



Tunkeutumisreittianalyysi

KÄYTTÖOHJE

SISÄLLYSLUETTELO

YLEISTÄ TUREAN-TUNKEUTUMISREITTIANALYYSISTÄ	3
HUOMIOITAVAA	4
TUREAN-TYÖKIRJAN KÄYTTÖ	5
YLEISTÄ	5
APUTAULUKKO	9
SYÖTTÖTAULUKKO	12
TULOSTAULUKKO	16
RAPORTTI	18
KÄYTÄNNÖN ESIMERKKI	19
LASKENTAMALLI	25
YLEISTÄ	25
TODENNÄKÖISYYDET	25
LÄHTÖARVOT JA TODENNÄKÖISYYKSIEN LASKEMINEN	28
LÄHTEET	33

YLEISTÄ TUREAN-TUNKEUTUMISREITTIANALYYSISTÄ

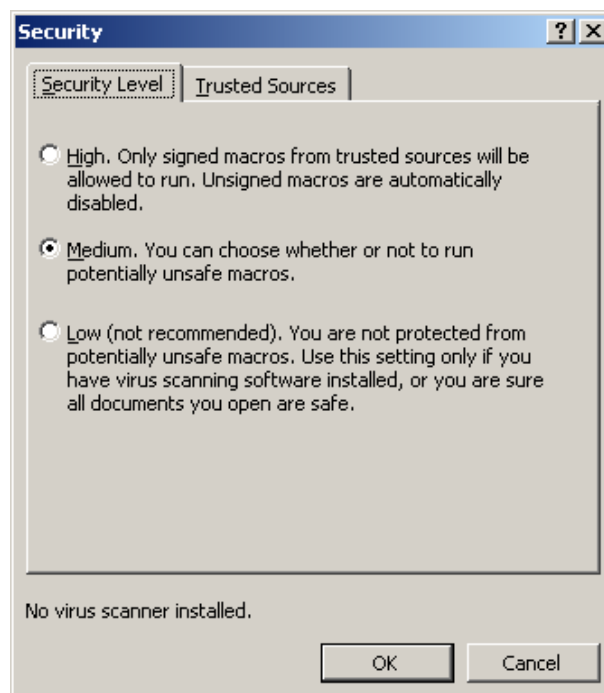
TUREAN-tunkeutusmisreittianalyysin avulla testataan rikollisen tunkeutumisen epäonnistumisen todennäköisyyttä toimitilaturvallisuuden ratkaisuihin liittyen. TUREAN-analyysi laskee vaihtoehtoiset tunkeutumisreitit käyttäjän syöttämien tietojen pohjalta ja laatii eri tapahtumaketjut sisältävän tulosluettelon. Analyysin avulla tunnistetaan tehokkaat ja vähemmän tehokkaat tilojen suojaukseen liittyvät ratkaisut.

Kaikki TUREAN-työkirjaa koskeva palaute pyydetään toimittamaan sähköpostitse osoitteeseen jere.peltonen@kolumbus.fi.

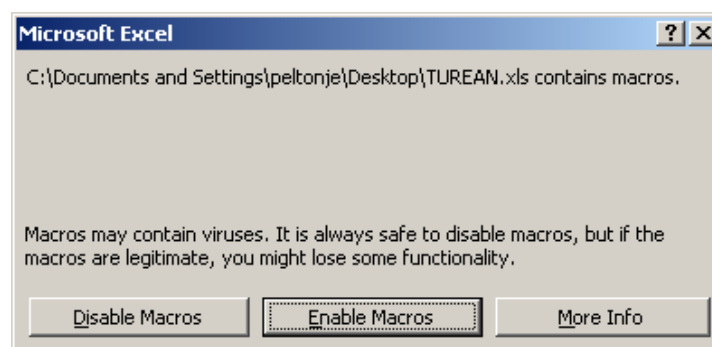
Työkirjan mahdolliset päivitykset toimitetaan rekisteröityneille käyttäjille sähköpostitse maksutta. Rekisteröityminen tapahtuu vapaamuotoisella viestillä yllä olevaan osoitteeseen. Tarvittavia tietoja ovat käyttäjän nimi, organisaatio, paikkakunta ja sähköpostiosoite.

HUOMIOITAVAA

TUREAN-työkirjan normaali käyttö edellyttää, että käyttäjä sallii makrojen suorittamisen. Excel-taulukkolaskentaohjelmassa on makrojen osalta määritelty kolme turvallisuustasoa, joista valittuna tulee olla joko *Medium* tai *Low* (suomenkielisessä versiossa vastaavat). Turvallisuustason asetuskunnaan pääsee Excel-ohjelman valikosta reittiä *Tools -> Macro -> Security*. On suositeltavaa käyttää *Medium*-tasoa (ks. seuraava kuva), jolloin käyttäjällä on työkirjoja avatessaan aina mahdollisuus päättää sallitaanko kyseisen työkirjan makrojen suorittaminen. *Low*-tasoa ei suositella käytettäväksi.



Avattaessa TUREAN-työkirjaa *Medium*-tason ollessa valittuna, ilmestyy ruutuun seuraavan kuvan mukainen ikkuna, jossa kysytään suhtautumista työkirjan makrojen suorittamiseen. Oikea valinta on *Enable Macros*. Mikäli makrojen suorittaminen on estetty, TUREAN-työkirjan käytön kannalta olennaiset komentopainikkeet eivät toimi.



TUREAN-TYÖKIRJAN KÄYTTÖ

YLEISTÄ

TUREAN-työkirja koostuu neljästä taulukosta, jotka ovat

1. Aputaulukko,
2. Syöttötaulukko,
3. Tulostaulukko, sekä
4. Raportti.

Aputaulukko on tarkoitettu käytettäväksi lähinnä silloin, kun tutkittavassa tunkeutumisreitissä ei ole vaihtoehtoisia tapahtumia. Taulukon käyttö on nopeaa ja eri syöttöarvojen vaikutus lopputulokseen näkyy reaaliajassa eli välittömästi, kun arvo on syötetty. Aputaulukkoa voikin tämän vuoksi käyttää, paitsi varsinaisiin laskennallisiin tarpeisiin, myös esimerkiksi taustalla olevan laskentamallin hahmottamiseen kokeilemalla erilaisia arvoja ja tutkimalla niiden vaikutuksia kokonaisuuden suhteen.

Havainnon		Tyyppi	
Vaihe	todennäköisyys	Hidaste (s)	Keskijajonta (s) (H / K / J)
1	90,00 %	100	20
2	90,00 %		
3		200	40
4	90,00 %	20	3

Syöttötaulukkoa käytetään silloin, kun tutkittavassa tunkeutumisskenaariossa on reitin osalta erilaisia vaihtoehtoja. Vaihtoehdot syötetään taulukkoon vyöhykkeittäin ja lopuksi lasketaan ne reittivariaatiot, jotka sisältävät kaikki käytetyt vyöhykkeet. Tässä ominaisuuksiltaan rajoitetussa versiossa ei huomioida niitä reittimahdollisuuksia, joissa kaikkien käytettyjen vyöhykkeiden kautta ei tarvitse tunkeutua. Vyöhykeperiaatteella toteutetun rakenteellisen turvallisuuden analysoinnin kannalta tällä ei tosin ole merkitystä. Laskettavien reittivariaatioiden määrä voi tässä versiossa olla korkeintaan 65 500.

Microsoft Excel - TUREAN.xls

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

S19

	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	P
1	Tekn. varmuus		95,00 %			Analysoi		Maksimi:		Tapahtumaketjuja	Haarukassa	Hylätty
2	Vasteaika		300	K-hajonta	60	Yhteystiedot		Minimi:		4		
3	VYÖHYKE 1											
4	Hro	Tyyppi	Havainto	Hidaste	K-hajonta	Kuvaus						EI LASKETA <input type="checkbox"/>
5	1	H	90,00 %	100	20	Lukittu ovi						
6	2	H	90,00 %	20	4	Ikkuna						
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16	VYÖHYKE 2											
17	Hro	Tyyppi	Havainto	Hidaste	K-hajonta	Kuvaus						EI LASKETA <input type="checkbox"/>
18	1	H	90,00 %	10		Siirtyminen aulan poikki						
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29	VYÖHYKE 3											
30	Hro	Tyyppi	Havainto	Hidaste	K-hajonta	Kuvaus						EI LASKETA <input type="checkbox"/>
31	1			200	40	Lukittu ovi						
32	2	H	95,00 %	20	4	Ikkuna						
33												
34												
35												
36												

Apulautuluko Syöttötaulukko Tulostaulukko Raportti

Ready

Tulostaulukossa näkyy laskennan jälkeen luettelo, jossa eri reittivariaatioiden osalta on ilmoitettu tunkeutumisen onnistuneen keskeytyksen todennäköisyys ja reitin tapahtumaketju. Luettelon voi halutessaan järjestää todennäköisyysarvon mukaan nousevasti tai laskevasti. Vyöhykkeillä olevien vaihtoehtoisten tapahtumien vaikutusten hahmottamiseksi luettelon tapahtumaketjuja kuvaavat numerot on mahdollista merkitä tunnistevärein, jotka voivat olla käyttäjän itsensä määrittelemiä tai valmiiksi määriteltyjä oletustunnistevärejä.

The screenshot shows the Microsoft Excel application window titled 'Microsoft Excel - TUREAN.xls'. The main workspace contains the following elements:

- Worksheet Data (Columns A-E):**

	A	B	C	D	E
1	48,20 %	1	1	1	
2	0,32 %	1	1	2	
3	15,14 %	2	1	1	
4	0,00 %	2	1	2	
- Buttons:** 'Raportti', 'Käytä', 'Lajittele nousevasti', 'Lajittele laskevasti', 'Poista värit'.
- Keskeytyksen todennäköisyys:** A label indicating the probability of interruption.
- Tapahtumaketju (Event Chain):** A table showing event sequences for different zones (Vyöhyke).
- Käyttäjän tunnistevärit (User-defined color codes):** A table where each cell contains a number (1-10) representing an event, with a color key on the left labeled 'Tapahtuma'.
- Oletustunnistevärit (Default color codes):** A table where each cell contains a number (1-10) representing an event, with a color key on the left labeled 'Tapahtuma'.

