



Metodik för utveckling av målschabloner i AVAL till simuleringsprogrammet BT46

Jämförelse av målschabloner från PTM respektive AVAL

SOFIA HEDENSTIERNA OCH MATS HARTMANN

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



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
Försvars- och säkerhetssystem
164 90 Stockholm

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

www.foi.se

FOI-R--2947--SE Metodrapport
ISSN 1650-1942 Januari 2010

Försvars- och säkerhetssystem

Sofia Hedenstierna och Mats Hartmann

Metodik för utveckling av målschabloner i AVAL till simuleringsprogrammet BT46

Jämförelse av målschabloner från PTM respektive AVAL

Titel	Metodik för utveckling av målschabloner i AVAL till simuleringsprogrammet BT46
Title	Methodology for development of target descriptions to the BT46 training system using AVAL
Rapportnr/Report no	FOI-R--2947--SE
Rapporttyp Report Type	Metodrapport
Sidor/Pages	17 p
Månad/Month	December
Utgivningsår/Year	2010
ISSN	ISSN 1650-1942
Kund/Customer	FM
Kompetensklass	4 Värdering av vapen- och skyddsteknik taktiskt, systemmässigt och miljömässigt
Extra kompetensklass	
Projektnr/Project no	E20523
Godkänd av/Approved by	Patrik Lundberg

FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut

Avdelningen för Försvars- och säkerhetssystem

164 90 Stockholm

FOI, Swedish Defence Research Agency

Defence & Security, Systems and Technology

SE-164 90 Stockholm

Sammanfattning

Syftet med denna studie var att utvärdera hur sårbarhetsprogrammet AVAL kan användas som verktyg för att ta fram målschabloner till utbildningssystemet BT46. Studien inkluderade även en jämförelse av AVAL:s resultat för Pansarterrängbil 203 med den befintliga schablonen.

De målschabloner som används idag är framtagna i programmet PTM. Målet är uppdelat i zoner och utslagssannolikheten vid träff i en zon är skattad genom antagande av plåttjocklek och placering av vitala delar. Resultaten från AVAL:s sårbarhetsanalyser antogs kunna ge mer detaljerade och realistiska utslagsvärden än de befintliga schablonerna. Denna studie jämförde AVAL och PTM som verktyg för att skapa målschabloner till BT46 genom att räkna om AVAL:s detaljerade resultat till medelvärden över de områden som motsvarar zonerna i BT46 systemet.

Resultaten visade att AVAL och PTM skiljer sig åt i beräknad utslagssannolikhet för de flesta ammunitionssorter. Generellt ligger utslagsvärdena i PTM mycket högre än de framtagna i AVAL. Troligen pga. att ett genomslag av yttre pansar i AVAL inte automatiskt ger utslagning utan det krävs att projektilen eller sekundärsplitter träffar en vitaldel.

Nyckelord: Sårbarhet, verkan, BT46, utbildningssystem, pansarterrängbil 203, patgb 203, ammunition, AVAL, PTM

Summary

The aim of this study was to develop a method including the vulnerability analysis program AVAL to create target descriptions for the training system BT46. The study also included an evaluation of the existing target vulnerability description of "Pansarterrängbil 203" compared to the one developed in AVAL.

Target vulnerability descriptions used in BT46 today are developed using the software PTM. The target is divided into areas where the vulnerability probability is computed from the assumed protective armour thickness and the location of vital parts in the area. The vulnerability data from AVAL simulations were believed to be more detailed and correct descriptions of the target vulnerability than those used today.

This study compared the AVAL and PTM vulnerability descriptions by recalculating the detailed values from AVAL to mean values covering the areas defined in the BT46 system.

The results showed that AVAL and PTM give very different vulnerability values for all of the ammunitions included in the study. Generally, the PTM values were higher than those calculated by AVAL. This was probably due to that PTM considers a perforating penetrator as a kill whereas in AVAL it counts as a kill only if a vital part is hit.

