

Luento 9

FinPSA-ohjelma

Jan-Erik Holmberg
Systeemianalyysin laboratorio
Matematiikan ja systeemianalyysin laitos
Aalto-yliopiston perustieteiden korkeakoulu
PL 11100, 00076 Aalto
jan-erik.holmberg@aalto.fi

Tämän luentokerran motivaatio

- Riskianalyyseissä tarvitaan käytännössä työkaluja
 - tietojen hallinta
 - laskenta
- Taulukkolaskenta- ja tietokantaohjelmilla (Excel, Access) pärjää pitkälle, mutta...
- Monimutkaisemmissa tapauksissa laskenta edellyttää sitä varten kehitettyä työkalua
- Vaikka laskentaohjelmistot ovat suhteellisen vaativia käyttää, niihin on hyvä opiskelijoidenkin perehtyä kurssilla
- Tällä luennolla demonstroidaan suomalaista FinPSA-ohjelmaa
 - Käytetään joidenkin esimerkkien ratkaisemisessa
 - Vie aikansa ennen kuin ohjelma oppii käyttämään
 - Sisältää paljon toimintoja, joita kurssilla ei käsitellä
 - Mahdollisuuksia opinnäytetöihin ohjelman kehittämiseksi
 - FinPSA 2.0.0.1 demoversio saatavilla <https://www.simulationstore.com>

Sisälllys

- PRA-mallin rakenne
- PRA-mallin laskeminen
- PRA:n tasot 1, 2 ja 3
- Haasteita
- FinPSA-ohjelman esittely

- Huom! Asiat esitellään ydinvoimalaitoksen riskianalyysin näkökulmasta, koska osa terminologiasta ja mallintamistavasta on sieltä lähtöisin
 - mallintamistapa on sinänsä yleinen
 - työkalu (FinPSA) sopii yhtä lailla muidenkin järjestelmien riski- ja luotettavuusanalyysihin

PRA-mallin rakenne

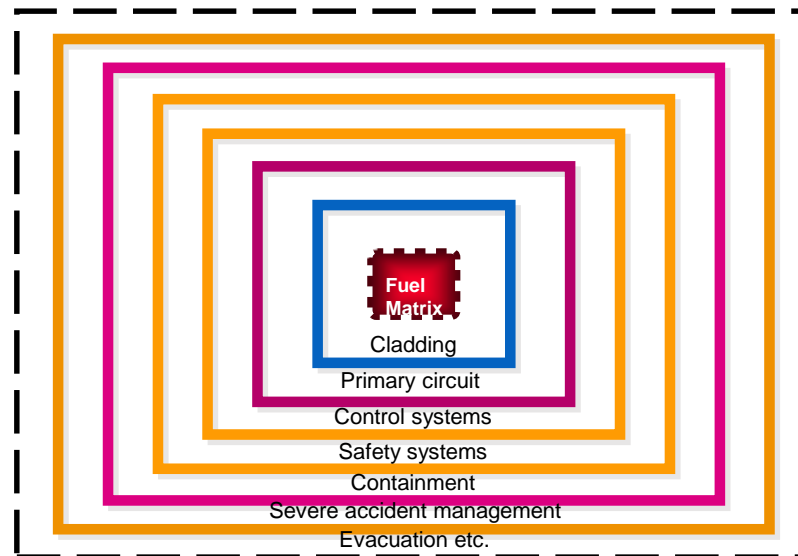
- Alkutapahtuma
- Tapahtumapuu
- Vikapuu

PRA-malli lähtee alkutapahtumasta

- Alkutapahtuman määritelmä
 - Poikkeama “normaaliprosessista”
- Vaihtelevat käyttötiloittain
- Turvallisen tilan palauttaminen vaatii toimenpiteitä
- Vikauttavat usein myös turvatoimintoja
- Voivat tuhota useita syväpuolustuksen (defence-in-depth) linjoja