The status bar at the bottom shows the current sheet is 'Tulostaulukko' and the status is 'Ready'.

Raportti sisältää käyttäjän tulostaulukossa valitseman tapahtumaketjun tarkemmat tiedot tulostusmuodossa. Käyttäjä voi vaihtaa raportin tietoja valitsemalla tulostaulukossa uuden tapahtumaketjun. Raportin tulostus tapahtuu Excel-ohjelman työkalurivin *Tulosta*-painiketta painamalla. Raportin tulostusalue ja muut asetukset on määriteltä valmiiksi.

Microsoft Excel - TUREAN.xls

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

AC17 =

100% Arial 10 B I U

TUNKEUTUMISREITTIANALYYSI
TUREAN v1.0 Jere Peltonen 2003

Vyöhyke: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Tapahtumaketju: 2 1 1

Vyöhyke	Tapahtuma	Kuvaus	Havainnon tod.näk.	Hidaste (s)	Hidasteen k-hajonta	Tyyppi (H/K/J)
1	2	lkkuna	90,00 %	20	4	H
2	1	Siirtyminen aulan poikki	90,00 %	10		H
3	1	Lukittu ovi		200	40	
				Tunkeutumisen keskeyttämisen vasteaika (s)	300	
				Vasteajan keskihajonta (s)	60	
				Tekniikan toimintavarmuus	95,00 %	
				Tunkeutumisen onnistuneen keskeytyksen todennäköisyys	15,14 %	

Aputaulukko / Syöttötaulukko / Tulostaulukko / **Raportti**

Ready

APUTAULUKKO

Alla olevassa kuvassa on seuraavassa käsiteltävät aputaulukon osat numeroitu.

Vaihe	Havainnon todennäköisyys	Hidaste (s)	Keskihajonta (s) (H / K / J)	Tyyppi
1	90,00 %	100	20	H
2	90,00 %			
3		200	40	
4	90,00 %	20	3	H

Summary statistics from the spreadsheet:

- Tunkeutumisen keskeyttämisen vasteaika (s): 300
- Vasteajan keskihajonta (s): 60
- Tekniikan toimintavarmuus: 95,00 %
- Tunkeutumisen onnistuneen keskeytyksen todennäköisyys: 52,90 %

- 1 Vasteajan odotusarvo.** Käyttäjä syöttää tähän tunkeutumisen keskeyttämiseen tarvittavan ajan, joka voi olla esimerkiksi poliisin tai vartiomisliikkeen partion paikalle saapumiseen kuluva aika. Vasteaika voidaan laskea usean mitatun saapumisajan keskiarvona. HUOM! Ilman vasteaikaa laskentamalli ei toimi oikein, joten se pitää muistaa aina syöttää. Mikäli vasteajan syöttöruutuun ei ole syötetty kelvollista arvoa, näkyy ruudun oikealla puolella kolme huutomerkkiä.
- 2 Vasteajan keskihajonta.** Tähän syötetään vasteajan keskihajonta. Keskihajonta voidaan laskea usean mitatun saapumisajan avulla ja se mallintaa vasteajan normaalijakaumaa (Gaussin käyrä) noudattavaa satunnaisuutta. Mikäli keskihajontaa ei anneta, olettaa laskentamalli sen olevan 30% vasteajan odotusarvosta.
- 3 Tekniikan toimintavarmuus.** Käyttäjä syöttää todennäköisyyden sille, että havaintotieto siirtyy oikeanlaisesti vasteen suorittajalle ja käynnistää toimenpiteet tunkeutumisen keskeyttämiseksi. Vaikka arvo on nimetty tekniikan toimintavarmuudeksi, voidaan siihen sisällyttää haluttaessa myös muita epävarmuustekijöitä, kuten esimerkiksi havaintotiedon vastaanottavan hälytyskeskuksen oikeanlaisen toiminnan todennäköisyys. Mikäli arvoa ei anneta, olettaa laskentamalli sen olevan 0.

- 4 Vaiheen järjestysnumero.** Tunkeutumisreitien vaiheiden järjestysnumerot lasketaan automaattisesti. Käyttäjä ei voi syöttää omia arvojaan. Järjestysnumerot päivittyvät automaattisesti, mikäli tunkeutumisreitien osia esimerkiksi poistetaan. Vaiheiden syöttämisen ei tarvitse välttämättä alkaa ensimmäiseltä syöttöriviltä ja vaiheiden väliin voi jättää tyhjiä rivejä. Tämä ei vaikuta varsinaiseen keskeytystodennäköisyyksien laskentaan.
- 5 Tyyppi.** Vaiheissa, joissa on samanaikaisesti sekä havainnon mahdollisuus, että hidaste, tulee olla tieto siitä, paljonko hidasteen aikaa on jäljellä havainnon syntyessä. Tyyppi merkitään kirjaintunnuksilla H, K tai J (isot kirjaimet). Mikäli tyyppiä ei anneta tai mikäli se on jokin muu kuin edellä lueteltu kirjaintunnus, olettaa laskentamalli sen olevan H.
- a) H-tyypin** vaiheessa hidasteaikaa ei ole ehtinyt kulua ennen havainnon syntymistä, joten hidaste otetaan laskelmissa kokonaisuudessaan huomioon.
 - b) K-tyypin** vaiheessa puolet hidasteajasta on ehtinyt kulua havainnon syntyessä, joten hidasteen ajasta otetaan vaihetta koskevissa laskelmissa huomioon vain jäljellä oleva osa.
 - c) J-tyypin** vaiheessa koko hidasteaika on kulunut havainnon syntyessä. Vaihetta koskevissa laskelmissa ei oteta hidastetta huomioon lainkaan. Käytännön esimerkkinä tällaisesta vaiheesta voi olla vaikkapa ovi, joka on varustettu magneettikoskettimilla, jotka laukaisevat hälytyksen vasta sitten, kun lukko on jo tiirikoitu ja ovi avattu.
- 6 Hidasteen keskihajonta.** Tähän syötetään vaiheen hidasteen keskihajonta. Hidasteen keskihajonta voidaan laskea usean mitatun hidasteen avulla ja se mallintaa hidasteen normaalijakaumaa noudattavaa satunnaisuutta. Mikäli keskihajontaa ei anneta, olettaa laskentamalli sen olevan 30% hidasteen odotusarvosta.
- 7 Hidasteen odotusarvo.** Käyttäjä syöttää tähän ajan, joka tunkeilijalta kuluu hidastetta ohitettaessa. Aika voi olla esimerkiksi lukitun oven murtamiseksi tarvittava aika. Hidasteen odotusarvo voidaan laskea usean mitatun ajan keskiarvona. Mikäli arvoa ei anneta, olettaa laskentamalli sen olevan vaiheen osalta 0.
- 8 Havainnon todennäköisyys.** Tähän syötetään todennäköisyys sille, että tunkeilija havaitaan vaiheen kohdalla. Todennäköisyys saadaan esimerkiksi testaamalla tietyn ilmaisimen onnistumistiheyttä. Mikäli arvoa ei anneta, olettaa laskentamalli sen olevan 0.
- 9 Tunkeutumisen onnistuneen keskeytyksen todennäköisyys.** Laskentamallissa oletetaan, että keskeytys on onnistunut, mikäli vasteaika ei ylitä havainnon syntymisen jälkeen jäljellä olevaa toiminta-aikaa. Todennäköisyys saadaan laskemalla yhteen kaikkien vaiheiden osalta

erikseen lasketut keskeytystodennäköisyydet. Tässä kohdassa näkyvä luku kertoo sen, kuinka todennäköisesti tunkeutumistapahtuma saadaan keskeytettyä, kun tunkeutumisreitillä on käyttäjän syöttämien tietojen mukaisia havainto- ja hidaste-elementtejä.

Aputaulukko on suojattu muilta kuin käyttäjän tarvitsemien syöttöruutujen osalta. Mikäli suojattua osaa yritetään muokata, aiheutuu virheilmoitus, jonka voi ohittaa OK-painikkeella. Suojauksesta johtuen tarpeettomien syöttötietojen massatyhjentäminen onnistuu vain sarakkeittain. Useita sarakkeita sisältävän solualuevalinnan (esimerkiksi kokonainen syöttöriivi) tyhjennysyritys aiheuttaa virheilmoituksen, jonka voi ohittaa OK-painikkeella.

SYÖTTÖTAULUKKO

Alla olevassa kuvassa on seuraavassa käsiteltävät syöttötaulukon osat numeroitu.

1 Tekniikan toimintavarmuus. **2** Vasteajan odotusarvo. **3** Vasteajan keskihajonta. **4** Keskijakauman kuvaus. **5** Analysoi. **6** Viteystiedot. **7** Maksimi. **8** Minimi. **9** Tapahtumaketjuja. **10** Haankassa. **11** Hylätty.

11 EILASKETA **12** **13** **14** EILASKETA **15** **16** **17** **18** EILASKETA

HUOM! Tämä osa ei ole käytössä

- 1 Tekniikan toimintavarmuus.** Käyttäjä syöttää todennäköisyyden sille, että havaintotieto siirtyy oikeanlaisesti vasteen suorittajalle ja käynnistää toimenpiteet tunkeutumisen keskeyttämiseksi. Vaikka arvo on nimetty tekniikan toimintavarmuudeksi, voidaan siihen sisällyttää haluttaessa myös muita epävarmuustekijöitä, kuten esimerkiksi havaintotiedon vastaanottavan hälytyskeskuksen oikeanlaisen toiminnan todennäköisyys. Mikäli arvoa ei anneta, olettaa laskentamalli sen olevan 0.
- 2 Vasteajan odotusarvo.** Käyttäjä syöttää tähän tunkeutumisen keskeyttämiseen tarvittavan ajan, joka voi olla esimerkiksi poliisin tai vartiomisliikkeen partion paikalle saapumiseen kuluva aika. Vasteaika voidaan laskea usean mitatun saapumisajan keskiarvona. HUOM! Ilman vasteaikaa laskentamalli ei toimi oikein, joten se pitää muistaa aina syöttää. Vasteajan syöttämättä jättäminen aiheuttaa virheilmoituksen *Analysoi*-painiketta painettaessa.
- 3 Vasteajan keskihajonta.** Tähän syötetään vasteajan keskihajonta. Keskijakaunta voidaan laskea usean mitatun saapumisajan avulla ja se mallintaa vasteajan normaalijakaumaa (Gaussin käyrä) noudattavaa

satunnaisuutta. Mikäli keskihajontaa ei anneta, olettaa laskentamalli sen olevan 30% vasteajan odotusarvosta.

