på campen. Man lägger även till information om hur olika delar av campen beror av olika system för att kunna beskriva dess funktionalitet. Hela campen utsätts lämpligen för både realistiska angrepp och för ”jämnt fördelade” angrepp. Resultatet av den första typen blir någon form av överlevnadssannolikhet medan den andra typen ger information om vilka områden som är mest sårbara eller kritiska. Detta kan utgöra underlag för omplacering av elementarmål på campen eller för lämplig placering av eventuella skyddsmurar. Efter ett angrepp mot en camp kan beskrivningen även användas i efterhand för att rekonstruera händelsen och därigenom dra lärdomar inför kommande campbyggen och hotanalyser.
- För både elementarmålen och campen i sin helhet bör det vara lämpligt att arbeta i den struktur som föreslogs inom rapporten för missionsanpassat skydd [46]. I detta fall kan man arbeta med en eller några typcamper som utsätts för en rimlig hotmix. Ju närmare en insats man kommer, desto tydligare och noggrannare definierar man campen baserat på den aktuella hotbilden och väljer vilka typer av objekt campen ska bestå av. När campen är byggd finns då redan en bra beskrivning av den och när nya uppgifter angående hotbilden kommer kan dessa hot testas mot campen.

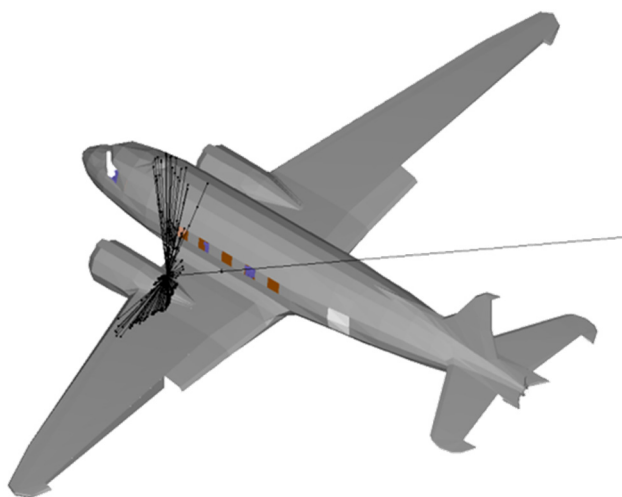
#### *Brand i samband med sårbarhetsvärdering*

På uppdrag av Försvarsmakten har en studie i simulering av brand i samband med verkansvärdering [47] utförts. I rapporten sammanfattas problematiken kring brandförloppssimuleringar, vilken metodik som ska användas beroende på scenariot som behandlas och frågan hur olika komplexa beräkningsmetoder ska kunna kopplas till verktyget Aval diskuteras. Tre olika CFD koder presenteras och diskuteras. Studien resulterade i såväl kortsiktiga som långsiktiga rekommendationer för hur brandsimulering kan användas inom verkansvärdering. Även en instruktion för konvertering av målbeskrivning från Aval till en datafil till ett CFD program ges här.

## Sårbarhetsvärdering i definierad hotmiljö

### *Haveriutredning*

Som en del i haveriutredningen av den DC-3:a som sköts ned den 13 juni 1952 har bland annat skadeidentifiering och simuleringar av beskjutningen mot flygplanet genomförts [20]. Syftet med simuleringarna var att testa olika teorier gällande angreppsriktning och ammunition. Målet beskrevs som en yttre geometri, innergolv och innerväggar samt med ett fåtal komponenter i flygplanet. Simuleringarna gav information om var på planet splitter från granater träffar samt om det är många splitter som träffar inom ett begränsat område. Figur 11 visar ett exempel från simuleringarna. Identifieringen av den ammunitionstyp som misstänkts använts baserades på splitterrester hittade i vraket, vars egenskaper jämfördes mot då vanligt förekommande splitterstridsdelar. Split-X 5.0 användes för att beräkna splittrens utkastvinklar, hastigheter samt massor. För brisadpunkter i simuleringarna användes positioner där skador motsvarande en brisad identifierats samt uppskattade (gissade) positioner då splitterskadorna vittnar om brisad men brisadpunkten ej kunnat identifieras. Resultaten från simuleringarna jämfördes sedan med dokumenterade skador på planet. Utöver en sammanfattning av möjliga anfallsriktningar och vilken ammunition som använts presenteras även en sannolikhetsfördelning baserat på 100 brisader per brisadpunkt över att vissa händelser inträffar med avseende på personalen ombord flygplanet.



Figur 11. Splitterspridning från simuleringarna av DC-3:an [20].

### *Sårbarhetsvärdering Patgb*

En sårbarhetsvärdering av Patgb203A i Aval görs i [48]. Arbetet omfattade:

- Upprättning av målbeskrivning för Patgb203 med trupptransportinredning för värderingsprogrammet Aval.
- Att värdera Patgb203:s sårbarhet avseende vapenhot enligt kravspecifikation och TTEM.
- Att värdera Patgb203:s sårbarhet avseende fältmässiga insatser av FMV bedömd hotbild.
- Att värdera några ansatser till ökad överlevnad.

Simuleringarna genomfördes om 156 bekämpningsfall och fördelades i följande grupper:

1. Beskriva simuleringarnas känslighet för olika faktorer
  - Beskriva sårbarhet med/utan inverkan av sekundärsplitter, brand och

- ammunitionsinitiering.
- Beskriva attitydernas inverkan.
- Beskriva verkanstidens inverkan.
- Beskriva tidsstegens inverkan.
- 2. Beskriva sårbarhet jämfört med krav enligt TTEM och TS (Technical Specification)
  - Simulera sårbarhet mot vapen som specificeras i TTEM och TS.
- 3. Beskriva sårbarhet i en bedömd hotbild för internationell tjänst och nationellt försvar
  - Simulera sårbarhet mot vapeninsatserna direkteld, indirekt eld och minor.
- 4. Visa potential för förändring av sårbarhet:
  - Jämföra kostnads- och viktseffektivitet för några sätt att förändra fordonet, t.ex. ökat pansarskydd, förbättrad liner samt utökat skydd för ammunition och andra utsatta komponenter.