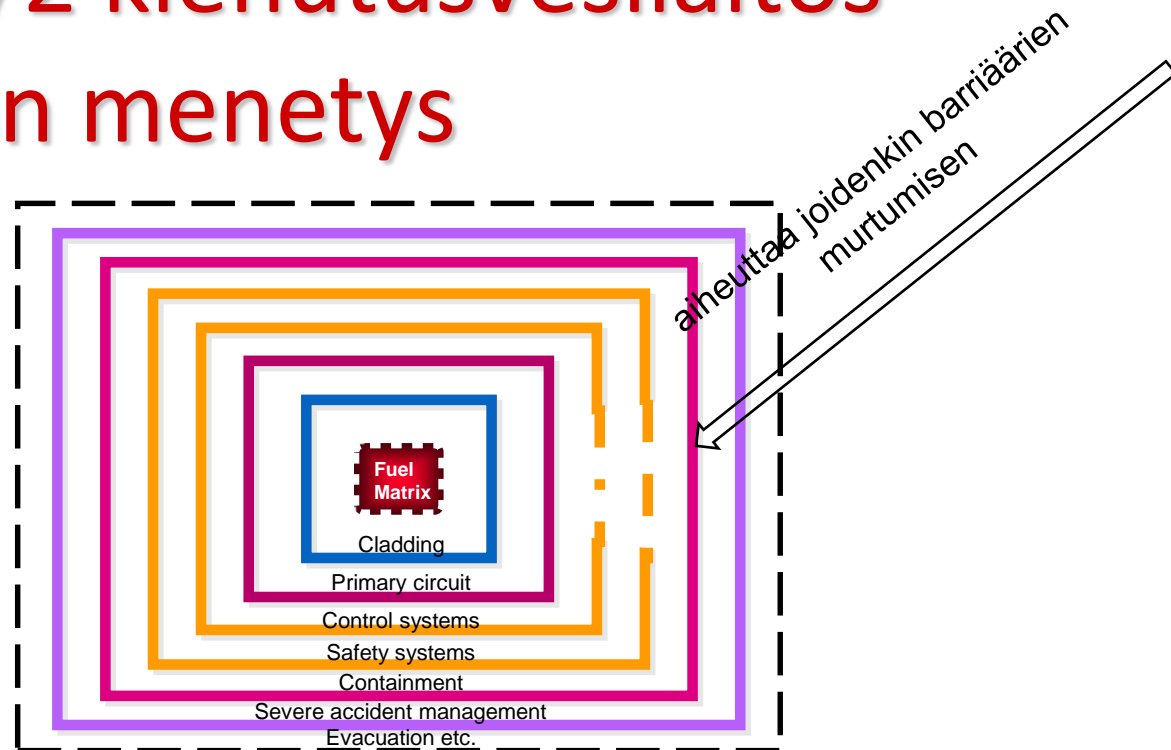
Ydinvoimalaitoksen syväpuolustus

Ei alkutapahtumaa



Olkiluoto 1/2 kiehutusvesilaitos

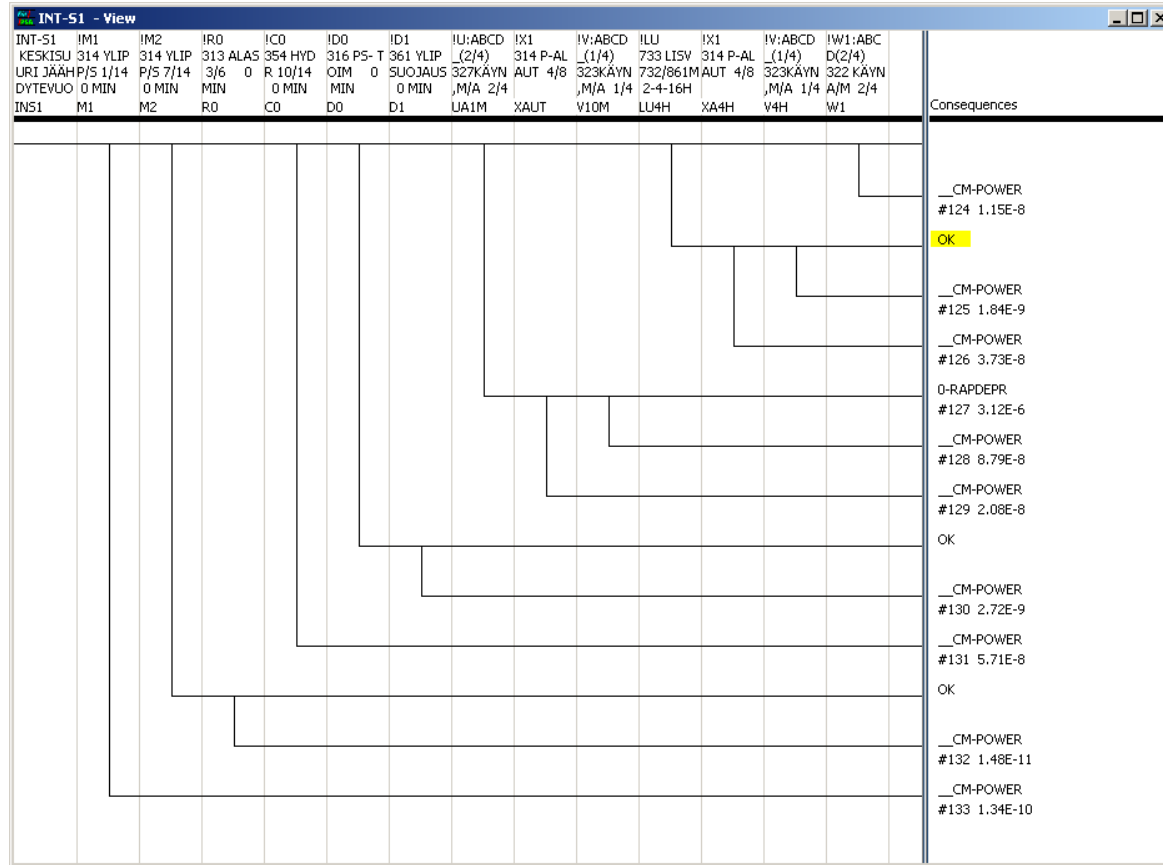
Syöttöveden menetys



Alkutapahtuman jälkeen kaksi osaa

- Suunnitelma alkutapahtuman aiheuttaman häiriön hoitamiseksi
 - Tapahtumapuu
- Hoitamisessa tarvittavien toimenpiteiden ja järjestelmien vikaantumista kuvaavat mallit
 - Vikapuu
- Kun tapahtumapuu ja vikapuu yhdistetään, saadaan selville tekijät, jotka estävät suunnitelman toteutumisen