- 4 Analysoi-komentopainike.** Kun kaikki tarvittavat tiedot on syötetty, käynnistetään tällä painikkeella varsinainen laskentatapahtuma. Tulokset näkyvät tulostaulukossa. Painikkeen painaminen aiheuttaa virheilmoituksen, mikäli
- a) vasteaikaa ei ole määritelty tai se on jokin muu kuin lukuarvo,
 - b) yhtään tapahtumaketjua ei ole määritelty,
 - c) mahdollisten reittivariaatioiden eli tapahtumaketjujen lukumäärä ylittää 65 500 kpl, tai
 - d) näytettävien tulosten haarukoinnissa käytettävä maksimiarvo on pienempi kuin vastaava minimiarvo.
- 5 Yhteystiedot-komentopainike.** Tällä painikkeella saa näkyviin tekijän yhteystiedot sisältävän ikkunan.
- 6 Maksimi.** Haluttaessa haarukoida näytettäviä tuloksia, voidaan tähän syöttää tunkeutumisreitin keskeytystodennäköisyyden maksimiarvo. Maksimiarvon ylittäviä tapahtumaketjuja ei näytetä tulostaulukon luettelossa. Mikäli arvoa ei anneta, maksimiarvo on 100%.
- 7 Minimi.** Haluttaessa haarukoida näytettäviä tuloksia, voidaan tähän syöttää tunkeutumisreitin keskeytystodennäköisyyden minimiarvo. Minimiarvon alittavia tapahtumaketjuja ei näytetä tulostaulukon luettelossa. Mikäli arvoa ei anneta, minimiarvo on 0%.
- 8 Tapahtumaketjujen lukumäärä.** Tässä oleva lukuarvo kertoo syötettyjen arvojen perusteella mahdollisten reittivariaatioiden eli tapahtumaketjujen määrän. Lukuarvo päivittyy automaattisesti tietoja syötettäessä. Tapahtumaketjujen maksimimäärä on 65 500 kpl.
- 9 Haarukassa olevien tapahtumaketjujen lukumäärä.** Lukuarvo kertoo tulostaulukon luetteloon mukaan otettujen tapahtumaketjujen määrän. Haarukointi perustuu käyttäjän syöttämiin maksimi- ja minimiarvoihin. Lukuarvo ilmestyy vasta *Analysoi*-painiketta painettaessa ja päivittyy laskentatapahtuman edistyessä.
- 10 Hylättyjen tapahtumaketjujen lukumäärä.** Lukuarvo kertoo käyttäjän määrittämän tuloshaarukan ulkopuolella olevien tapahtumaketjujen määrän. Näitä tapahtumaketjuja ei näytetä tulostaulukon luettelossa. Haarukointi perustuu käyttäjän syöttämiin maksimi- ja minimiarvoihin. Lukuarvo ilmestyy vasta *Analysoi*-painiketta painettaessa ja päivittyy laskentatapahtuman edistyessä.

11 Ei lasketa-valintaruutu. Syöttämällä ruutuun kirjaintunnisteen X (iso kirjain) käyttäjä voi määrittää, että vyöhykettä ja sen vaihtoehtoisia tapahtumia ei oteta huomioon laskentatapahtumassa. Tämä on käytännöllistä, mikäli halutaan testata nopeasti vyöhykkeen merkitystä kokonaisuuden suhteen. Syötettyjä tietoja ei tarvitse tyhjentää, vaan ne voidaan ohittaa tällä menettelyllä. Kun valintaruutu tyhjennetään, vyöhyke huomioidaan jälleen laskelmissa.

12 Vyöhyke. Vyöhyke vastaa aputaulukon vaihetta sillä erotuksella, että vyöhykkeen ohittamiseen voi olla useita vaihtoehtoja eli tapahtumia. Käytettävissä olevien vyöhykkeiden lukumäärä on 10. Yhteen vyöhykkeeseen voi syöttää maksimissaan 10 vaihtoehtoista tapahtumaa.

13 Kuvaus. Tähän voidaan syöttää tapahtumaa kuvaava teksti, esim. "Lukittu ovi". Mahdollinen kuvaus otetaan mukaan tapahtuman sisältävään raporttiin.

14 Hidasteen keskihajonta. Tähän syötetään tapahtuman (vaiheen) hidasteen keskihajonta. Hidasteen keskihajonta voidaan laskea usean mitatun hidasteen avulla ja se mallintaa hidasteen normaalijakaumaa noudattavaa satunnaisuutta. Mikäli keskihajontaa ei anneta, olettaa laskentamalli sen olevan 30% hidasteen odotusarvosta.

15 Hidasteen odotusarvo. Käyttäjä syöttää tähän ajan, joka tunkeilijalta kuluu hidastetta ohitettaessa. Aika voi olla esimerkiksi lukitun oven murtamiseksi tarvittava aika. Hidasteen odotusarvo voidaan laskea usean mitatun ajan keskiarvona. Mikäli arvoa ei anneta, olettaa laskentamalli sen olevan tapahtuman osalta 0.

16 Havainnon todennäköisyys. Tähän syötetään todennäköisyys sille, että tunkeilija havaitaan tapahtuman kohdalla. Todennäköisyys saadaan esimerkiksi testaamalla tietyn ilmaisimen onnistumistiheyttä. Mikäli arvoa ei anneta, olettaa laskentamalli sen olevan 0.

17 Tyyppi. Tapahtumissa, joissa on samanaikaisesti sekä havainnon mahdollisuus, että hidaste, tulee olla tieto siitä, paljonko hidasteen aikaa on jäljellä havainnon syntyessä. Tyyppi merkitään kirjaintunnuksilla H, K tai J. Mikäli tyyppiä ei anneta tai mikäli se on jokin muu kuin edellä lueteltu kirjaintunnus, olettaa laskentamalli sen olevan H.

a) H-tyypin tapahtumassa hidasteaikaa ei ole ehtinyt kulua ennen havainnon syntymistä, joten hidaste otetaan laskelmissa kokonaisuudessaan huomioon.

b) K-tyypin tapahtumassa puolet hidasteajasta on ehtinyt kulua havainnon syntyessä, joten hidasteen ajasta otetaan tapahtumaa koskevissa laskelmissa huomioon vain jäljellä oleva osa.

c) J-tyypin tapahtumassa koko hidasteaika on kulunut havainnon syntyessä. Tapahtumaa koskevissa laskelmissa ei oteta hidastetta

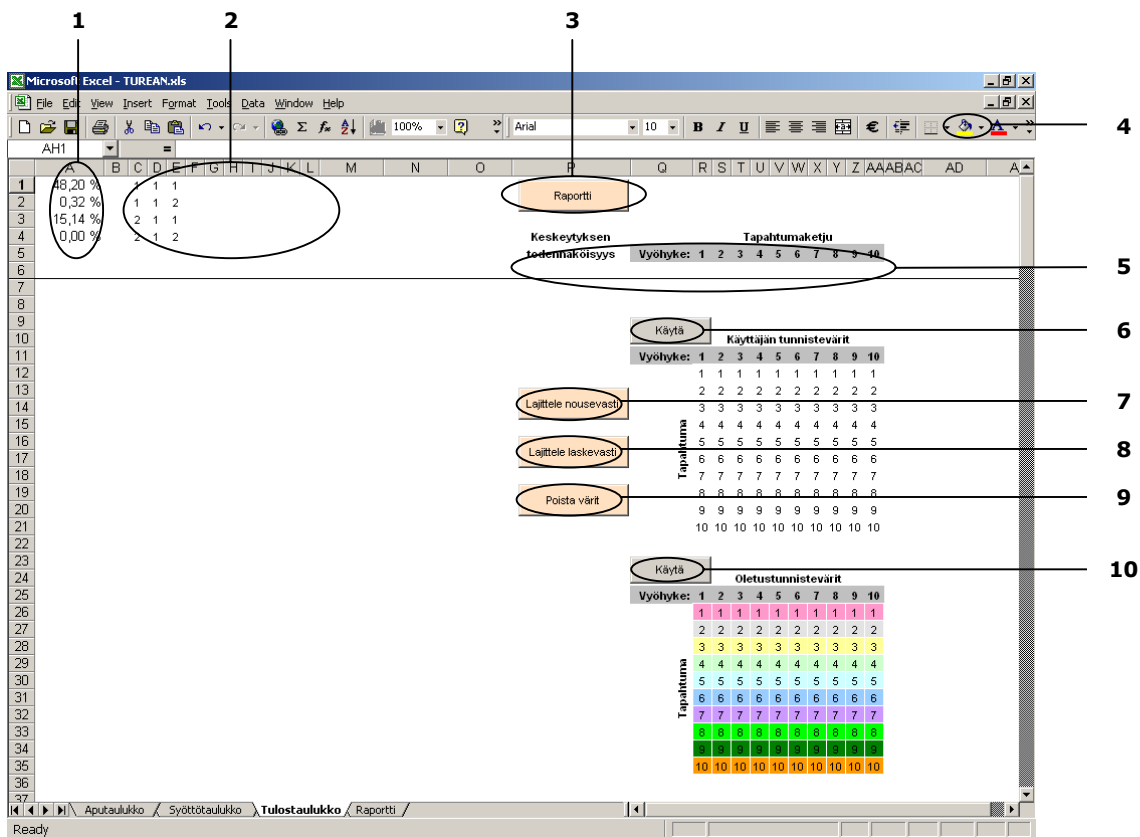
huomioon lainkaan. Käytännön esimerkkinä tällaisesta tapahtumasta voi olla vaikkapa ovi, joka on varustettu magneettikoskettimilla, jotka laukaisevat hälytyksen vasta sitten, kun lukko on jo tiirikoitu ja ovi avattu.