Keywords: Vulnerability, weapons effects, BT46, training system, Pansarterrängbil 203, patgb 203, ammunition, AVAL, PTM

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
1.1	AVAL.....	7
1.1.1	Struktur- och vitaldelar.....	7
1.1.2	Stridsdelar.....	7
1.1.3	Sårbarhetsanalys.....	8
1.2	Syfte.....	8
2	Metod	9
2.1	Överföring av målschablon från PTM till AVAL.....	9
2.1.1	Överföring av de geometriska ytorna.....	9
2.1.2	Omräkning av resultat från grid till PTM zoner.....	12
2.2	Ammunitionssorter.....	13
2.3	Utslagskriterier.....	13
3	Slutsats och diskussion	14
4	Fortsatt arbete	16
5	Referenser	17

1 Inledning

I försvarets stridsutbildning används bland annat digitala system för att simulera beskjutning och träff av ingående plattformar och vapen. Skjutsimulator BT46 är ett system för såväl grundläggande skjututbildning som dubbelsidig stridsutbildning. Systemet består av ett eller flera mål och minst en skjutande enhet. Skjutsystemet skickar över information om ammunitionsslag, ID-nr samt träffkoordinater till målsystemet som utvärderar om det är en träff och i så fall vilken påverkan på målet träffen har. För att bestämma sannolikheten för utslagning hos fordonet givet en träff används målschabloner som beskriver hur sårbart målet är i olika delar. Vid stridsutbildning ska det finnas en målschablon på respektive fordon som deltar.

Målschablonerna som används i BT46-systemet idag har tagits fram med hjälp av programmet PTM där målet presenteras i ett antal vyer. En vy av målet representeras av mellan 10 och 30 delar. Detta inkluderar områden ovanför och under målet vilka utgör målytan för t.ex. luftbrisader. Varje del tas tilldelas en sannolikhet för utslagning vid träff av ett givet ammunitionsslag. Sannolikheten för utslagning baseras på bilder av målet och uppskattade plåttjocklekar.

De framtagna procentsatserna är grova och bygger till stor del på antaganden. Det bör således finnas stora möjligheter att förbättra målschablonernas utslagssannolikheter genom att använda finare analysverktyg.

1.1 AVAL

AVAL (Assessment of Vulnerability and Lethality) är ett analysverktyg för verkans- och sårbarhetsvärdering av fysiska system, i första hand på plattformsnivå. AVAL fokuserar på interaktionen mellan stridsdelseffekter och mål. Utifrån stridsdelseffektens verkansförmåga och målets skyddsförmåga i träffpunkten samt vilka vitala komponenter som träffas görs en värdering av om målet slås ut vid en träff eller inte. Sannolikheten för utslagning beräknas med hjälp av ett antal Monte Carlo cykler där indata såsom träffpunkter och verkans effekter varierar.

1.1.1 Struktur- och vitaldelar

En målplattform beskrivs i AVAL av en tredimensionell CAD-modell som är uppbyggd av strukturdelar och vitaldelar.

- **Strukturdelarna** motsvarar väggar och strukturer vars funktion är att skydda och bära upp vitaldelarna. De kan penetreras vid träff men ger inte i sig upphov till utslagning.
- **Vitaldelarna** representerar de komponenter vars funktion behövs för att plattformen ska fungera och det är dessa som kan slås ut vid träff.

Vitaldelarna utgör enskilt eller tillsammans olika delsystem och system på plattformen vilka är beskrivna i ett felträd. För att bestämma en plattformens funktionella status efter beskjutning definieras ett antal så kallade topphändelser i felträdet. Topphändelserna består av kombinationer, i serie eller parallellt, av vitaldelar, delsystem och system. En topphändelse uppfylls när de i systemet ingående enheterna slås ut samtidigt eller enskilt, enligt de fördefinierade sambanden. Topphändelserna utgör grunden för resultatredovisningen i AVAL.