## b) Verkansvärdering

### *Vapen- och ammunitionsprestandavärdering*

En metodik för värdering av vapenprestanda/vapeneffektivitet har tagits fram på uppdrag av Försvarsmakten [49]. Metodiken ska kunna användas för att snabbt och enhetligt kunna bistå Försvarsmakten (och t.ex. FMV) med underlag. Rapporten redovisar några exempel på utförda värderingsarbeten av vapenprestanda, vilka sammanfattas i ett förslag på en arbetsmetodik med fokus på stridsdelens verkan. Metodiken är verktygsgenerell och 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:

- Planering: Analys av frågeställning. Design av simuleringar. Namngivning av filer, bör föregås av att de planerade simuleringarna struktureras upp (hur många olika vapen, måltyper och dylikt). Ta reda på vilka stridsdelsbeskrivningar, målbeskrivningar och andra filer som finns till det värderingsverktyget man avser att använda. Här bör man även hantera hur man får tag på de beskrivningar som saknas. Även vilka andra typer av data och verktyg som kan behövas bör behandlas, t.ex. spridningsmått och standardavvikelser.
- Stridsdelsbeskrivning: Framtagning av nya indata för stridsdelsbeskrivning sker med fördel genom experimentella försök. Om den möjligheten saknas så är det möjligt att få fram godtagbara beskrivningar utifrån beräkningar och bedömningar.
- Vapenbeskrivning: Bör innehålla information om hur beskjutningen sker, direkt eller indirekt, enstaka skott eller salvor, eventuellt MRSI-funktion och i vilken mängd, riktnoggrannhet, ballistik, målinmätning o.s.v. beroende av simuleringstyp och scenario.
- Målbeskrivningar: Val och iordningsställande av felträd till målbeskrivning (speciellt val av topphändelser). Hur avancerad beskrivningen bör vara baserad på vilken fråga som ska besvaras. Då framtagning av detaljerad målbeskrivning är mycket tidsödande är det bra om tidigare beskrivningar kan användas eller om man kan sänka detaljnivån.  
Vad som är en lämplig definition av utslagning för respektive måltyp måste övervägas.
- Simuleringsscen (scenariobeskrivning) upprättas, samt vilken typ av simuleringar som lämpligast behandlar den typ av simuleringsscen som är beskriven.



- Simulera: Börja med att verifiera att alla spridningsmått som finns i t.ex. Aval är relevanta. Det är ofta bra att börja med kortare Monte Carlo-cykler (kanske 100) för att se om resultaten verkar rimliga. När rimlighet är bekräftad kan man sätta igång längre simuleringar för att få bra statistik på resultaten.
- Resultatanalys: Ofta behövs en efterbearbetning för att kunna se trender eller mönster i resultaten. Efterbearbetning kan ske i t.ex. Matlab, Excel eller med det verktyg man har tillgång till.
- Rapport där resultat redovisas för uppdragsgivaren på ett sätt som passar dennes behov. Dessutom bör även alla simuleringsdata, delresultat och nyutvecklade stödverktyg arkiveras för att kunna återutnyttjas.

### ***Jämförande splitterverkanssimuleringar***

I [50] görs jämförande splitterverkanssimuleringar av två olika granatgevärsammunioner 84 mm på uppdrag av FMV. Fem olika scenarier med enskild soldat som mål (skyddad och oskyddad) definierades av FMV, vilka modifierades något med avseende på simuleringsvillkor. Figur 13Aval användes som beräkningsverktyg för studien.

Skjutriktningen definierades som mot soldatens ansikte, d.v.s. från den riktning soldatens egna vapen pekar. Brisadpunkterna skapades genom att slumpmässigt definiera ett antal punkter i en kub med sidlängden 1 m (brisader/m<sup>3</sup>) för så många kuber som rymdes i simuleringsrymden. Samma brisadpunktsfil användes för samma scenario för att förutsättningarna skulle vara identiska mellan de olika simuleringarna och så att resultatskillnaderna endast kom att bero på skillnaderna i granattypernas prestanda. Då samtliga brisadpunkter slumpats fram föreligger en risk att de kan definieras inuti målet, därför togs resultaten från granater där samtliga splitter träffar målet bort från resultatutvärderingen. Simuleringarna genomfördes som "lethality"-simuleringar samt en ytterligare fil som skapades under simuleringarna vilken innehöll information om hastighet och massa för varje splitter som under någon Monte Carlo cykel träffar en vitaldel samt vitaldelens nummer. Splitterberäkningsmetod "Optimized" användes.

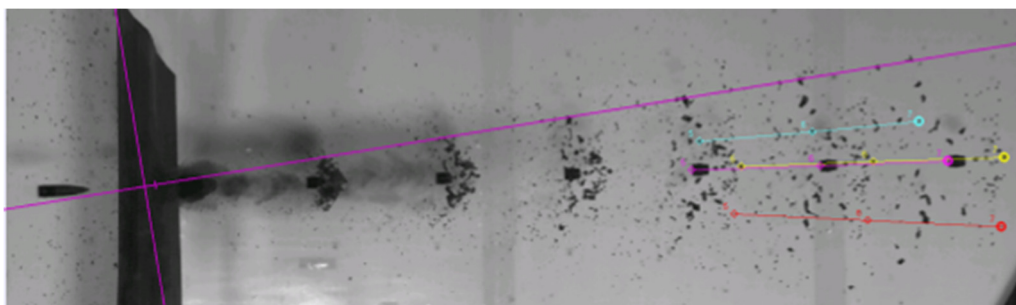
Resultaten utvärderades genom att ta reda på i vilken Monte Carlo-cykel ett eller flera splitter träffat en vitaldel (soldaternas vapen räknades ej in). De splitter som träffade soldaten räknades och kombinerades med brisadpunktskoordinater i simuleringsrymden. Dessutom genomfördes motsvarande räkning av antal splitterträffar med en anslagsenergi om minst 5 J respektive minst 80 J samt för vilken och hur många brisadpunkter respektive energivillkor inträffat. Då samma brisadpunkter använts vid simuleringarna av de olika stridsdelarna kunde resultaten mellan dem enkelt jämföras. Resultaten redovisas som: antal brisadpunkter som gav träff i målet, antal splitterträffar, antal brisadpunkter som gav träff i målet med  $\geq 5$  J respektive  $\geq 80$  J och antal splitterträffar med  $\geq 5$  J respektive  $\geq 80$  J för respektive stridsdel och scenario samt förhållandet mellan granattyperna som kvot för respektive resultat. Resultaten presenterades även grafiskt från fyra olika vyer där brisadpunkterna i plottarna gavs olika storlek beroende på antal träffande splitter från brisadpunkten.

### ***Kravuppfyllnad verkan***

Genomförda försök och beräkningar om hur en ny handgranat uppfyller ställda verkanskrav finns presenterade i [51]. Utkasthastigheten för splittren uppskattades genom beräkningar i Split-X. Sprängprov utfördes mot CRISAT-vitnesplåtpaket (utformad enligt Nato-standard Stanag 4190) på två olika avstånd. Granaten var upphängd med symmetriaxeln orienterad vertikalt på fast höjd över marken. Antalet splittergenomslag i de olika plåtarna i vitnespaketet samt utslagningssannolikhet enligt CRISAT för de två olika avstånden presenteras. En jämförelse mellan konventionell handgranat och den nya visas med avseende på antalet splitterträffar mot en yta motsvarande en liggande soldat vid de två olika avstånden horisontellt från brisadpunkten.