Tapahtumapuuh

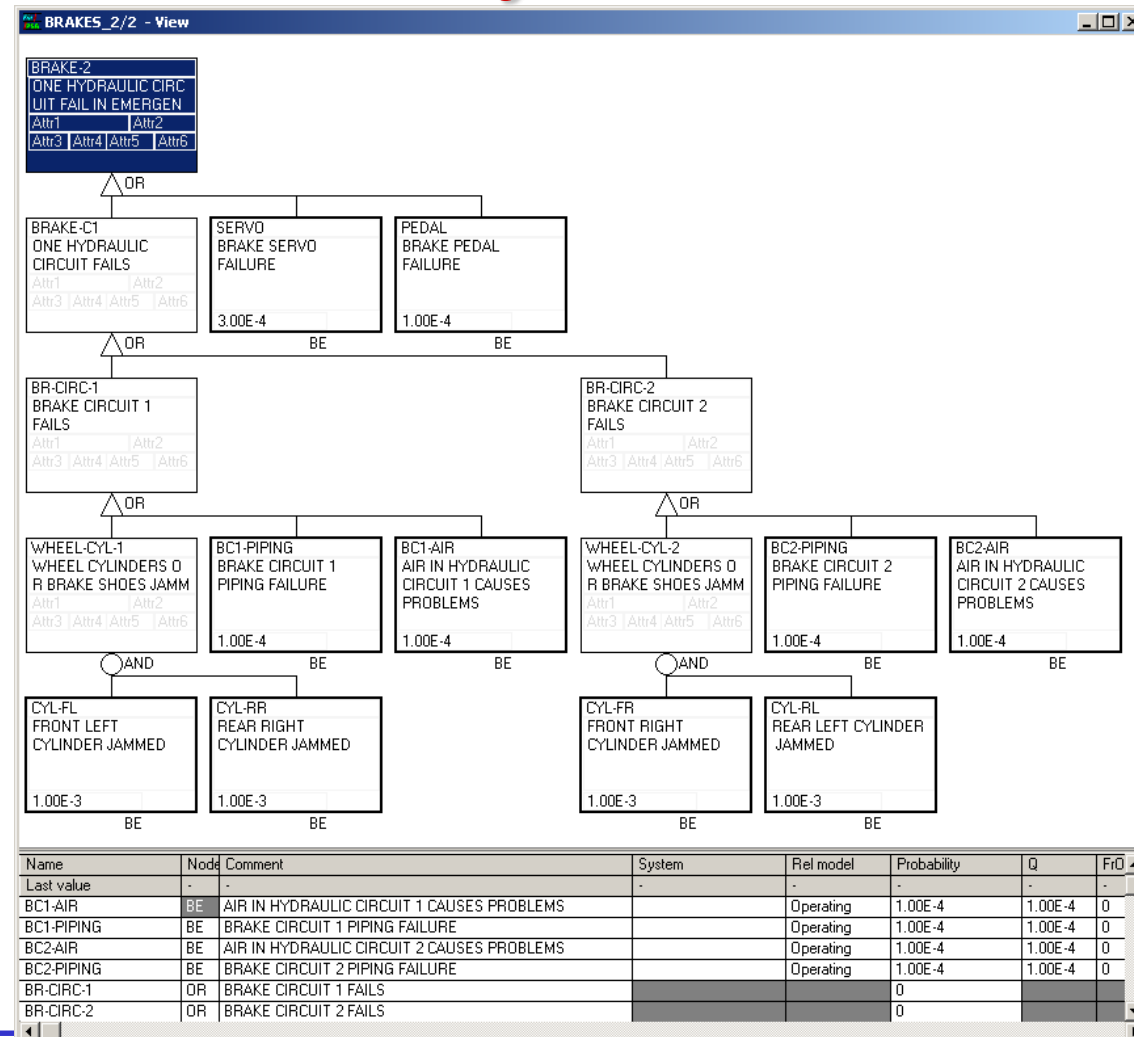


- Esittää kaikki tunnistetut mahdollisuudet
- alkutapahtumasta syntyneen häiriön hoitamiseen tai sen pieleen menemiseen
- Kysymykset ovat turvatoimintoja:
 - eteenpäin onnistuu
 - alaspäin epäonnistuu
- Jakaantuu *onnettomuusketjuihin*, jotka päättyvät seurauksiin

Vikapuu kuvaa turvatoimintojen epäonnistumista

Esittää:

- kuinka laiteviat etenevät järjestelmän viaksi
- kuinka järjestelmien viat etenevät toiminnon viaksi



Vikapuun osia

- **Laitteet ja niiden vikautumistavat**
 - Viat: ei avaudu, ei sulkeudu, ei käynnisty, vuotaa ulos, tukossa, ei signaalia, aiheeton signaali, ei käyttövoimaa, jne.
 - Ennen alkutapahtumaa sattuneet huoltovirheet
- **Ihmisen toimenpiteet ja niiden epäonnistuminen**
 - Onnettomuusolosuhteet vaikuttavat alkutapahtuman jälkeisiin toimenpiteisiin
- **Onnettomuuden kuluessa tapahtuvat ilmiöt**
 - Vesisuihkut, missiilit, lämpö, paineiskut, saturaatio, kavitaatio, jne.
 - Estävät laitteen tai ihmisen toiminnan = alkutapahtumariippuvuus
- **Yhteisviat**
 - Tilastollisia riippuvuuksia samankaltaisten laitteiden kesken

PRA:n tasot

Tason 1 PRA

- Sydänvaurion (polttoainevaurion) riski
- Mallintaa tapahtumaketjut alkutapahtumasta sydänvaurioon