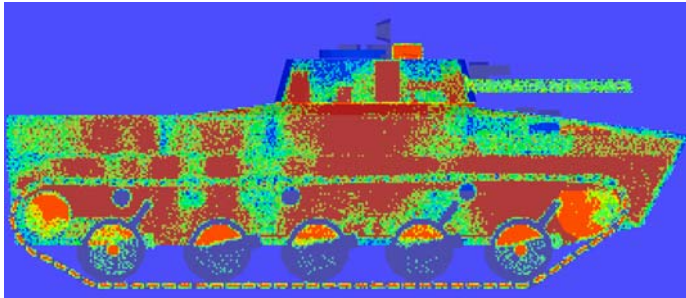
1.1.2 Stridsdelar

En stridsdel beskrivs av de verkans effekter den inkluderar samt en sensor som startar effekten vid trigg. En stridsdel kan innehålla flera stridsdelseffekter, t.ex. en penetrerande

KE projektil i kombination med en fragmenterande granat. Alla stridsdelseffekter beskrivs med hjälp av sin penetrationsförmåga normerad till penetration i handelsstål.

1.1.3 Sårbarhetsanalys

När man beräknar sårbarheten hos en plattform i AVAL beskjuter man hela plattformen i ett rutnätsystem (grid) för att detektera de ytor som är mest sårbara. Noggrannheten på analysen bestäms av tätheten hos griden och antal Monte Carlo cykler per nodpunkt i griden. I Figur 1 ses ett exempel på hur AVAL visualiserar den beräknade sårbarheten för ett generiskt mål.



Figur 1 Exempel på hur en sårbarhetsanalys i AVAL presenteras med sårbarhetsvärden från 0 % (blått) till 100 % (rött) utslagssannolikhet vid träff för varje ruta.

1.2 Syfte

Syftet med denna studie var att ta fram och dokumentera en metod för att med sårbarhetsanalysverktyget AVAL generera utslagningsdata till BT46 systemets befintliga schablonbilder, samt jämföra dessa med de utslagningssannolikheter som nyttjas i BT46 idag.

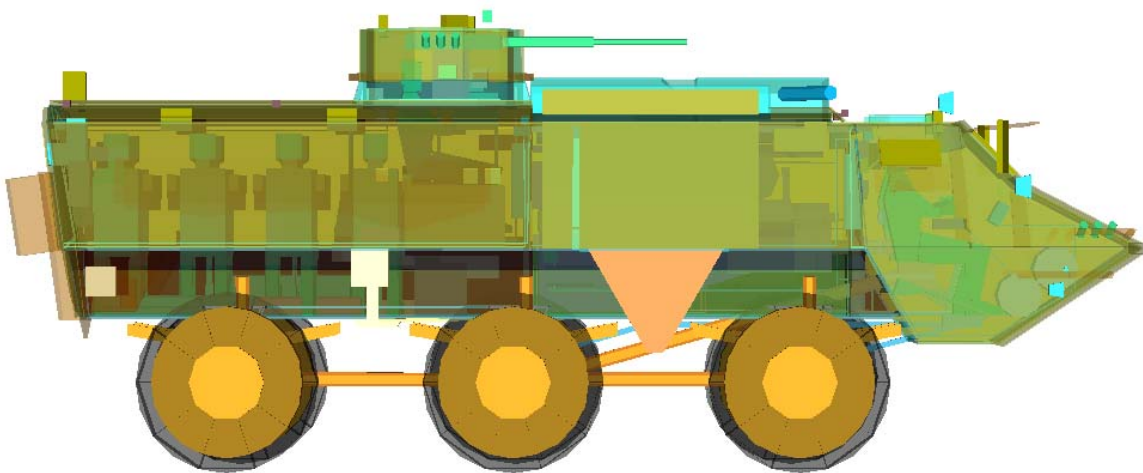
Resultaten från jämförelsen, i form av utslagssannolikheter från AVAL anpassade till BT46-systemets målschablon av pansarterrängbil 203, är hemliga och redovisas i FOI memo H716 [1].

2 Metod

I denna rapport har sårbarhetsvärden till målschabloner tagits fram för ett mål i kombination med ett antal ammunitionssorter. Det mål som studerats är pansarterrängbil 203 (Patgb203), se Figur 2. Som referens i en jämförande studie av resultaten användes den målschablon av Patgb203 som idag ingår i BT46 och som skapats i PTM. För att kunna jämföra resultaten från AVAL och PTM räknades AVAL:s resultat om från ett gridsystem (rutnätet som definierar sårbarhetsvärderingen) till de zoner som är definierade i de befintliga schablonbilderna. Dessa varierar för de olika aspekterna av målet och är listade i Tabell 1.