### ***Ammunition till Jas Akan***

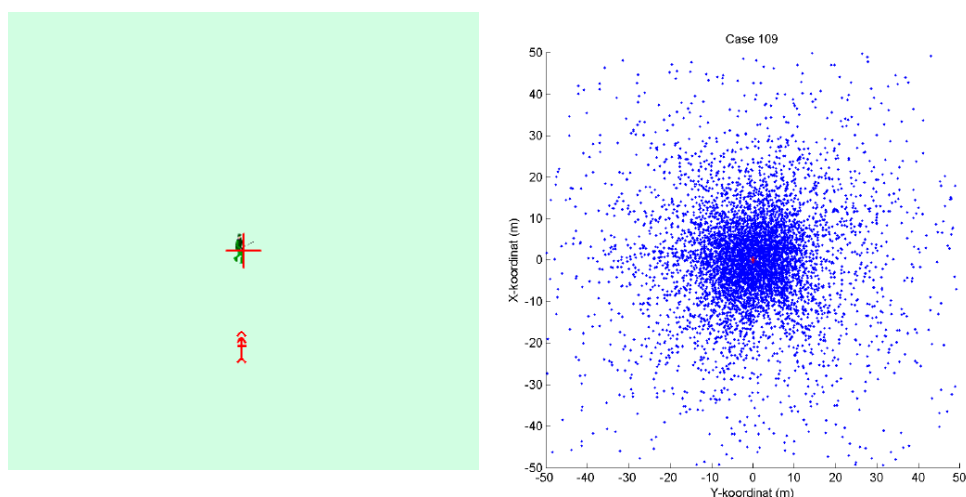
I [52] redovisas verkan av automatkanon Mauser BK27 hos Jas 39 gripen för olika ammunitionstyper. Baserat på experimentella resultat av skarpa skjutprov, med träffbild beskrivet för definierad höjd över mark och anfallsvinkel mot mål kunde CEP och standardavvikelse bestämmas. Figur 12 visar ett exempel från utvärderingen av de experimentella resultaten. Anfallsvinklar för markmål valdes till  $6^\circ$ ,  $18^\circ$  och  $30^\circ$  och för luftmål till  $0^\circ$ ,  $\pm 6^\circ$ ,  $\pm 18^\circ$  och  $\pm 30^\circ$ . Skjutavståndet ansattes som standard till ett fast värde för samtliga anfallsvinklar och måltyp, då experimentell data fanns att tillgå för detta avstånd. Eldgivningshastigheten och därmed tiden mellan varje avfyrning baserades på teknisk data. Då allmålsband användes för vissa salvor, vilka därmed skulle innehålla olika ammunitionstyper i en och samma salva skapades en case fil för respektive ammunitionstyp, vilka sedan kördes tillsammans i simuleringarna. För att få en tidfördelning mellan träffarna från respektive ammunitionstyp ändrades skjutavståndet mellan respektive case för att ge en tidfördelning motsvarande den reella. Resultaten presenterades för varje ammunitionstyp som tabellerad och plottad utslagningssannolikhet för respektive måltyp för de olika anfallsvinklarna och salvlängd. Även en jämförelse mellan de olika stridsdelarna gjordes genom att plotta utslagssannolikheten för respektive ammunitionstyp mot salvlängd för de olika målen.



Figur 12. Exempelbild från utvärdering av ett penetrationsförlöpp där utkastningsvinklar och hastigheter registreras.

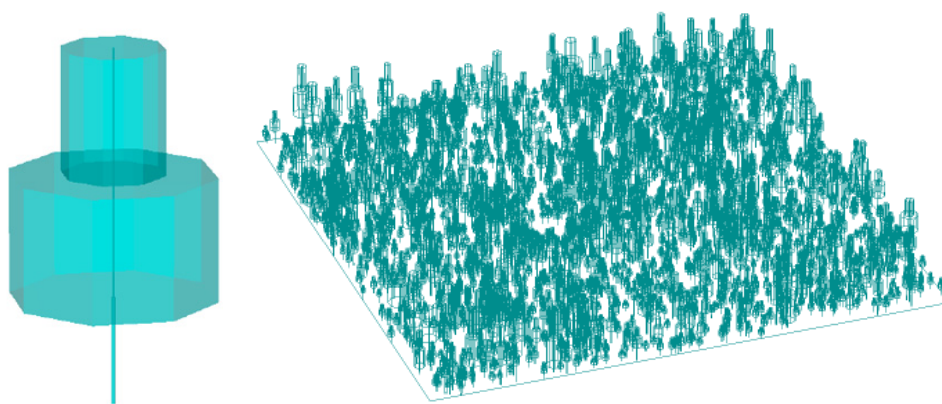
### ***Prestanda spränggranat***

Som en del i ett uppdrag från FMV, om verkan av enskild granat, har en metodbeskrivning för verkansvärdering av sprängprestanda mot enstaka målobjekt [53] upprättats. Arbetet är utfört inom ramen för studie av 8 cm svinggr m/80, där det är granatens tekniska verkansprestanda som analyseras, inte dess prestanda i ett taktiskt användningssätt. Det huvudsakliga resultat som eftersöks är sannolikheten att granaten klarar att slå ut sitt mål som funktion av avståndet mellan brisadpunkt och mål. Detta genom att låta granaten brisera i flera punkter på olika avstånd och riktningar från målet och därefter kontrollera hur många granater som briserat inom ett visst avståndsintervall och hur många av dessa som slog ut målet. Figur 13 visar en karta med en enskild soldat och brisadpunkter.



Figur 13. Bilden till vänster visar en karta med en enskild soldat som utgjorde mål i [53] och bilden till höger visar en exempelfigur som redovisar läget för brisadpunkter (blå prickar) som gav utslagning av målet (röd prick).

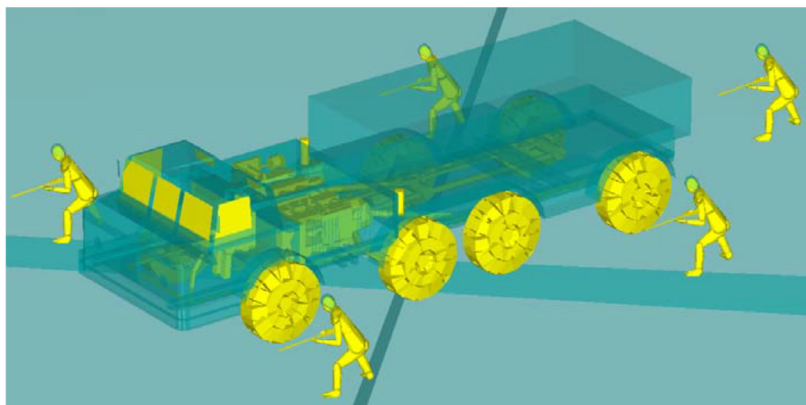
Rapporten behandlar markytors ojämnhet, generering av brisadpunkter med nedslagsvinkel och hastighet, vegetations splitterbromsning (se Figur 14), mål med skadekriterier, vapenbeskrivning, simulering och satt simuleringsscen samt resultatutvärdering och – presentation. För ändamålet skapade hjälpverktyg i form av Matlab-program finns översiktligt beskrivna i rapporten och bifogade på CD.