18Vaihtoehtoisen tapahtuman tunnistenumero. Vyöhykkeen vaihtoehtoisten tapahtumien tunnistenumero lasketaan automaattisesti. Käyttäjä ei voi syöttää omia arvojaan. Tunnistenumerot päivittyvät automaattisesti, mikäli vyöhykkeen vaihtoehtoisia tapahtumia esimerkiksi poistetaan. Tapahtumien syöttämisen ei tarvitse välttämättä alkaa ensimmäiseltä syöttöriviltä ja niiden väliin voi jättää tyhjiä rivejä. Tämä ei vaikuta varsinaiseen keskeytystodennäköisyyksien laskentaan.

Syöttötaulukko on suojattu muilta kuin käyttäjän tarvitsemien syöttöruutujen osalta. Mikäli suojattua osaa yritetään muokata, aiheutuu virheilmoitus, jonka voi ohittaa OK-painikkeella.

TULOSTAULUKKO

Alla olevassa kuvassa on seuraavassa käsiteltävät tulostaulukon osat numeroitu.



- 1 **Tulosluettelon keskeytystodennäköisyysarake.** Tässä sarakkeessa näkyvät laskettujen ja käyttäjän määrittelemässä haarukassa olevien tapahtumaketjujen keskeytystodennäköisyydet. Luettelo voidaan järjestää todennäköisyysarvon mukaan nousevasti tai laskevasti, jolloin on helpompi tarkastella esim. heikosti suojattuja tunkeutumisreittejä.
- 2 **Tapahtumaketjut.** Tässä näkyvät laskettujen ja käyttäjän määrittelemässä haarukassa olevien tapahtumaketjujen tapahtumien tunnistenumerot vyöhykkeittäin. Tulostaulukon muotoilu noudattaa tulostaulukossa kohdassa 5 näkyvää selitettä.
- 3 **Raportti-painike.** Tällä painikkeella syötetään tiedot raporttitaulukossa olevaan raporttipohjaan. Raportissa näkyvät kaikki valitun tapahtumaketjun osalta syöttötaulukkoon syötetyt tiedot. Tapahtumaketjun valinta tapahtuu valitsemalla jokin tapahtumaketjun tietoja (keskeytystodennäköisyys tai jokin tapahtumaketjun tapahtumien tunnistenumeroista) sisältävä solu. Mikäli valitussa solussa ei ole tietoja tai mikäli valinta on muuten virheellinen, aiheutuu virheilmoitus. Raportoitu tapahtumaketju näkyy tulostaulukossa kohdassa 5.
- 4 **Värin valinta-komentopainike.** Tätä painiketta painamalla avautuvan värivalikoiman avulla käyttäjä voi muuttaa "Käyttäjän tunnisteväri" -

matriisissa valittuna olevan solun taustaväriin. Käyttäjän määrittelemiä värejä voidaan käyttää korostamaan tulosluettelon tapahtumaketjujen tunnistenumeroita, jolloin esimerkiksi vaihtoehtoisten tunkeutumisreittien heikot osat korostuvat paremmin kuin yksivärisiä numerotunnuksia käyttämällä on mahdollista.

- 5 Raportoitu tapahtumaketju.** Tässä näkyy raporttipohjaan *Raportti-* painikkeella syötetty tapahtumaketju.
- 6 Käytä-komentopainike.** Tätä painiketta painamalla tulosluettelon tapahtumaketjujen tapahtumien tunnistenumerot väritetään käyttäjän määrittelemillä väreillä. Värit voi poistaa painamalla *Poista värit-* painiketta.
- 7 Lajittele nousevasti -komentopainike.** Tätä painiketta käyttämällä tulosluettelon tapahtumaketjut järjestetään keskeytystodennäköisyysarvon mukaan pienimmästä suurimpaan.
- 8 Lajittele laskevasti -komentopainike.** Tätä painiketta käyttämällä tulosluettelon tapahtumaketjut järjestetään keskeytystodennäköisyysarvon mukaan suurimmasta pienimpään.
- 9 Poista värit-komentopainike.** Painikkeen painaminen aiheuttaa tulosluettelon värityksen poistamisen.
- 10 Käytä-komentopainike.** Tätä painiketta painamalla tulosluettelon tapahtumaketjujen tapahtumien tunnistenumerot väritetään oletustunnisteväreillä. Oletustunnistevärit eivät korosta tapahtumaketjujen tapahtumia yhtä hyvin kuin käyttäjän jokaiselle vaihtoehtoiselle tapahtumalla erikseen määrittelemät, toisistaan poikkeavat värit. Värit voi poistaa painamalla *Poista värit-* painiketta.

Tulostaulukon sisältöä ei ole suojattu, jotta värien määrittely toimisi. Tämän vuoksi käyttäjän on oltava erityisen huolellinen, jotta taulukon sisältöä tai muotoiluja ei epähuomiossa muuteta.

RAPORTTI

Raporttipohjassa näkyvät tulostaulukossa valitun tapahtumaketjun tiedot. Raportin voi tulostaa painamalla *Tulosta*-komentopainiketta (nro **1**). Tulostusalue ja muut tarpeelliset asetukset on määritelty valmiiksi. Raportti on suojattu muilta kuin käyttäjän tapahtumaketjuvalinnan mukaan vaihtuvia tietoja sisältävien solujen osalta.

1

TUNKEUTUMISREITTIANALYYSI
TUREAN v1.0 Jere Peltonen 2003

Vyötyke: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Tapahtumaketju: 2 1 1

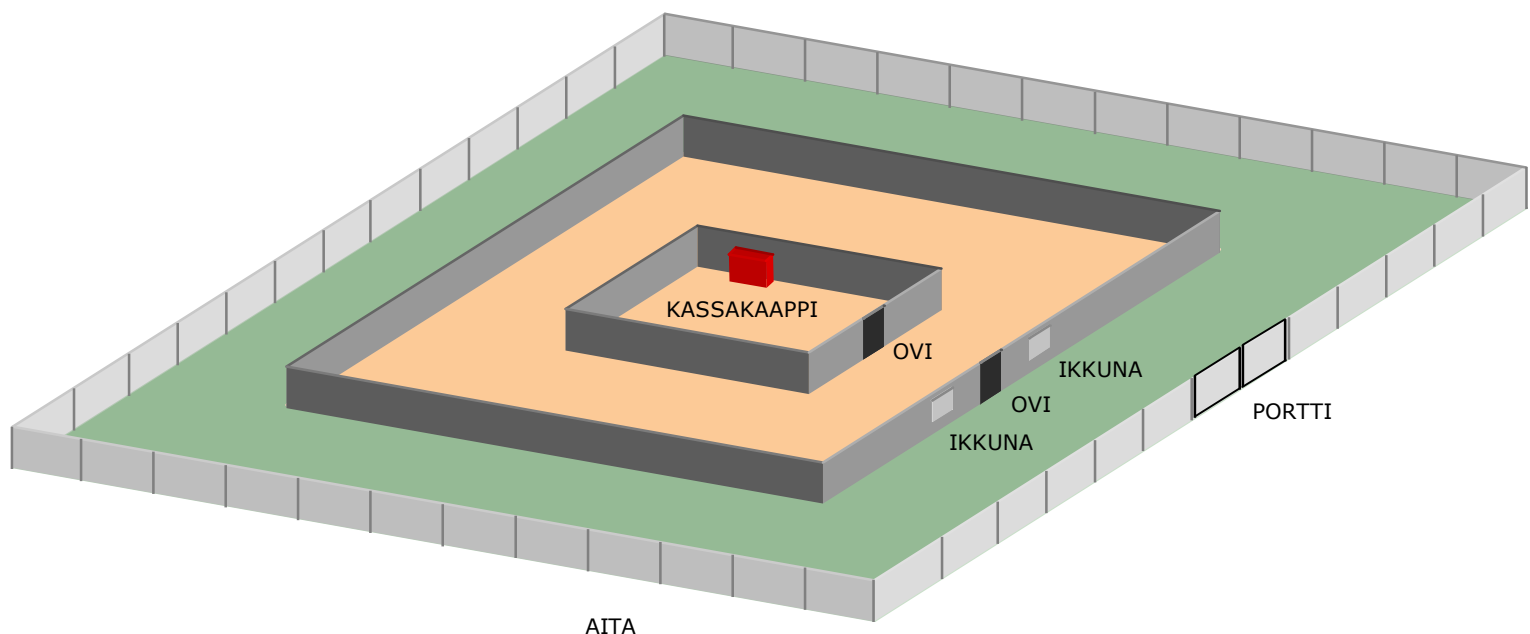
Vyötyke	Tapahtuma	Kuvaus	Havainnon tod.näk.	Hidaste (s)	Hidasteen k-hajonta	Tyyppi (H/K/J)
1	2	lkkuna	90,00 %	20	4	H
2	1	Siirtyminen aulan poikki	90,00 %	10		H
3	1	Lukittu ovi		200	40	
Tunkeutumisen keskeyttämisen vasteaika (s)				300		
Vasteajan keskihajonta (s)				60		
Tekniikan toimintavarmuus				95,00 %		
Tunkeutumisen onnistuneen keskeytyksen todennäköisyys				15,14 %		

Ready

KÄYTÄNNÖN ESIMERKKI

TUREAN-työkirjan avulla voidaan tutkia parhaiten toimitilojen vyöhykeperiaatteella toteutetun suojauksen tehokkuutta. Alla olevassa kuvassa on esitetty karkeasti vyöhykeperiaatteella toteutettu suojaus, joka toimii esimerkkinä seuraavassa työkirjan käytännön hyödyntämistä koskevassa osuudessa.