Målet besköts i denna studie från tre olika aspekter: höger sida (90°), snett framifrån (45°) samt framifrån (0°).

De för studien utvalda ammunitionssorterna är listade i Tabell 2.



Figur 2 AVAL modell av pansarterrängbil 203, med visualiserade vitaldelar

2.1 Överföring av målschablon från PTM till AVAL

Delytorna i PTM modellen är uppbyggda av ett rutnät med storleken $0,1 \times 0,1 \text{ m}^2$ lagt över en bild av målet. För att överföra PTM:s delytor till motsvarande grupper av rutor i AVAL:s grid skapades en konverteringsmatris enligt beskrivningen i avsnitt 2.1.1. De resulterande utslagssannolikheterna för varje gridruta räknades sedan om till genomsnittliga värden för delytorna enligt avsnitt 2.1.2.

2.1.1 Överföring av de geometriska ytorna

1. Delytorna i PTM:s målschablon sparas direkt från PTM som en Excel-fil med ett ark för varje aspekt (vy) av målet. De i målet ingående rutorna är markerade med bokstäver kopplat till respektive delyta. Den totala målarean består av 121×121 rutor där varje ruta motsvarar $0,1 \times 0,1 \text{ m}^2$.
2. I AVAL skapas en motsvarande målyta genom att lägga ett gridnät med 121×121 rutor med dimensionerna $0,1 \times 0,1 \text{ m}^2$ över målet med mittpunkt i PTM modellens origo. Koordinataxlarna för PTM:s rutnät roteras och inverteras för att stämma med AVAL:s koordinatsystem som är definierat tvärtemot PTM. Gridnätet i AVAL läggs i ett plan vinkelrätt mot skjutriktningen för respektive vy.

3. De sparade Excelarkens rutsystem används som förlaga till en konverteringsmatris som skapas med av ett för uppgiften utvecklat Matlab program (AspectRead.m). Detta program läser in Excelarket, delar in rutorna i zoner efter bokstav och skapar en konverteringsmatris, CI, som kopplar gridrutorna i AVAL:s nät till respektive zon i PTM:s indelning. Matrisen CI får dimensionerna [antal gridpunkter, antal zoner] och sparas i en egen fil för varje aspekt av målet (Transmatrix_0; Transmatrix_90 respektive Transmatrix_45).

De två geometriska modellerna i PTM och AVAL skiljer sig något från varandra. AVAL modellen är något större både i höjddled och på bredden. Det konstaterades att måtten på fordonet avvek mer i PTM än i AVAL enligt uppgifter från Patgb203s instruktionsbok [2]. För att zonerna i AVAL ska motsvara de delar som täcks av ytorna i PTM lades 1-2 extra rutor till i höjddled och sidled för varje aspekt i Excelfilen.

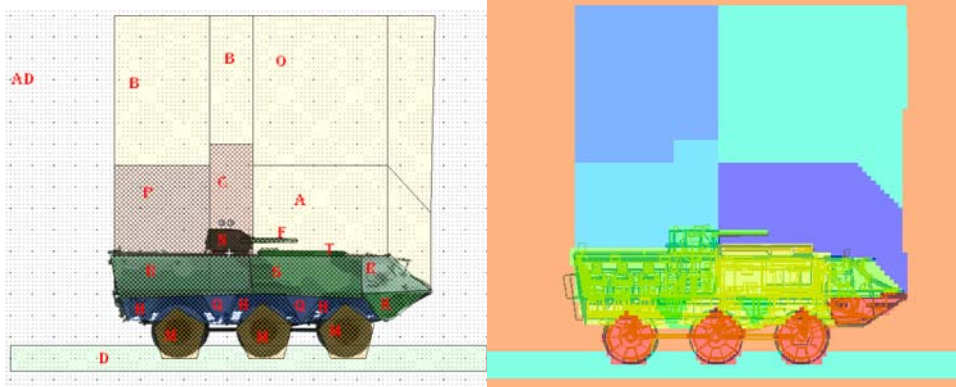
4. För att kontrollera hur målbilderna i PTM och AVAL stämmer överens skapar AspectRead.m en fiktiv utdatafil till AVAL där PTM zonerna är markerade med olika färger enligt en sannolikhetskala. I Figur 3 - Figur 5 visas målschablonerna från PTM tillsammans med de färgkodade zonerna i AVAL.