Figur 14. Ett typträd och en gles skog bestående av ett antal typträd i Aval från [53].

### ***Vapensystemsvärdering***

I studien [27] studeras verkan från och effektiviteten av ett antal artillerivapensystem med hjälp av Aval. Syftet med denna studie var att jämföra olika vapenplattformars effektivitet vid bekämpning av två givna mål med målsättningen att nå en 30 % nedkämpning med sannolikhet 0,8 och 95 %-igt konfidensintervall. Tre olika terrängtyper och två olika mål användes: öppen mark, skog och urban miljö respektive 10 soldater samt en kombination av lastbil och 5 soldater (se Figur 15). För alla vapensystem antogs anslagsbrisad. Alla enheter i denna studie har även tilldelats ett slumpmässigt fel i eget läge.



Figur 15. En av måltyperna i studien, en lastbil med 5 soldater [27].

Indata för att kunna beräkna ballistiken för granaternas projektilbanor hämtades från skjuttabeller där tabeller med luftbromsning, skottvidd m.m. och spridningsmått finns angivna. Beskrivningar av granaterna togs fram via Split-X baserat på genomskärningsskisser och formgivning samt från tidigare underlag utgivet av FMV. Olika kombinationer av vapen och ammunition ingick i studien. Varje kombination beskrevs med antal vapenplattformar och deras interna gruppering samt deras skjutavstånd och träffspridning. I simuleringarna användes atmosfärsdata, inkluderande en viss spridning i vindriktning och styrka. För alla vapen och laddningar användes en normalfördelad spridning av utgångshastigheten med standardavvikelsen 2,0 m/s. Detta inkluderar t.ex. variationer i krutets temperatur och laddningens storlek. Spridningen i utgångshastighet är ansatt i samråd med FMV.

## c) Riskvärdering

### *Metodik för riskbedömning*

I rapporten ”metodik för riskbedömning” [54] som upprättats på uppdrag av Försvarsmakten ges förslag på metoder för riskbedömning. Rapporten behandlar de första tre delarna av riskhanteringsprocessen, vilka ingår i begreppet riskbedömning, d.v.s. riskidentifiering, riskskattning samt riskvärdering. Olika riskbegrepp, t.ex. tolerabel och acceptabel risk som har sin utgångspunkt i H SystSäk [55], diskuteras och jämförs med samhällsvanliga risker och risknivåer. Se Tabell 1.

Tabell 1. Ett förslag på hur en riskmatris för oskyddade civila skulle kunna se ut [54, 56]. ET = Ej tolerabel risk, BT = Begränsat tolerabel risk, T = Tolerabel risk.

| Skadenivå              | Riskenivå | $> 10^{-4}$ | $> 10^{-5}$<br>$\leq 10^{-4}$ | $> 10^{-6}$<br>$\leq 10^{-5}$ | $> 10^{-7}$<br>$\leq 10^{-6}$ | $\leq 10^{-7}$ |
|------------------------|-----------|-------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|
|                        |           | A           | B                             | C                             | D                             | E              |
| Dödsfall               | I         | ET          | ET                            | BT                            | BT                            | T              |
| Allvarlig skada        | II        | ET          | BT                            | BT                            | T                             | T              |
| Mindre allvarlig skada | III       | BT          | BT                            | T                             | T                             | T              |
| Försumbar              | IV        | T           | T                             | T                             | T                             | T              |

Människan sårbarhet behandlas utifrån skadenivåer/kriterier, konsekvensbeskrivningar och inträffandefrekvens. Föreslagen arbetsmetodik tydliggörs med två exempel: riskbedömning på troop-house och camp. Rapporten presenterar även en kortfattad modellbeskrivning av programmet Swerisk (beräkning av risk för splitterskador). Den föreslagna metodiken är fördelad på sju delar:

- Identifiera syfte: Sätt avgränsning i område, tid och utifrån vilka förutsättningar värderingen ska göras. Fastställning av syftet med analysen och vilken detaljnoggrannhet som krävs. Även kriterier som riskerna senare ska värderas mot ska sättas upp.
- Inventering: Identifiera de risker som finns i det egna systemet. Detta är viktigt, då en förbisedd risk inte kommer att analyseras, vilket medför att risken underskattas. Även utfall av olika kombinationer bör ses över. Denna metodik är avsedd för vapenverkan och inriktning bör ske mot det hot som en beväpnad aktör kan utgöra.
- Analys: syftar till att, kvalitativt eller kvantitativt bestämma storleksordningen på hoten. I Försvarmaktens gemensamma riskhanteringsmodell ska hoten, då de väl är fastställda, även bedömas utifrån intention, kapacitet och tillfälle. Intention avser aktörs vilja, motiv och mål medan kapacitet är en aktörs resurser och förmågor, till exempel utrustning och personal. Tillfälle syftar till var och när en aktör kan påverka en skyddsvärd tillgång. Under intention bör identifieras vad aktören vill skada och syftet med detta. Dessa grundförutsättningar bestämmer sedan ingångsdata för simuleringen tillsammans med identifierade grundvärden.
- Genomför simulering: simuleringarna syftar till att utifrån identifierade ingångsdata avgöra hur det analyserade påverkas. Detta görs förmodligen enklast genom att bestämma sannolikheten för utslagning utifrån vissa kriterier framför att försöka bedöma exakt hur den skyddsvärda tillgången påverkas.
- Känslighetsanalys: variering av olika parametrar för att identifiera vilka parametrar som medför stora förändringar i resultatet och när dessa förändringar uppstår, dvs. hitta omslagspunkter. Genom att identifiera denna typ av påverkan är det också möjligt att se om händelserna som medför påverkan har en stor risk för att inträffa.
- Värdering: efter att risker har identifierats och sannolikheter och konsekvenser uppskattats, måste resultatet sammanställas, för att ge ett mått på den risk som den analyserade verksamheten är upphov till. För att kunna fatta beslut från detta resultat måste en värdering göras. Här tas exempelvis hänsyn till riskens karaktär, nyttan av verksamheten som är upphov till risken, samt individers upplevelse av risken. Det svåra är att göra värderingen för vilka risker som är acceptabla och vilka som inte är det. Entydiga riskkriterier finns idag inte utformade och fastställda i Sverige. Det finns dock olika principer som kan användas till stöd för utformning av riskkriterier. Till exempel kan rimlighets-, proportionalitets- och fördelningsprincipen användas. Överlag bör strävan även ligga i att undvika katastrofer (stora konsekvenser), där det inte finns tillräckliga resurser till skillnad från mindre händelser där resurserna för att hantera konsekvenserna kan vara tillräckliga.
- Sammanställ resultat: resultatet sammanställs med en förteckning över väntevärden med utgångspunkt från de olika händelserna. Rekommendationer som gör att antingen sannolikheten minskar att händelsen inträffar eller att konsekvenserna mildras bör beskrivas. Beslutsfattare har sedan möjlighet att ta ställning till, utifrån sina kriterier om dessa risker är acceptabla i nuvarande

situation, eller om rekommendationerna ska implementeras i verksamheten. Viktigt är dock att se till vilka risker som är inkluderade och under vilka förutsättningar riskbedömningen gäller.