Esimerkissä aluetta ympäröi aita ja kassakaappi on sijoitettu rakennuksessa olevaan erilliseen huoneeseen. Huonetiloihin on asennettu liiketunnistimia ja oviin magneettikoskettimet. Ikkunoiden läheisyyteen on sijoitettu kuuntelevia lasinrikkoilmaisimia. Kassakaappi on varustettu inertia-ilmaisimella ja magneettikoskettimilla. Portti on lukittu, mutta siinä tai aidassa ei ole mitään ilmaisimia. Myöskään piha-alueella ei ole ilmaisimia. Vartioimisliikkeen vartija on hälytyksen saatuaan paikalla yleensä noin 15 minuutissa (900 s), mutta aika vaihtelee suuresti. Hälytyksen siirtyminen ja hälytyskeskuksen toiminta ovat 95 % varmuudella oikeanlaisia.



Nyt halutaan selvittää, kuinka tehokkaasti käytetyt ratkaisut suojaavat kassakaapin arvokasta sisältöä anastamiselta. TUREAN-työkirjan syöttötaulukkoon syötetään seuraavat tiedot. HUOM! Tiedot ovat aikojen suhteen **kuvitteellisia**, mutta niissä on huomioitu se, että tunkeutuja joutuu kuljettamaan mukanaan kassakaapin avaamiseksi tarvittavat työkalut.

Vyöhyke 1

Kuvaus	Havainto	Hidaste	Keskihajonta	Tyyppi
Aidan ylittäminen työkalujen kanssa	0%	600 s	200 s	
Aukon leikkaaminen aitaan	0%	120 s	20 s	
Lukittu portti	0%	60 s	20 s	

Vyöhyke 2

Pihan poikki siirtyminen	0%	60 s	10 s	
--------------------------	----	------	------	--

Vyöhyke 3

Aukon tekeminen seinään	0%	7200 s	3000 s	
Lukittu ovi	95%	300 s	100 s	J
Ikkunat	95%	30 s	10 s	H

Vyöhyke 4

1. sisävyöhykkeen poikki siirtyminen	95%	60 s	10 s	H
--------------------------------------	-----	------	------	---

Vyöhyke 5

Aukon tekeminen seinään	0%	3600 s	1000 s	
Lukittu ovi	95%	300 s	100 s	J

Vyöhyke 6

Kassakaappi	95%	7200 s	3000 s	H
-------------	-----	--------	--------	---

Vyöhyke 7

Poistuminen saaliin kanssa tunkeutumisreittiä pitkin	95%	300 s	100 s	H
--	-----	-------	-------	---

Vasteajaksi annetaan 900 s ja sen keskihajonnaksi 300 s. **HUOM!** Tämän ohjeen laskentamallia käsittelevässä osuudessa on selvitetty keskihajonnan merkitys.

Tämän jälkeen painetaan *Analysoi*-nappulaa ja saadaan tulokseksi alla näkyvät 18 vaihtoehdoisen tapahtumaketjun keskeytystodennäköisyyttä.

94,65 %	1	1	1	1	1	1	1
93,97 %	1	1	1	1	2	1	1
94,93 %	1	1	2	1	1	1	1
94,00 %	1	1	2	1	2	1	1
94,93 %	1	1	3	1	1	1	1
94,02 %	1	1	3	1	2	1	1
94,65 %	2	1	1	1	1	1	1
93,97 %	2	1	1	1	2	1	1
94,93 %	2	1	2	1	1	1	1
94,00 %	2	1	2	1	2	1	1
94,93 %	2	1	3	1	1	1	1
94,02 %	2	1	3	1	2	1	1
94,65 %	3	1	1	1	1	1	1
93,97 %	3	1	1	1	2	1	1
94,93 %	3	1	2	1	1	1	1
94,00 %	3	1	2	1	2	1	1
94,93 %	3	1	3	1	1	1	1
94,02 %	3	1	3	1	2	1	1

Suojaus näyttää näiden lukujen valossa varsin tehokkaalta ja tunkeutujalla on vain noin 5-6 prosentin mahdollisuus onnistua kassakaapin sisällön anastamisessa, riippumatta siitä minkälaisia reittivalintoja hän tekee.

Entä jos kassakaappi olisi unohtunut vahingossa auki siten, että sen ilmaisimet eivät vielä reagoi? Tämä skenaario saadaan tutkittua, kun vaihdetaan syöttötaulukossa vyöhykkeen 6 tietoihin hidasteeksi 0 sekuntia. Tällöin luvut näyttäisivät tältä:

90,23 %	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21,32 %	1	1	1	1	2	1	1	1	1
94,60 %	1	1	2	1	1	1	1	1	1
22,25 %	1	1	2	1	2	1	1	1	1
94,62 %	1	1	3	1	1	1	1	1	1
24,85 %	1	1	3	1	2	1	1	1	1
90,23 %	2	1	1	1	1	1	1	1	1
21,32 %	2	1	1	1	2	1	1	1	1
94,60 %	2	1	2	1	1	1	1	1	1
22,25 %	2	1	2	1	2	1	1	1	1
94,62 %	2	1	3	1	1	1	1	1	1
24,85 %	2	1	3	1	2	1	1	1	1
90,23 %	3	1	1	1	1	1	1	1	1
21,32 %	3	1	1	1	2	1	1	1	1
94,60 %	3	1	2	1	1	1	1	1	1
22,25 %	3	1	2	1	2	1	1	1	1
94,62 %	3	1	3	1	1	1	1	1	1
24,85 %	3	1	3	1	2	1	1	1	1

Alla tuloluettelo on lajiteltu nousevasti ja siihen on sovellettu käyttäjän määrittelemiä tunnistevärejä (tunnistevärit eivät välttämättä erotu selvästi toisistaan tämän ohjeen harmaasävyversiossa). Tuloksista pistää selvästi silmään, että tutkitun skenaarion ns. heikoin lenkki näyttäisi olevan vyöhykkeen 5 tapahtuma nro 2, joka on sisemmän huoneen lukittu ovi.

Käytä		Käyttäjän tunnistevärit									
Vyöhyke:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tapahtuma	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

21,32 %	1	1	1	1	2	1	1	1	1
21,32 %	2	1	1	1	2	1	1	1	1
21,32 %	3	1	1	1	2	1	1	1	1
22,25 %	1	1	2	1	2	1	1	1	1
22,25 %	2	1	2	1	2	1	1	1	1
22,25 %	3	1	2	1	2	1	1	1	1
24,85 %	1	1	3	1	2	1	1	1	1
24,85 %	2	1	3	1	2	1	1	1	1
24,85 %	3	1	3	1	2	1	1	1	1
90,23 %	1	1	1	1	1	1	1	1	1
90,23 %	2	1	1	1	1	1	1	1	1
90,23 %	3	1	1	1	1	1	1	1	1
94,60 %	1	1	2	1	1	1	1	1	1
94,60 %	2	1	2	1	1	1	1	1	1
94,60 %	3	1	2	1	1	1	1	1	1
94,62 %	1	1	3	1	1	1	1	1	1
94,62 %	2	1	3	1	1	1	1	1	1
94,62 %	3	1	3	1	1	1	1	1	1

Ratkaisuna tilanteeseen ei ole kuitenkaan välttämättä oven rakenteen vahvistaminen ja murtautumisen vaikeuttaminen. Tutkimalla heikon

keskeytystodennäköisyyden tapahtumaketjuja raportin avulla, havaitaan esimerkiksi luettelossa ensimmäisenä olevan tapahtumaketjun osalta seuraavaa:

TUNKEUTUMISREITTIANALYYSI

TUREAN v1.0 Jere Peltonen 2003

Vyöhyke: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Tapahtumaketju: 1 1 1 1 2 1 1

Vyöhyke	Tapahtuma	Kuvaus	Havainnon tod.näk.	Hidaste (s)	Hidasteen k-hajonta	Tyyppi (H / K / J)
1	1	Aidan ylittäminen työkalujen kanssa		600	200	
2	1	Pihan poikki siirtyminen		60	10	
3	1	Aukon tekeminen seinään		7200	3000	
4	1	1. sisävyöhykkeen poikki siirtyminen	95,00 %	60	10	H
5	2	Lukittu ovi	95,00 %	300	100	J
6	1	Kassakaappi	95,00 %	0	0	H
7	1	Poistuminen saaliin kanssa tunkeutumisreittiä pitkin	95,00 %	300	100	H

Tunkeutumisen keskeyttämisen vasteaika (s)	900
Vasteajan keskihajonta (s)	300
Tekniikan toimintavarmuus	95,00 %
Tunkeutumisen onnistuneen keskeytyksen todennäköisyys	21,32 %

Tapahtumaketjussa on kyllä riittävästi hidastetta, mutta havainnon syntyminen tapahtuu liian myöhään. Ratkaisuna on lisätä tapahtumaketjun alkuun havaintoelementtejä. Kun piha-alueelle lisätään 95% varmuudella toimiva havaintoelementti (tyyppiä H), näyttää tulosluettelo tältä:

30,64 %	1	1	3	1	2	1	1
30,64 %	2	1	3	1	2	1	1
30,64 %	3	1	3	1	2	1	1
58,46 %	1	1	2	1	2	1	1
58,46 %	2	1	2	1	2	1	1
58,46 %	3	1	2	1	2	1	1
90,41 %	1	1	1	1	2	1	1
90,41 %	2	1	1	1	2	1	1
90,41 %	3	1	1	1	2	1	1
94,71 %	1	1	1	1	1	1	1
94,71 %	2	1	1	1	1	1	1
94,71 %	3	1	1	1	1	1	1
94,86 %	1	1	3	1	1	1	1
94,86 %	2	1	3	1	1	1	1
94,86 %	3	1	3	1	1	1	1
94,93 %	1	1	2	1	1	1	1
94,93 %	2	1	2	1	1	1	1
94,93 %	3	1	2	1	1	1	1