Tabell 1 Zonindelning för Pansarterrängbil 203 enligt PTM

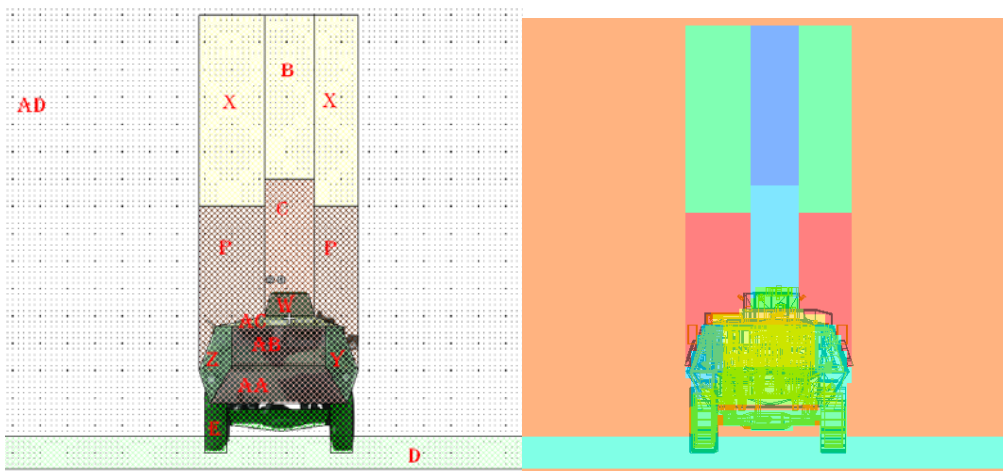
Aspekt 90 grader	
Zon	Beskrivning
A	ovan front
B	högt ovan akter
C	ovan torn
D	Mark
F	Eldrör
H	Underrede
K	underrede front
M	Hjul
N	torn
O	högt ovan front
P	ovan akter
Q	tankar/vinsch
R	kaross akter/front
S	kaross mitt
T	tak framför torn
AD	miss

Aspekt 0 grader	
Zon	Beskrivning
B	högt ovan torn
C	ovan torn
D	mark
E	hjul
P	ovan sida
W	torn
X	högt ovan sida
Y	vänster sida
Z	höger sida
AA	underrede front
AB	front
AC	tak
AD	miss

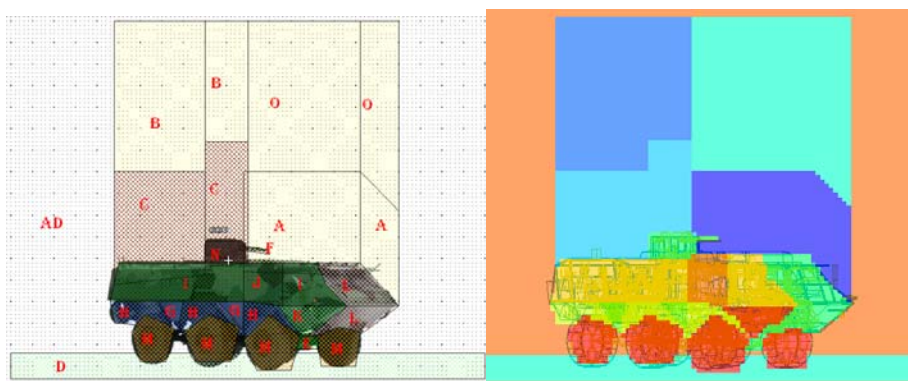
Aspekt 45 grader	
Zon	Beskrivning
A	ovan front
B	högt ovan akter
C	ovan akter
D	mark
E	mellan hjul
F	eldrör
G	tankar/vinsch
H	underrede
I	sida akter/fram
J	sida mitt
K	underrede fram
L	front
M	hjul
N	torn
O	högt ovan front
AD	miss