### ***Risikanalys av olycksscenarier vid järnväg***

I [57] presenteras en kvantitativ riskanalys (i enlighet med plan och bygglagen) på en fastighet som var tänkt att byggas om för ny typ av verksamhet. Riskanalysen utfördes då fastigheten är placerad nära Södra stambanan. I frågeställningen ingick även att ge förslag på riskreducerande åtgärder, vilka presenteras i rapporten. I rapporten presenteras en ingående analys av de olika typer av hot (olycksscenarier) som järnvägen kan innebära och sannolikheten för att olycka inträffar samt typ av konsekvens och sannolikheten för den. Den bedömda samhällsriskens sammanställdes och presenterades tabellerat som tänkbara olycksscenarier mot konsekvens (antal döda), frekvens (utfall per år och km) samt kumulerad frekvens med och utan riskreducerade åtgärder inkluderade. Även risktolerans (risknivåer och riskkriterier) diskuteras och baserat på detta presenteras en plottad jämförelse mellan kumulerad frekvens mot antal döda för den beräknade kumulerade frekvensen, högsta gräns för acceptabel risk och lägsta gräns för oacceptabel risk. Beräkningarna baserades på uppgifter från banverket, Green Cargo, VTI-rapporter, räddningsverket och DNV.

### **Riskavståndsbestämning**

#### ***Spränggranater***

Rapporten ”riskavståndsberäkningar för 81, 120 och 155 mm spränggranater med Swerisk” [58] behandlar den första delen i en samverkan mellan Artilleriregementet och FOI i att skapa en interoperabel och vetenskapligt spårbar metod för hantering av riskavstånd i strid. Denna rapport behandlar beräkningar, för låga risknivåer, i Swerisk av medelriskavstånd för splitter från svensk ammunition mot personal med personligt skydd och civila. Ingen hänsyn tas till vapenspridningar. Rapporten beskriver även principerna för riskberäkningar i Swerisk. Resultaten presenteras som sammanfattande tabeller över skaderisken för civila och egen personal med personligt skydd vid risknivåerna  $10^{-6}$  och 0,1 %.

#### ***Artilleri och granatkastare***

På uppdrag av FMV har en studie på riskavstånd för artilleri och granatkastare [59] gjorts. Syftet med studien var att med Aval skapa en tabell med riskavstånd för dels civila och dels soldater med skyddsutrustning vid eldgivning med artilleri och granatkastare för 10 % respektive 0,1 % sannolikhet för ”icke allvarlig skada” och ”allvarlig skada” samt träff. Scenbeskrivningen som användes var soldater/civila placerade i terrängen på givna avstånd från riktpunkten. Soldaterna/de civila var placerade på en linje vinkelrätt mot skjutriktningen, där den första soldaten stod i vapnets riktpunkt, dvs. medelträffpunkten och varefter ytterligare 120 soldater placerades med 5 m mellanrum till ett avstånd av totalt 600 m till höger om från medelpunkten. Figur 16 visar soldaternas placering.



Figur 16. Soldater placerade på led med 5 m mellanrum, det röda krysset markerar medelträffpunkten och pilen illustrerar skjutriktningen [59].

Avals soldatbeskrivning användes, men genom att ta bort skyddsförmågan hos hjälm och skyddsväst från soldatbeskrivningen, och lägga till skyddsförmågan i efterbearbetningen av resultaten där det var tillämpligt, kunde modellen användas för både soldater/civila. Förmågan för målen att bromsa eller stoppa projektiler togs bort för att inte dessa skulle skydda omkringstående mål. Skadenivåerna baserades på anslagsenergi alternativt anslagsenergi per ytenhet för de splitter som träffar soldaten, all skadeutvärdering i studien gjordes i efterbehandlingen. Riskavstånden beräknades med och utan hänsyn till träffpunktsspridning samt med enskild granat och bekämpningsanfall med 10 granater på 1/3, 2/3 och 3/3 av maxräckvidden. Split-X användes för beskrivning av stridsdelarna. För samtliga vapen utnyttjades Avals funktion "End phase". I denna funktion anges data på träffspridning i längd och sida samt anslagsvinkel och anslagshastighet direkt från skjuttabeller. Vid överföring till indata omvandlades vinkelmått från streck till radianer och spridningsmått från den 50 %-iga spridningen till en standardavvikelse. Data för över- respektive undergradsbanor användes utefter tillgänglighet i ballistisk data. Studien är genomförd så att den är jämförbar med [58].

### ***Handgranat***

Genomförda riskberäkningar för kastare och oskyddad personal som befinner sig i närheten av brisaden av ny handgranat finns presenterade i [51]. Utkasthastigheten för splittren uppskattades genom beräkningar i Split-X. För riskutvärdering användes FM:s HSystSäk. Skadenivåer översattes till den splitterenergi som krävs för att åstadkomma aktuell skada enligt [56]. Baserat på beräkningar presenterades en plot över splitternedslagshastigheter som funktion av avståndet till nedslagspunkten med gränsvärden för olika skadenivåer utplacerade. Luftbromsningskoefficienter för splittren som funktion av Machtalet hämtades från litteratur. Sprängprov för studie av skadefrekvenser utfördes med det centrala verkansområdet av granaten riktat mot två aluminiumplåtar uppställda på 30 m avstånd. Riskberäkningar gjordes för en stående och en liggande soldat på detta avstånd. Från försöken beräknades det genomsnittliga antalet splitter per kvadratmeter. Resultaten översattes med CRISAT-tabellen till sannolikheten för utslagning av en oskyddad soldat. En sammanfattande tabell med sannolikheterna för träff, penetration och utslagning för oskyddad personal stående, liggande tvärs och längst splitterriktning finns presenterade. Även teoretiska beräkningar av splittertätheten genomfördes och jämfördes med de experimentella resultaten.

### ***Röjning***

Som underlag för riskbedömning av RÖJLNG 20 OXA har beräkning av maxräckvidden hos laddningen gjorts på uppdrag av FMV[60]. Beräkningar av strål- och sluggkarakteristik utfördes i GRALE2D. Ritningsunderlag av RSV-laddning tillhandahölls av FMV. Detonationsegenskaper och parametrar till tillståndsekvationen på JWJL-form uppskattades med hjälp av Cheetah 2.0. Det beräknades att en stor mängd små stålfragment samt fyra större fragment bildas. Då de små stålfragmenten bedömdes ha kort räckvidd ur risksynpunkt gjordes närmare riskstudier endast på de större fragmenten. För dessa bestämdes massa, utgångshastighet, tvärsnittsarea, lateralarea och genomsnittsarea. Baserat på dessa data och med luftmotståndskoefficienter tagna från litteratur beräknades maximal räckvidd, nedslagshastighet och nedslagsvinkel för data med största och minsta splitterarea. För det fragment som beräknades ha den största räckvidden beräknades bandata (elevation, bantid, avstånd, hastighet och nedslagsvinkel). Riskavstånd för hudpenetration (baserat på skadeenergi) för soldat i fältuniform beräknades och presenteras.