Nyt näyttää siltä, että heikoimman keskeytystodennäköisyyden omaavat tunkeutumisreitit kulkevat rakennuksen ikkunoiden kautta (vyöhykkeen 3 tapahtuma 3). Myöskään rakennuksen ovi (vyöhykkeen 3 tapahtuma 2) ei tunnu kovin vahvalta. Vahvistamalla ovea siten, että sen kautta tunkeutumiseen kuluu 5 minuutin sijasta 15 min (=900 s, keskihajonnalla 300) näyttää tulosluettelo tältä:

30,64 %	1	1	3	1	2	1	1
30,64 %	2	1	3	1	2	1	1
30,64 %	3	1	3	1	2	1	1
86,51 %	1	1	2	1	2	1	1
86,51 %	2	1	2	1	2	1	1
86,51 %	3	1	2	1	2	1	1
90,41 %	1	1	1	1	2	1	1
90,41 %	2	1	1	1	2	1	1
90,41 %	3	1	1	1	2	1	1
94,71 %	1	1	1	1	1	1	1
94,71 %	2	1	1	1	1	1	1
94,71 %	3	1	1	1	1	1	1
94,86 %	1	1	3	1	1	1	1
94,86 %	2	1	3	1	1	1	1
94,86 %	3	1	3	1	1	1	1
94,97 %	1	1	2	1	1	1	1
94,97 %	2	1	2	1	1	1	1
94,97 %	3	1	2	1	1	1	1

Tämä näyttää ulko-oven osalta jo huomattavasti paremmalta, mutta ikkunat ovat suojauksen kannalta edelleen ongelmalliset. Jos ikkunat suojataan siten, että tunkeutuminen niiden kautta kestää 30 sekunnin sijasta 15 minuuttia (=900 s, keskihajonnalla 300), näyttää tulosluettelo tältä:

86,51 %	1	1	2	1	2	1	1
86,51 %	2	1	2	1	2	1	1
86,51 %	3	1	2	1	2	1	1
89,65 %	1	1	3	1	2	1	1
89,65 %	2	1	3	1	2	1	1
89,65 %	3	1	3	1	2	1	1
90,41 %	1	1	1	1	2	1	1
90,41 %	2	1	1	1	2	1	1
90,41 %	3	1	1	1	2	1	1
94,71 %	1	1	1	1	1	1	1
94,71 %	2	1	1	1	1	1	1
94,71 %	3	1	1	1	1	1	1
94,97 %	1	1	2	1	1	1	1
94,97 %	2	1	2	1	1	1	1
94,97 %	3	1	2	1	1	1	1
94,98 %	1	1	3	1	1	1	1
94,98 %	2	1	3	1	1	1	1
94,98 %	3	1	3	1	1	1	1

Tämä on jo varsin hyvä suojaus tunkeutumista vastaan. Toki tutkitun skenaarion ensimmäisen tuloluettelon mukaisesti olisi voitu suoraan vahvistaa sisemmän huoneen ovea siten, että tunkeutuminen sen kautta olisi vaatinut aikaa 5 minuutin sijasta esimerkiksi 15 min (=900 s, keskihajonnalla 300), jolloin tuloluettelo olisi näyttänyt tältä:

71,93 %	1	1	1	1	2	1	1
71,93 %	2	1	1	1	2	1	1
71,93 %	3	1	1	1	2	1	1
75,39 %	1	1	2	1	2	1	1
75,39 %	2	1	2	1	2	1	1
75,39 %	3	1	2	1	2	1	1
77,10 %	1	1	3	1	2	1	1
77,10 %	2	1	3	1	2	1	1
77,10 %	3	1	3	1	2	1	1
90,23 %	1	1	1	1	1	1	1
90,23 %	2	1	1	1	1	1	1
90,23 %	3	1	1	1	1	1	1
94,60 %	1	1	2	1	1	1	1
94,60 %	2	1	2	1	1	1	1
94,60 %	3	1	2	1	1	1	1
94,62 %	1	1	3	1	1	1	1
94,62 %	2	1	3	1	1	1	1
94,62 %	3	1	3	1	1	1	1

Keskeytystodennäköisyydet ovat tässä vaihtoehdossa varsin kohtuullisia, kun otetaan huomioon, että kassakaappi oli jäänyt sulkematta. Paras menettely olisi tietysti ollut varmistaa, että kassakaappia ei ole mahdollista jättää vahingossa auki. Tässä esimerkissä tätä ei kuitenkaan huomioitu, koska tarkoitus oli valaista TUREAN-työkirjan käyttöä ja erilaisten vaihtoehtojen vaikutusta kokonaisuuteen.

Edellä esitetyssä esimerkissä tunkeutumisen oletettiin tapahtuvan sellaisena vuorokaudenaikana, jolloin rakennus on tyhjiään. Mikään ei kuitenkaan estä soveltamasta TUREAN-laskentamallia esimerkiksi päiväsaikaan tapahtuvaan tunkeutumiseen, joka perustuu rakennuksessa luvallisesti oleskelevien henkilöiden (työntekijät, valvontahenkilöstö jne.) ja/tai valvontajärjestelmien harhauttamiseen.

LASKENTAMALLI

YLEISTÄ

Tunkeutumisreittianalyysissä käytettävän laskentamallin tuntemisella ei ole TUREAN-työkirjan käytännön hyödyntämisen kannalta juurikaan merkitystä. Tämän vuoksi seuraava esitys onkin tarkoitettu lähinnä niille, joita asia kiinnostaa. Käsiteltyjen asioiden ymmärtämiseksi on välttämätöntä, että lukija hallitsee todennäköisyyslaskennan perusteet.

Tunkeutumisreittianalyysissä lasketaan annettujen arvojen perusteella todennäköisyys sille, että tiettyä määriteltyä reittiä pitkin tapahtuva tunkeutuminen havaitaan ja saadaan havaitsemisen jälkeen jäljellä olevan ajan puitteissa keskeytettyä. Laskennassa tarvittavia arvoja ovat tunkeutumisreitin vaiheiden (*tapahtuma*) osalta:

- tunkeutumisen havaitsemisen todennäköisyys (*havainto*),
- tunkeutumisesta jarruttavan elementin hidastavan vaikutuksen odotusarvo sekunneissa (*hidaste*),
- hidasteen keskihajonta sekunneissa (*k-hajonta*), sekä
- havaintomenetelmä (*tyyppi*), mikäli samaan reitin vaiheeseen liittyy sekä havainnon mahdollisuus, että hidaste.

Muita tarvittavia arvoja ovat:

- tunkeutumisen havaitsemisen jälkeen sen keskeyttämiseen tarvittavan ajan odotusarvo sekunneissa (*vasteaika*),
- vasteajan keskihajonta sekunneissa, sekä
- havaintotiedon siirtymisen todennäköisyys.

TODENNÄKÖISYYDET

Tunkeutumisreitin ensimmäisen vaiheen osalta todennäköisyys sille, että tunkeutuminen havaitaan on $P(H_1)$.

$P(H)$ = havainnon todennäköisyys

Tunkeutumisreitin ensimmäisen vaiheen osalta todennäköisyys sille, että tieto havainnosta siirtyy eteenpäin sille, jonka vastuulla tunkeutumisen keskeyttäminen on (esim. vartioimisliike), ja johtaa toimenpiteisiin (vaste) on $P(S_1)$.

$P(S)$ = havaintotiedon oikeanlaisen siirtymisen todennäköisyys

Tunkeutumisreitin ensimmäisen vaiheen osalta todennäköisyys sille, että havainnon tapahduttua sekä havaintotiedon siirryttyä ja johdettua toimenpiteisiin

(eli vasteen käynnistyttyä), vasteaika ei ylitä tunkeutumisen keskeyttämiseen jäljellä olevaa aikaa (toiminta-aika) on $P(A_1)$.

$P(A)$ = toiminta-ajan riittävyyden todennäköisyys

Tunkeutumisreitien ensimmäisen vaiheen osalta tunkeutumisen keskeytyksen todennäköisyys on $P(K_1) = P(H_1) P(S_1) P(A_1)$.

$P(K) = P(H) P(S) P(A)$ = tunkeutumisen keskeytyksen todennäköisyys yhden vaiheen sisältävän tunkeutumisreitien osalta

Jos tunkeutumisreitissä on enemmän kuin yksi vaihe, saadaan keskeytyksen todennäköisyys koko reitin osalta laskemalla yhteen kaikkien yksittäisten vaiheiden keskeytystodennäköisyydet. Yksittäisten vaiheiden keskeytystodennäköisyyksiä laskettaessa on huomattava, että muiden kuin ensimmäisen vaiheen (jonka laskenta kuvattiin edellä) kohdalla on laskennassa huomioitava myös todennäköisyys sille, että aikaisempien vaiheiden kohdalla **ei** tapahdu tunkeutumisen havaitsemista. Tämä siksi, että jokaisen vaiheen osalta lasketaan todennäköisyys nimenomaan sille, että tunkeilija on selvinnyt aikaisempien vaiheiden läpi aiheuttamatta havaintoa, ja että käsiteltävän vaiheen mahdollinen havainto on ensimmäinen koko reitin osalta. Tällöin esimerkiksi tunkeutumisreitien toisen vaiheen osalta keskeytyksen todennäköisyys on

$$P(K_2) = P(\bar{H}_1)P(H_2)P(S_2)P(A_2) \text{ eli } P(K_2) = [1 - P(H_1)]P(H_2)P(S_2)P(A_2)$$

Toisen vaiheen keskeytystodennäköisyys saadaan siis toisen vaiheen tapahtumien todennäköisyyksien ja ensimmäisen vaiheen havainnon epäonnistumisen todennäköisyyden tulona. Mikäli esimerkiksi ensimmäisen vaiheen osalta todennäköisyys tunkeutumisen havaitsemiselle on 0,9 (eli 90%), on näin ollen todennäköisyys sille, että havaitsemista **ei** tapahdu $1 - 0,9 = 0,1$ (eli 10%). Kaksi vaihetta sisältävän tunkeutumisreitien osalta keskeytyksen kokonaistodennäköisyys saadaan laskemalla ensimmäisen ja toisen vaiheen keskeytystodennäköisyydet yhteen eli

$$P(K_{\text{reitti}}) = P(H_1)P(S_1)P(A_1) + P(\bar{H}_1)P(H_2)P(S_2)P(A_2) \text{ eli}$$

$$P(K_{\text{reitti}}) = P(H_1)P(S_1)P(A_1) + [1 - P(H_1)]P(H_2)P(S_2)P(A_2)$$

Jotta toinen vaihe olisi tunkeutumisen keskeytystodennäköisyyden laskennan kannalta merkityksellinen, pitää ensimmäisen vaiheen vasteen epäonnistua. Tämä voi johtua siitä, että ensimmäisessä vaiheessa epäonnistutaan tunkeutumisen havaitsemisessa ja/tai havaintotiedon siirtämisessä. Toisen vaiheen keskeytystodennäköisyyttä laskettaessa ei kuitenkaan huomioida tilannetta, jossa ensimmäisessä vaiheessa on tehty havainto, mutta tiedonsiirto on epäonnistunut. Tämä johtuu siitä oletuksesta, että mikäli tiedon siirtyminen ei onnistu ensimmäisessä vaiheessa, se tuskin onnistuu muissakaan vaiheissa (yhteydet poikki yms.).