Figur 3 Målbeskrivning med i PTM definierade deltyor till vänster och till höger tolkningen av dessa i AVAL:s gridsystem från sidan (90°)



Figur 4 Målbeskrivning med deltyor definierade i PTM till vänster och till höger tolkningen av dessa i AVAL:s gridsystem, framifrån (0°)



Figur 5 Målbeskrivning med deltyor definierade i PTM till vänster och till höger tolkningen av dessa i AVAL:s gridsystem, snett framifrån (45°)

2.1.2 Omräkning av resultat från grid till PTM zoner

När en simulering är slutförd i AVAL och en resultatfil (filnamn-Vuln.skv) har skapats med värden på sannolikheten för utslagning i varje gridpunkt, räknas dessa resultat om till medelvärden över zonerna från PTM med hjälp av transformationsmatrisen CI, beskriven ovan.

1. Överföring av utslagssannolikheter i gridnätet till zonerna görs med hjälp av för ändamålet skapade Matlabprogrammet Grid_In.m. Grid_In.m läser in CI för den aktuella vyn från AspectRead.m samt den aktuella resultatfilen (filnamn-Vuln.skv). Sannolikheten för utslagning i en zon beräknas genom att summera värdena för alla gridrutor som ingår i zonen med hjälp av konverteringsmatrisen CI och sedan dividera med antal rutor.
2. Grid_In.m sparar en utdatafil (filnamn-Vuln_COLOR.skv) vilken innehåller all data från den inlästa resultatfilen plus resulterande utslagsvärden för varje zon. Genom att byta ut den gamla resultatfilen mot den nyskapade (_COLOR.skv) kan man läsa in simuleringen i AVAL och plotta de beräknade zon-värdena. (OBS! Titlarna på topphändelserna i filen läggs till för hand efteråt.)
3. I Grid_In.m kan man byta ut eller lägga till flera topphändelser som indata. Dessa sparas i den nya resultatfilen (filnamn-Vuln_COLOR.skv) omräknade till zonvärden. I dess nuvarande form (091210) läser programmet in topphändelserna fullvärdig rörelseförmåga ("Rorelseutslag") och eldgivningsförmåga ("Eldutslag"), utöver topphändelsen total utslagning. Resultatfilen inkluderar dessutom en fiktiv topphändelse som markerar zonerna ("PTMzoner") och en topphändelse med påhittade modifierade zonutslag ("UtslagAVALmod").

2.2 Ammunitionssorter

De ammunitionssorter som simulerats i AVAL valdes av FMV och FOI gemensamt och är listade i Tabell 2. Data på penetrationsförmåga är taget direkt från dokumentet "Jämförelse mellan BT46 målschabloner och AVAL". För Rb55E och Rb56 är dock genomslagsförmågan minskad till vad som antas vara mer realistiska värden. Data på v_0 och v_i är hämtade från Ammunitionskatalog 1 och 2 [3, 4] samt utifrån interna data på FOI.

Tabell 2 Ammunitionssorter inkluderade i studien med respektive genomslagsförmåga enligt PTM.

	Ammunition	Genomslag enl. PTM (mm)	Beskrivning/vapenplattform	Kommentar
1.	PIL 120 mm	700	KE projektil/ strv 104	
2.	PIL 40 mm	150	KE projektil/ strv 121 & 122	
3.	Rb55E TOW	800	2 EFP/ Pvrbbv 2063 & 551	Genomslag minskad till 100 mm
4.	Rb56 Bill II	700	1 RSV [#] /	Genomslag minskad till 600 mm # förenklad till 1 RSV då den första är till för att desarmera reaktivt pansar
5.	PSGR 84 mm	250	RSV/ Psk84	Genomslag ökad till 400 mm
12.	KSP12.7 mm	18	KE projektil/ Tksp & Ag 90	