### ***Rikoschett Jas Akan***

Rikoschettanalyser av försök med Jas Akan med olika ammunition finns presenterade i [32]. Experimentella försök utfördes för de olika ammunitionstyperna och för olika anfallsvinklar. Anfallsvinkeln, rikoschettvinkeln, rikoschettnedslagsavståndet från träffpunkt och huruvida projektilen fragmenterades/initierades eller ej samt om rikoschett inte uppstod dokumenterades för de olika skjutfallen. I vissa fall studerades även rikoschetternas kastbana och luftmotstånd med hjälp av radar. För de projektiler som var hela eller vars kärnor var intakta beräknades kastavstånd. Kastavstånd som funktion av anfallsvinkel presenteras. För några försök studerades den horisontella avvikelser av rikoschetterna med radar och presenteras som avvikelse mot avstånd från den första nedlagspunkten. Även utkastvinkelavvikelsen för rikoschetten mot anfallsvinkeln presenteras för några försök. I bilaga presenteras en plot av det experimentellt uppmätta luftmotståndet för en ammunitionstyp i olika tillstånd (ostörd, efter rikoschett m.m.) mot hastighet och plottar av jämförelser mellan uppmätta och beräknade kastbanor.

### ***Skyddsutformning för att minska splitterrisk***

Som stöd till studien "Hot mot camper och andra fasta anläggningar" har en parameterstudie av sektionering av camper genomförts [61]. Studien behandlar i vilken omfattning låga murar inne på ett campområde medför ökat skydd för personalen. Campen har utformats så att man ska kunna se hur bra låga murar skyddar på olika avstånd från detonationen och hur soldaterna på olika positioner påverkas, d.v.s. om de står nära eller långt ifrån en mur. Två sorters murar av 10 mm stålplåt, antingen 50 eller 100 cm höga har använts. Murarna har placerats i ett rutnät (utan yttermurar) med 40 m mellanrum i ett campområde om 200 m x 200 m. Tre soldater bärande skyddsväst och hjälm har placerats i varje ruta på olika avstånd från murarna (nära, i mitten av rutan samt längre ifrån). Skadekriterier på soldaterna var satta för att bedöma om ett träffande splitter slog ut soldaten eller inte, men utvärderingen fokuserade på antalet träffande splitter. Även fem stycken containrar bestående av ett tunt plåtskal innehållande en soldat placerades ut på campområdet. Containrarnas placering och orientering varierades för att variera vilken sida som är vänt mot hotet. Hotet bestod av enskild granat av typen 120 mm spränggranat respektive 155 mm spränggranat (generiska granater liknande m/86 respektive m/54). Avals beräkningsmetod "optimized" användes för att välja hur splitters ballistiska banor ska beräknas. Beräkningar utfördes för tre olika brisadhöjder: markbrisad samt brisad på 3 respektive 15 m höjd med nedslagsvinklarna (mätt från markytan) 60° för de första två fallen och 45° för fallet på 15 m höjd. Efter utvärdering av en första simuleringsomgång drogs slutsatsen att ett högre antal Monte Carlo-cykler än 1000 behövde användas då bekämpningsfallen resulterade i att många soldater inte träffades av splitter. I en andra simuleringsomgång användes därför istället 10000 Monte Carlo-cykler vilket gav stabila resultat i området nära brisadpunkten. Även beskjutningsriktningen ändrades så brisaden skedde i riktning mot campen. Resultaten presenteras som medelantalet splitterträffar för de olika casen normerade mot motsvarande fall utan mur. Även en jämförelse om antalet splitterträffar vid stående respektive liggande soldater gjordes för att studera inverkan av murar och varningssystem. På bifogad CD återfinns samtliga simuleringsresultat, simulerings- och casedefinitioner samt de stridsdelar och mål som utnyttjats.

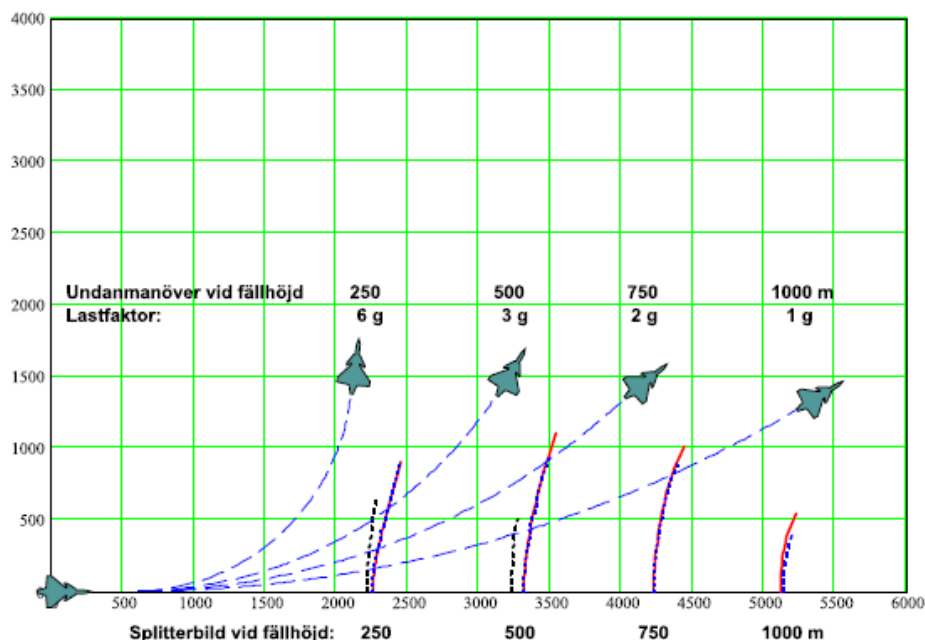
### ***Riskområdesbestämning***

#### ***Risk för eget flygplan vid bombfällning***

I en studie utförd på uppdrag av FMV analyseras risken för att Jas 39 träffas av bombsplitter från bombtyperna Mk82, Mk83 och Mk84 samt SDB (GBU39) vid planfällning på låg höjd [62]. Bombernas flygbanor och nedslagsdata som funktion av fällningshöjden har beräknats liksom deras splitteregenskaper. Splitteregenskaperna (massfördelning, utkasthastighet och utkastvinklar) har beräknats med Split-X. Geometrin för stridsdelarna är hämtade från ritningsunderlag tillhandahållt av FMV. Splitterbanor för typsplitter samt fästplatta och lyftöglor (delar av stridsdelen) presenteras som



vertikalsnitt genom brisadpunkten i fällningsriktningen. Risken för att flygbanan skär splitterzonerna har analyserats och presenteras som diagram över skärningarna mellan splitterkoner och höjdplanen för olika fällhöjder tillsammans med beräkningar av undanmanöver för att undvika splitterträff. Rapporten innehåller även kortfattade beskrivningar av de olika stridsdelarna och sammanfattning över deras, från litteratur tagna, aerodynamiska egenskaper. Figur 17 visar ett exempel på resultat från studien.