Tiedon siirtymistä koskeva epävarmuustekijä otetaan huomioon laskettaessa vaihekohtaisia keskeytystodennäköisyyksiä, mutta edellisten vaiheiden tiedon siirtymisen epäonnistumista ei enää käsitellä seuraavissa vaiheissa. Toisin sanoen, havaintotiedon siirtymisen todennäköisyyttä eli tekniikan toiminnan varmuutta käsitellään koko tunkeutumistapahtumaa kokonaisuutena koskevana tekijänä, ei niinkään yksittäisiin vaiheisiin eri tavalla vaikuttavana asiana. Jos epäonnistunut havaintotiedon siirto sijoitettaisiin toisen vaiheen laskelmiin, antaisi se tiedonsiirrolle ikään kuin uuden mahdollisuuden toimia ja vääristäisi lopputulosta todellista suuremman keskeytystodennäköisyyden suuntaan. Tämä saattaa ensi lukemalta tuntua oudolta, mutta seuraava esimerkki selventäne asiaa.

Oletetaan, että tunkeutumisreitit kulkiessa ensimmäisen vyöhykkeen läpi (1. vaihe) tunkeilijan havaitseminen tapahtuu 50% todennäköisyydellä (eli 0,5) ja toisen vyöhykkeen (2. vaihe) kohdalla myös 50% todennäköisyydellä. Oletetaan lisäksi, että tiedonsiirto tapahtuu 50% varmuudella ja että toiminta-aika riittää molemmissa tapauksissa tunkeutumisen keskeyttämiseen (todennäköisyys 100% = 1).

Vaihe	$P(H_{\text{vaihe}})$	$P(S)$	$P(A_{\text{vaihe}})$
1	0,5	0,5	1
2	0,5		1

Tässä tapauksessa vasteen todennäköisyys on molemmissa vaiheissa 25% (=0,25). Näin ollen onnistunut vaste on yksi seuraavista neljästä mahdollisesta vaihtoehdosta, kun vaatimus on, että havainto ja sen jälkeen tiedonsiirto onnistuvat.

Vaihe 1	Tunkeilija saapuu ensimmäiselle vyöhykkeelle			
Havainto	onnistuu (0,5)		epäonnistuu (0,5)	
Tiedonsiirto	onnistuu (0,5)	epäonnistuu (0,5)	onnistuu (0,5)	epäonnistuu (0,5)
Vaste	onnistuu (0,25)	epäonnistuu (0,25)	epäonnistuu (0,25)	epäonnistuu (0,25)

Vaihe 2	Tunkeilija saapuu toiselle vyöhykkeelle			
Havainto	onnistuu (0,5)		epäonnistuu (0,5)	
Tiedonsiirto	onnistuu (0,5)	epäonnistuu (0,5)	onnistuu (0,5)	epäonnistuu (0,5)
Vaste	onnistuu (0,25)	epäonnistuu (0,25)	epäonnistuu (0,25)	epäonnistuu (0,25)

Ensimmäisen vaiheen keskeytystodennäköisyys on

$$P(K_1) = 0,5 \times 0,5 \times 1 = 0,25$$

Toisen vaiheen keskeytystodennäköisyys on edellä esitettyä kaavaa soveltaen

$$P(K_2) = (1-0,5) \times 0,5 \times 0,5 \times 1 = 0,125$$

Koko tunkeutumisreitit osalta keskeytyksen todennäköisyys on

$$P(K_{\text{reitti}}) = P(K_1) + P(K_2) = 0,25 + 0,125 = 0,375 (=37,5 \%)$$

Mikäli toisen vaiheen laskutoimituksessa otettaisiin vielä mukaan tilanne, jossa ensimmäisessä vaiheessa havainto on onnistunut ja tiedonsiirto epäonnistunut, mutta siitä huolimatta toisessa vaiheessa tiedonsiirto saattaa taas onnistua, olisi toisen vaiheen keskeytystodennäköisyys

$$P(K_2) = (1-0,25) \times 0,5 \times 0,5 \times 1 = 0,1875$$

Koko tunkeutumisreitillä osalta keskeytystodennäköisyys olisi näin ollen

$$P(K_{\text{reitti}}) = 0,25 + 0,1875 = 0,4375 (=43,75\%)$$

Keskeytyksen todennäköisyys näyttää näin laskettuna paljon paremmalta kuin se todellisuudessa on.

Kun tunkeutumisreitti koostuu kolmesta vaiheesta, lasketaan keskeytystodennäköisyys koko reitin osalta

$$P(K_{\text{reitti}}) = P(H_1)P(S_1)P(A_1) + [1 - P(H_1)]P(H_2)P(S_2)P(A_2) \\ + [1 - P(H_1)][1 - P(H_2)]P(H_3)P(S_3)P(A_3)$$

Jokaisen vaiheen kohdalla lasketaan siis mukaan todennäköisyys sille, että havainto on epäonnistunut kaikkien edeltävien vaiheiden kohdalla. Näin ollen kolmannessa vaiheessa ei lasketa pelkästään toisen vaiheen havainnon epäonnistumisen todennäköisyyttä, vaan **kaikkien** edeltävien vaiheiden (ensimmäisen ja toisen) epäonnistumisten todennäköisyydet. Tätä periaatetta sovelletaan kaikkiin tunkeutumisreitien vaiheisiin, oli niitä kuinka monta tahansa (poikkeuksena ensimmäinen vaihe, jolloin edeltäviä vaiheita ei ole). Ymmärrettävistä syistä laskutoimituksen kaavaa ei ole järkevää merkitä yllä näkyvällä tavalla, vaan sen sijaan voidaan käyttää yleistä kaavaa

$$P(K_{\text{reitti}}) = P(H_1)P(S_1)P(A_1) + \sum_{i=2}^n P(H_i)P(S_i)P(A_i) \prod_{i=1}^{i-1} [1 - P(H_i)] \text{ tai}$$

$$P(K_{\text{reitti}}) = P(K_1) + \sum_{i=2}^n P(K_i) \prod_{i=1}^{i-1} P(\bar{H}_i)$$

jossa n on tunkeutumisreitien vaiheiden lukumäärä.

LÄHTÖARVOT JA TODENNÄKÖISYYKSIEN LASKEMINEN

Kaavaan sijoitettavat arvot ovat melko selviä, lukuun ottamatta toiminta-ajan riittävyttä laskennan kohteena olevassa vaiheessa. Vaiheen havaintotodennäköisyys ja tiedon siirtymisen todennäköisyys saadaan suoraan käyttäjän syöttämistä arvoista, mutta toiminta-ajan riittävyyden todennäköisyys on laskettava syötetyistä hidaste-, vasteaika- ja keskihajontatiedoista.

Laskentamallissa vasteajan, hidasteiden ja tätä kautta myös toiminta-ajan oletetaan olevan normaalijakaumaa noudattavia riippumattomia satunnaismuuttujia, jonka vuoksi käyttäjän syöttämiä vasteajan ja hidasteiden

arvoja käsitellään asianomaisten muuttujien odotusarvoina. Vasteajan ja hidasteiden kestot eivät siis todellisuudessa ole aina samoja kuin syötetyt arvot, vaan ne voivat vaihdella satunnaisesti annetun keskihajonnan mukaista normaalijakaumaa noudattaen. Tämä mallintaa todellista maailmaa paremmin kuin kiinteiden aika-arvojen käyttö.

Keskihajonta kuvaa annettujen arvojen hajontaa keskiarvon ympärillä. Keskihajonta lasketaan kaavalla

$$D(x) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

jossa n on laskettavien arvojen määrä. TUREAN-laskentamallin syöttöarvojen luonteesta johtuen on kuitenkin suositeltavaa laskea arvojen keskihajonnan ns. otoskeskihajonnan kaavalla

$$D(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

jossa n on testauksella saatujen arvojen lukumäärä. Esimerkiksi vasteaika voidaan mitata vaikkapa viisi kertaa ja saatujen arvojen (900, 870, 940, 950 ja 1050 sekuntia) avulla lasketaan keskiarvo ja keskihajonta seuraavasti, kun vasteaikaa merkitään tunnuksella x :

$$\bar{x} = \frac{900 + 870 + 940 + 950 + 1050}{5} = 942$$

$$\begin{aligned} D(x) &= \sqrt{\frac{(900 - 942)^2 + (870 - 942)^2 + (940 - 942)^2 + (950 - 942)^2 + (1050 - 942)^2}{(5 - 1)}} \\ &= \sqrt{\frac{(-42)^2 + (-72)^2 + (-2)^2 + 8^2 + 108^2}{4}} = \sqrt{\frac{1764 + 5184 + 4 + 64 + 11664}{4}} \\ &= \sqrt{\frac{18680}{4}} = \sqrt{4670} = 68,337 \end{aligned}$$

TUREAN-laskentamallin syöttötietoina voidaan antaa näin ollen vasteajan osalta odotusarvoksi 942 ja keskihajonnaksi 68.