2.3 Utslagskriterier

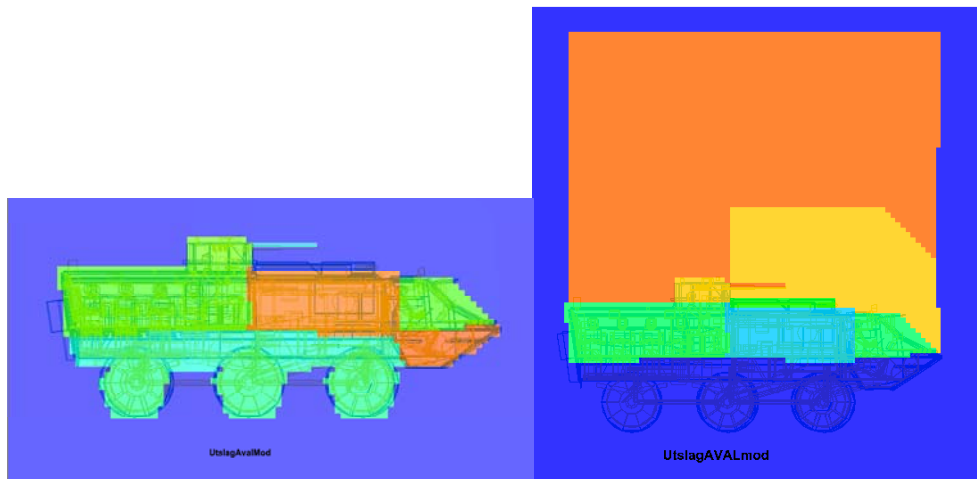
För att motsvara alternativet katastrofutslagning i BT46 systemet skapades en ny topphändelse i AVAL för Pansarterrängbil 203 som inkluderade utslagning av:

- personal (minst 1 person) OCH/ELLER
- grundläggande rörelseförmåga OCH/ELLER
- eldgivningsförmåga.

Sannolikheten för utslagning utvärderades för tidpunkten 60 sekunder efter träff. Denna relativt korta tidsperiod innebär att långsamma förlopp som t.ex. bränsleläckage inte ingår i de resulterande sårbarhetsvärdena samtidigt som eventuella självläkande funktioner inte hinner återhämta sig.

3 Slutsats och diskussion

Resultaten från denna studie har visat att AVAL kan användas för att skapa sårbarhetsdata till målschabloner för BT46 systemet. Utdata från AVAL:s gridnät kan relativt lätt räknas om till medelvärden för de delar som utgör en given målschablon. Exempel på hur utslagssannolikheter för pansarterrängbil 203 presenteras i AVAL ses i Figur 6, där resultaten är modifierade för att inte visa hemliga simuleringsresultat. Resultaterande värden för en delyta kan då även lätt jämföras med motsvarande värden från schabloner skapade i PTM.



Figur 6 Utslagssannolikheter färgkodade för varje delyta, beräknade i AVAL för KE projektil 120mm PIL respektive Rb55E (resultaten i bilden är modifierade för att inte redovisa några hemliga simuleringsresultat).

Jämförelsen mellan AVAL och PTM visade på stora skillnader i värden för utslagssannolikhet i de olika zonerna. I de flesta fallen var AVAL den minst konservativa metoden ur sårbarhetssynpunkt och har relativt låga utslagssannolikhetsvärden jämfört med PTM modellen. Resultaten från jämförelsen presenteras i FOI memo H716 [1].

Baserat på resultaten från AVAL och jämförelsen mellan AVAL och PTM kan den befintliga målschablonen justeras efter en bedömning av vilka resultat som är rimligast. Antingen kan utslagssannolikheter justeras med befintlig zonindelning eller så justeras både zonindelning och sannolikheter för dessa. Om det bedöms att AVAL:s resultat är orimliga bör den använda målbeskrivningen, med avseende på de ansatta utslagskriterierna för vitaldelarna, och stridsdelsbeskrivningen kontrolleras.