Figur 17. Exempel på splitterbild för olika höjder och undanmanövrar från [62].

### ***Spränghandgranat i bebyggelse***

Vid MSS övningsområde i Kvarn finns en anläggning för strid i bebyggelse, där finns en byggnad, rensningshuset, där övning kan ske med skarp handgranat. Ca 140 m därifrån finns ett övningshus. Båda byggnaderna saknar tak. I [63] görs en utredning av riskområdet för spränghandgranat 56 med avseende på huruvida personal i övningshuset kan träffas och skadas av splitter från en brisad av en shgr m/56 i angivna brisadlägen i rensningshuset. Fragmenteringsberäkningar utfördes i Split-X. Då ritningsunderlag saknades baserades modellen på öppna källor, främst SoldR Mtrl Hgr, 2000 års utgåva. Geometrisk begränsningar från topografin samt byggnader tog med i beräkningarna (t.ex. splitter som fångas av husvägg). De ballistiska beräkningarna genomfördes i MathCad. Luftbromsningskoefficienter för användning i beräkningarna togs från tidigare studier. Resultaten som presenterades var nedslagsdata för höljes- och mekanismsplitter, nedslagsdata för mekanismsplitter vid tre olika avstånd för under- och övergradsbanor samt splitterbanor för höljes- och mekanismsplitter. Även den framräknade kumulativa massfördelningen och hastighetsprofilen från Split-X redovisas.

### ***Röjning av ammunition i sjö***

Som en del i ett uppdrag att stödja 4e sjöstridsflottiljen att minimera riskerna vid bärgning av ammunitionslådor med 20 mm spårlyusspränggranater som dumpats i sjön Ala Lombolo har avrapporteringen [64] gjorts. Detta memo behandlar: beräkning av erforderligt vattendjup för att inte få ytbrott med risk för splitterutspridning vid eventuell vådasprängning i ammunitionslåda, förslag till splitterbromsande barriärer för att begränsa riskområdet vid bärgning samt förslag till utformning av transportlåda för att medge säker transport från upptagningsramp till bombtransportfordon. Memot har en

ammunitionsbeskrivning som mycket utförligt går igenom granatutformning, sprängämne, tändrör, sprängkapsel, spårlyd och autodestruktion baserat på litteratur samt splitteregenskaper baserat på dels Split-X beräkningar men också på experimentella studier med liknande ammunition. Ansatta splitterdata, projektild mot: hastighet, utkastriktning, splitterantal, genomsnittlig splittervikt och totalvikt redovisas. Riskavstånd beräknas enligt "Nato standardberäkning för Oxa", "FOI max räckvidd för typsplitter", "FOI max räckvidd för största splitter", "FN kontrollerat riskområde för röjande trupp" samt "FN kontrollerat riskområde civila och djur" och redovisas. Beräkningar på splittrens genomslagsförmåga med redovisade ekvationer görs också och redovisas som projektild mot: hastighet samt massa och genomslag för typsplitter och maxsplitter (högsta massa), där genomslagsförmågan avser handelsjärn. Även risk för detonation och massdetonation diskuteras.

### ***Rikoschett finkaliberammunition***

Som en del i förfrågan av Försvarsmakten om att utföra rikoschettprov i syfte att säkerställa att 5,56 mm sk ptr 5B stkprj uppfyller Försvarsmakten krav på säkerhet enligt SäKI har en förstudie [65] utförts. Förstudien behandlar och jämför hur riskområden är uppbyggda i SäKI samt Stanag 2240 (Nato) och hur man kan utföra försök för att få fram parametervärden som bygger upp ett riskområde för 5,56/5B stkprj.

### ***Avslagare, ammunitionsröjning***

På uppdrag av FMV har riskområdena vid studs för de olika kalibrar och ammunitionstyper som finns till avslagare amröj undersökts [66]. Samtlig ammunition har skjutits med markstuds för att bestämma maximal kastlängd efter studs. Som markbeskaffenhet har stål använts eftersom detta ingår i riskfall II enligt SäKI. Provuppställningarna som användes var enkelstuds mot plan yta samt dubbel studs, först mot plan yta och sedan mot 45° respektive 90° vinklad yta, för två olika infallsvinklar i det första fallet och för en infallsvinkel i de senare två fallen. Kastlängder har beräknats för att kunna jämföras med de experimentella försöken. Riskavstånden har sedan bestämts utefter de riskavståndsbeskrivningar som finns i SäKI tillsammans med data från de experimentella försöken. Underlaget är utformat så det kan användas som indata till SäKI.

### ***Flygplan med klickad ammunition***

Riskområdesbedömningar vid Vidsels flygbas för landning med klickad ammunition av typen GBU12 (Mk82) finns presenterade i [67]. I uppgiften ingick att beräkna splittertäthet och riskområden runt en detonerad GBU12 för tre olika fall: på plan mark, på flygplatsen nuvarande klickplatta och för klickplatta på en ny position inom flygbasens område. I de två senare fallen har beräkningar genomförts där omgivande slänter samt skyddsbarriärer ingått i terrängbeskrivningen. Beräkningarna har utförts med Swerisk och Aval i "direct fire mode" och resultaten har jämförts sinsemellan. Swerisk simuleringarna gav resultat i form av riskområden för olika riskfall samt sammanvägd risk för stående oskyddad person, medan simuleringensresultaten som använts från Aval är splitterträff på mark och träffsannolikhet på byggnader. För att kunna jämföra resultaten, har i efteranalysen av Aval-simuleringarna Matlab använts för att medelvärdesbilda antalet träffar på delytor om 10x10 m<sup>2</sup>, från vilket sannolikheten för träff per halv kvadratmeter beräknades. I arbetet har bedömningen att hantera enbart stridsdelen och inte flygplanet gjorts då detta bör kunna ses som det värsta fallet, eftersom flygplanet bör ha splittebromsande effekt. Rapporten presenterar kortfattade beskrivningar av de använda verktygen och hur de hanterar denna typ av beräkningar. Rapporten redovisar även terrängbeskrivningar, stridsdelsbeskrivningar (Swerisk respektive Split-X), simulering utföranden och resultat. Resultaten presenteras som splittertätheter i olika

riktningar och för de olika fallen som: riskområden med grad av risk samt sammanvägd risk för de olika riskgraderna och jämförs mot kartsnitt över området.