Mallintamisen periaatteena noudatetaan sitä, että tunkeutujalla on kohteen saavuttamiseksi käytettävissään se aika, joka saadaan, kun hidasteiden arvot lasketaan yhteen. Eli jos tunkeutumisreitillä on kolme hidastetta, joiden kunkin ohittamiseen kuluu 100 sekuntia, kuluu tunkeilijalta yhteensä 300 sekuntia kohteen saavuttamiseen. Mikäli havainto tunkeilijasta saadaan ennen ensimmäistä hidastetta, on tunkeutumisen keskeyttämiseen käytettävissä aikaa 300 sekuntia (toiminta-aika). Havaitsemisen tapahtuessa ensimmäisen hidasteen jälkeen, mutta ennen toista hidastetta, toiminta-aikaa on 200 sekuntia. Havainnon syntyessä toisen hidasteen jälkeen, mutta ennen kolmatta hidastetta, aikaa tunkeutumisen keskeyttämiseen on vielä 100 sekuntia. Tunkeilijan ohitettua kolmannen hidasteen tulematta havaituksi aikaa tunkeutumisen keskeyttämiseen

ei ole jäljellä. Yleisesti ottaen, mikäli jäljellä olevaa toiminta-aikaa on enemmän kuin mitä kuluu keskeytyksen suorittamiseen (vasteaika), tunkeutumisen keskeyttäminen onnistuu. Toisin sanoen, keskeytys onnistuu, mikäli toiminta-ajan ja vasteajan erotus on suurempi kuin nolla. Toiminta-ajan ja vasteajan erotusta merkitään seuraavassa X :llä.

$X = \text{toiminta-aika} - \text{vasteaika}$

Näin ollen toiminta-ajan riittävyyden todennäköisyys $P(A)$ on $P(X > 0)$.

$P(A) = P(X > 0)$

Ajan riittävyyden todennäköisyys lasketaan normaalijakauman kertymäfunktion avulla. Näin ollen

$$P(A) = P(X > 0) = \int_0^{\infty} \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu_x}{\sigma_x} \right)^2} dx$$

Toiminta-ajan eli hidasteiden summan keskihajonta saadaan laskettua hidasteiden variansseja (varianssi = keskihajonta²) käyttämällä siten, että toiminta-ajan varianssi on hidasteiden varianssien summa, eli

$$D^2(TA) = \sum_{i=1}^n D^2(HA_i)$$

jossa $D^2(TA)$ on toiminta-ajan varianssi, $D^2(HA)$ hidasteen varianssi ja n laskettavien hidasteiden lukumäärä. Toiminta-ajan keskihajonta on siis hidasteiden varianssien summan neliöjuuri. Toiminta-ajan odotusarvo on luonnollisesti hidasteiden syötettyjen odotusarvojen summa, eli

$$E(TA) = \sum_{i=1}^n E(HA_i)$$

jossa $E(TA)$ on toiminta-ajan odotusarvo, $E(HA)$ hidasteen odotusarvo ja n laskettavien hidasteiden lukumäärä.

Laskettaessa ajan riittävyyden todennäköisyyttä normaalijakauman kertymäfunktion avulla, tarvitaan tiedoiksi toiminta-ajan (TA) ja vasteajan (VA) erotuksen (X) odotusarvo ja keskihajonta. Odotusarvo on yksinkertaisesti toiminta-ajan ja vasteajan odotusarvojen erotus eli

$$\mu_x = E(TA) - E(VA)$$

jossa $E(VA)$ on vasteajan odotusarvo. Toiminta-ajan ja vasteajan erotuksen keskihajonta taas saadaan toiminta-ajan ja vasteajan varianssien summan neliöjuurena, eli

$$\sigma_x = \sqrt{D^2(TA) + D^2(VA)}$$

Saatujen arvojen avulla laskettu normaalijakauman kertymäfunktio antaa tulokseksi todennäköisyyden sille, että toiminta-ajan ja vasteajan erotus on syötetyillä arvoilla suurempi kuin nolla. Tämä on siis $P(A)$ eli $P(X > 0)$.

Toiminta-ajan riittävyyden todennäköisyys lasketaan tunkeutumisreitillä jokaisen vaiheen osalta, samoin kuin havainnon ja tiedon siirtymisen todennäköisyydetkin. Siirryttäessä vaiheissa eteenpäin on ajan riittävyyttä laskettaessa huomioitava nimenomaan käsiteltävän vaiheen kohdalla jäljellä oleva aika, eli toisin sanoen vain ne hidasteet, jotka tunkeilija joutuu vielä ohittamaan.

Oma tapauksensa on vaihe, jossa on samanaikaisesti havainnon mahdollisuus ja hidaste. Käytännössä kyse voisi olla vaikkapa magneettikoskettimilla varustetusta ovesta, joka antaa hälytyksen vasta, kun lukko on tiirikoitu ja ovi avattu. Tällöin kyseisen vaiheen hidastetta (lukittu ovi) ei voida ottaa mukaan laskettaessa saman vaiheen keskeytystodennäköisyyttä, koska hidaste ei vaikuta havaitsemisen jälkeen jäljellä olevaan toiminta-aikaan. Toisaalta, kyse voi olla myös vaiheesta, jossa hälytys laukeaa ennen kuin tunkeilija ehtii tehdä hidasteelle mitään. Tämän vuoksi vaiheissa, joissa on yhtäaikaan sekä havainnon mahdollisuus, että hidaste, on oltava tieto siitä, kuinka paljon hidasteen aikaa on kulunut havainnon syntyessä. Tätä mallinnetaan *tyypillä*.

Tyyppi voi tässä laskentamallissa olla yksi kolmesta:

1. havainto syntyy ennen kuin hidasteen aika alkaa kulua,
2. havainto syntyy hidasteen keston puolivälissä, tai
3. havainto syntyy vasta, kun hidasteen aika on jo kulunut.

Käyttäjä voi määrittää tyyppin syöttämällä asianomaiseen kohtaan kirjaintunnuksen "H" (edellisessä luettelossa nro 1), "K" (nro 2) tai "J" (nro 3).

Laskentamalliin tyyppin huomioiminen vaikuttaa siten, että vaiheen kohdalla jäljellä oleva aika lasketaan kaavalla

$$E(TA_{vaihe}) = E(HA_{vaihe}) + \sum_{i=vaihe+1}^n E(HA_i)$$

jossa $E(HA_{vaihe})$ on tyyppin mukaan laskettu, havainnon jälkeen kyseisessä vaiheessa jäljellä oleva aika ja n kaikkien vaiheiden lukumäärä. Mikäli tyyppi on "H", lasketaan vaiheen hidasteaika kokonaisuudessaan, mikäli tyyppi taas on "K", lasketaan mukaan puolet vaiheen hidasteajasta, ja mikäli tyyppi on "J", vaiheen hidastetta ei oteta laskuissa lainkaan huomioon. Näin saatu käsiteltävän vaiheen hidasteaika lasketaan yhteen seuraavien vaiheiden hidasteaikojen summan kanssa.

Tyyppi vaikuttaa myös muuttujien keskihajontaan, mutta tämä saadaan laskettua helposti varianssien avulla. Käsiteltävän vaiheen tyyppin mukaan laskettavan hidasteen ajan varianssi on

1. $D^2(HA_{\text{vaihe}})$, mikäli tyyppi on "H",
2. $D^2(HA_{\text{vaihe}})/4$, mikäli tyyppi on "K", sekä
3. 0, mikäli tyyppi on "J".

Näin saatava kyseisen vaiheen hidasteajan odotusarvon varianssi lasketaan yhteen jäljellä olevien hidasteaikojen odotusarvojen varianssien summan kanssa, eli

$$D^2(TA_{\text{vaihe}}) = D^2(HA_{\text{vaihe}}) + \sum_{i=\text{vaihe}+1}^n D^2(HA_i)$$

jossa $D^2(HA_{\text{vaihe}})$ on tyyppin mukaan laskettu, havainnon jälkeen kyseisessä vaiheessa jäljellä olevan ajan varianssi ja n kaikkien vaiheiden lukumäärä. Saatua jäljellä olevan toiminta-ajan varianssia käytetään laskettaessa toiminta-ajan ja vasteajan erotuksen (X) varianssia ja sitä kautta tämän keskihajontaa.

LÄHTEET

An Overview of the Vulnerability Assessment Process for Fixed Sites and Transportation. SAND2000-3014C. Sandia National Laboratories. 2000.

Biringer, B. *A Risk Assessment Methodology for Physical Security.* Sandia National Laboratories. SAND2000-1995C. Sandia National Laboratories. 2000.

Garcia, M. L. *The Design and Evaluation of Physical Protection Systems.* Boston: Butterworth-Heinemann. 2001.

Hicks, M. J., et al. *Cost and Performance Analysis of Physical Security Systems.* SAND97-1353C. Sandia National Laboratories. 1997.

Hicks, M. J., Snell, M. S., Sandoval, J. S., Potter, C. S. *Cost and Performance Analysis of Physical Protection Systems - a Case Study.* SAND98-1666C. Sandia National Laboratories. 1998.

Williams, J. D. *Physical Protection System Design and Evaluation.* SAND97-0608C. Sandia National Laboratories. 1997.

Williams, J. D. *Physical Protection System Design and Evaluation.* International Conference on Physical Protection of Nuclear Materials: Experience in Regulation, Implementation and Operations. International Atomic Energy Agency. 1997

Garcia esittelee erinomaisessa kirjassaan *The Design and Evaluation of Physical Protection Systems* tunkeutumisreitin keskeytystodennäköisyyden laskentaan tarkoitetun EASI-mallin (Estimate of Adversary Sequence Interruption), jota on käytetty soveltuvin osin TUREAN-laskentamallin pohjana (EASI-malli ei laske vaihtoehtoisia reittejä). Myös muissa lähteissä käsitellään jonkin verran EASI-mallia.

Kaikki TUREAN-työkirjaa koskeva palaute pyydetään toimittamaan sähköpostitse osoitteeseen jere.peltonen@kolumbus.fi.