En svårighet i jämförelsen är att definitionen av utslagning är olika i AVAL och PTM. I PTM finns utöver total utslagning alternativet träff utan verkan och träff med skada. För total utslagning anges inte vilken funktion som är träffad medan en skada är specificerad som en av tre funktioner: rörelseförmåga, vapen och kommunikation. Definitionen av vad som är skillnaden på total utslagning och skada är inte preciserad i PTM och därför svårt att överföra till AVAL. Risken för skada utan total utslagning har dock en ganska låg procentuell sannolikhet i PTM. I AVAL anges vilken funktion som är utslagen och det är möjligt att i efterhand specificera om detta leder till total utslagning eller endast en funktionsnedsättning. I denna studie förenklades uppdelningen och de flesta topphändelser definierades som total utslagning, se avsnitt 2.3. Den enda topphändelse som inte inkluderades i total utslagning var fullvärdig rörelseförmåga (observera att grundläggande rörelseförmåga är inkluderad som total utslagning).

Genom att förenkla målschablonen till stora delar med grovt skattade utslagssannolikheter kan man få en användbar schablon för öppna övningar. Med AVAL har man också möjligheten att skapa mer detaljerade schabloner med mindre delar och mer precisa utslagssannolikhetsvärden. För att få en noggrannare målschablon kan både antal

rutor i griden och antalet Monte Carlo cykler ökas. I denna studie var griden anpassad för BT46 systemets delytor. Antalet MC cykler valdes till 10 per gridnod för att kunna hållas konstant för alla ingående ammunitionssorter utan att simuleringstiden blev onödigt lång.

Det är inte lämpligt att direkt ta data från AVAL-simuleringar och ansätta dessa i övningssystem som BT46 med hänsyn till sekretessbehov över AVAL-beskrivningar av egen materiel. En justering så att data är rimligt relevanta men ändå inte hemliga måste göras innan de används i öppna övningssystem.

4 Fortsatt arbete

Om AVAL ska användas som verktyg för att ta fram målschabloner till BT46 systemet finns det flera möjligheter att utveckla metodiken ytterligare och komplettera antalet ammunitionssorter och mål.

- Det är möjligt att göra en förbättrad uppdelning av skadekategorier i AVAL där man kan precisera vilken typ av skada man får. Detta skulle kunna användas i BT46 övningarna för att bestämma specifika konsekvenser för de olika händelserna, t.ex. utslagen skjutförmåga men bibehållen rörelseförmåga.
- Fler ammunitionssorter kan läggas till, speciellt spränggranater (Tabell 3) vilka var inkluderade från början men har tagits bort i denna första studie pga. Instabilitetsproblem i målbeskrivningen.

Tabell 3 Ammunitionssorter av spränggranattyp, vilka kan inkluderas i kommande studier

6.	SGR 84 mm	35	Spränggranat/ GRG	
7.	SGR 40 mm A	30	Strf 90	
8.	SLBRHPGR	20	Pbv 302 & Patgb203	
9.	SGR 155A	75	Haub 77	Träffar ovanifrån
10.	SGR 80/GA	500	GRK	Träffar ovanifrån
11.	SGR 120 mm S	60	Strv121 & Strv122	

- Fler mål bör analyseras och simuleras i AVAL för att skapa en katalog med schabloner som inkluderar alla plattformar som är med i BT46 övningarna. Detta kräver en del arbete i form av att skapa nya målbeskrivningar till AVAL för de aktuella fordonen. Dessa nyframställda målbeskrivningar kan dock användas för flera ändamål inom försvarsmyndigheterna utöver att skapa målschabloner till BT46.

5 Referenser

1. Hedenstierna, S. och Hartmann M. *Metodik för utveckling av målschabloner i AVAL till simuleringsprogrammet BT46: Resultatdel, FOI memo H716*, FOI 230, 2010.
2. Försvarets materielverk, *Pansarterrängbil XA-203S: Instruction book*.
3. FMV, *Ammunikationskatalog data och bilder 1*. 2001.
4. FMV, *Ammunikationskatalog data och bilder 2*. 2001.