### ***Risk för egen trupp, artilleri***

I studien [27] studeras verkan från och effektiviteten av ett antal artillerivapensystem med Aval. I studien ingick en analys av riskavstånd för egen trupp från riktpunkten i bekämpningsområdet. Riskavståndet specificerades som avståndet längs respektive tvärs skjutriktningen vid vilken en oskyddad soldat kan befinna sig då risken att träffas av ett splitter understiger 1/1000. Genom att placera ut 100 soldater i skjutriktningen och 100 soldater tvärs skjutriktningen med 10 m mellanrum kunde det avstånd där soldaten träffades med en sannolikhet på just över 0,001 hittas, och riskavståndet sattes då till nästa avståndssteg. Soldatbeskrivningen justerades i detta fall så de ej kunde ge skydd åt varandra. Resultatet för riskavstånd presenterades för längs och tvärs skjutriktningen för olika terräng- och ammunitionstyper.

## **d) Stöd till studier och övningar**

I [6] behandlas metodik för utveckling av målschabloner i Aval till simuleringsprogrammet BT46. Målschablonerna beskriver hur sårbart målet är i olika delar för olika typer av hot. Studien inkluderar även en jämförelse mellan resultaten från Aval på beräkningar av patgb203 mot motsvarande beräkningar med programmet PTM, som idag används till BT46 systemet. I PTM presenteras målet i ett antal vyer vilka är representerade av mellan 10 till 30 delar. Varje del tilldelas en sannolikhet för utslagning givet träff av ett särskilt ammunitionsslag. För att kunna jämföra resultaten mellan Aval och PTM räknades Avals resultat om från ett gridsystem, för sårbarhetsanalys, till de zoner som är definierade i de befintliga schablonbilderna för BT46 genom att medelvärdesbilda de resulterande utslagssannolikheterna. Överföringsmetod av målschablon från PTM till Aval, överföring av de geometriska ytorna och omräkning av resultat från grid till PTM zoner, finns presenterade i rapporten. Toppörelser i Aval anpassades för att motsvara alternativet katastrofutslagning i BT46 systemet som utslagning av: personal (minst 1 person) och/eller grundläggande rörelseförmåga och/eller eldgivningsförmåga. Sannolikheten för utslagning utvärderades för 60 sekunder efter träff, d.v.s. långsamma förlopp som t.ex. bränsleläckage ingår ej i de resulterande sårbarhetsvärdena samtidigt som ev. självläkande funktioner inte hinner återhämta sig. Beräkningarna utfördes om 10 Monte Carlocykler per gridnod och hölls konstant för alla ingående ammunitionstyper. Målet i denna studie besköts från tre olika aspekter för varje ammunitionstyp.

## Bilaga E Indata till värderingsverktyg

### a) Stridsdelsbeskrivning för Aval

[44]

### b) Målbeskrivning för Aval

[68-74]

#### *Exempel på upprättande av målbeskrivning och i olika utföranden.*

En målbeskrivning av Patgb302 i trupptransportutförandet upprättades på uppdrag av FMV och presenteras i [48]. Vid simuleringarna antogs att fordonet står stilla, men har alla system igång samt att skyddsluckorna för vindruta och sidorutor är öppna och därmed inte täcker dessa. Alla andra luckor och dörrar antogs vara stängda. Bränsle och ammunitions mängd i fordonet vid simuleringstillfället sattes till 70 % av full last. Ammunitionen omplacerades som efter en stridspaus. Personalen placerades på sina respektive platser. En realistisk beskrivning av komponenter åstadkoms främst med angivande av ingående komponenter och deras betydelse för systemets funktion uttryckt i felträd. Målbeskrivningen hade med avseende på krut och sprängämne inte rätt material, innehållet beskrivs som handelsjärn med olika bromsningssannolikheter som korregerar penetrationen för densitetsskillnaden jämfört med sprängämne respektive krutladdning. Ammunitionsprestanda i dessa prov kan relativt enkelt jämföras med penetrationsförmåga i handelsjärn med erfarenheter erhållna från beskjutningsprov. Att beskriva olika ammunition med sina riktiga material bedömdes däremot innebära ett omfattande merarbete som inte ger motsvarande resultat.

Den geometriska beskrivningen av kaross och inredning baseras i första hand på mätningar utförda på en serieproducerad vagn. Utöver detta användes instruktionsböcker, reparationsböcker och reservdelskataloger. Målbeskrivningen inleddes med en definiera de fenomen som skulle ingå i beskrivningen samt att identifiera de fenomen/händelser som Aval 4.21 inte kunde hantera men som hade, eller kunde ha, inverkan på simuleringresultaten. För att underlätta arbetet och ge möjligheten att koppla dessa data till komponenterna när den geometriska beskrivningen görs är det bra om volymer, skadekriterier och material finns. Det räcker med en designerad siffra och namn vid komponentbeskrivningen, nödvändig data kan införas vid ett senare tillfälle. Struktur- och vitalkomponenternas geometri beskrevs med sin naturliga geometri. Strukturkomponenter, användes för att beskriva pansarskydd och delar av vagnkropp som ej ingår i funktionella system, vilka beskrevs generellt som massiva komponenter och i vissa fall som plana ytor. Vitaldelarna beskrevs med geometriformatet ihålig polyeder, med motivet att ha ett likartigt format i målbeskrivningar för att underlätta merutnyttjande av data mellan olika målbeskrivningar med avseende på både material och kriterier. Komponenterna gav även ballistiskt skydd.

För att kunna behandla tryck, brand och rök delades målet in i inre volymer, vardera definierade av en eller flera ihåliga stukturpolyedrar. I denna studie beskrevs den yttre geometrin av massiva polyedrar (plåtar) vilket krävde att ett antal nya ihåliga polyedrar, med noll i sidtjocklek samt i penetrations- och inre bromsning, specificerades för att representera de inre utrymmena i vagnen. Då vagnskroppen och komponenterna var beskrivna lades stödsystem såsom elsystem, hydraulsystem, vapensystem o.s.v. in i modellen.

Felträd upprättades för att beskriva händelser för målets förmågor. Stor vikt lades på personalen, förutom stridsduglighet på trupp användes även händelser för olika antal stridsodugliga personer i fordonet (oavsett funktion/tjänst). Som tophändelser användes:

utslagning av förmågan att strida med skyttegrupp, utslagning av stridsförmågan hos 1, 3, 6 personer i personalen, utslagning av rörelseförmåga, utslagning av eldgivningsförmåga med 20 mm akan, utslagning av rörelseförmåga och/eller eldgivningsförmåga 20 mm pjäs, utslagning av rörelseförmåga och/eller eldgivningsförmåga 20 mm pjäs och/eller skyttegrupp. Utslagningskriterier för komponenterna som definierats uppskattades och jämfördes och ensades i möjligaste mån med värden från andra målbeskrivningar, även baserat på experimentella resultat i ett fåtal fall.

## **Bilaga F            Resultathantering och resultatpresentation**

Kommande bilaga.

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  
164 90 Stockholm

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

[www.foi.se](http://www.foi.se)