- Yksinkertaisimmillaan tapahtumapuissa kaksi lopputilaa
 - OK
 - Sydänvaurio
- Lopputulos ilmaistaan usein sydänvauriotaajuutena

Tason 2 PRA

- Radioaktiivisen päästön riski
- Mallintaa tapahtumaketjut sydänvauriosta (polttoainevauriosta) suojarakennuspäästöön
- Lopputulos ilmaistaan usein kaksiulotteisesti Farmerin käyränä tai päästöluokittain päästötaajuuksina

Tason 3 PRA

- Terveys-, ympäristö- ja taloudellisten vahinkojen riski
- Mallintaa tapahtumaketjut suojarakennuspäästöstä ympäristövahinkoihin
- Lopputulos ilmaistaan usein henkilöriskinä, pitkäaikaisten syöpätapausten riskinä tai saastuneen maa-alueiden riskinä

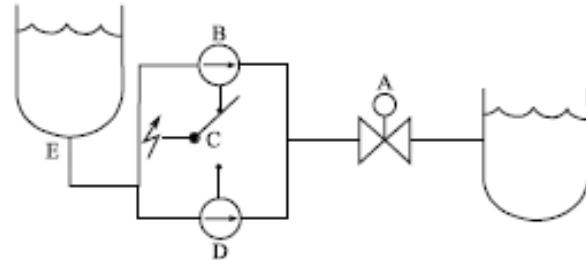
PRA-mallin tuloksia, taso 1

- Minimikatkosjoukot
- Sydänvauriotaajuus
- Tärkeysmitat

Minimikatkosjoukko

- Tason 1 PRA-malli on iso vikapuu, jonka huipputapahtuma on sydänvaurio
- Malli rakennetaan toisiinsa kytketyiden tapahtumapuiden ja vikapuiden avulla
 - tapahtumapuut kuvaavat ylätasolla tapahtumaketjut
 - tapahtumapuiden haarautumiskohdat vastaavat järjestelmävikoja, jotka mallinnetaan vikapuilla
- Laskentaohjelma muodostaa mallista laskentatehtävän (ison vikapuun), jossa se ratkaisee mitkä vikakombinaatiot eli minimikatkosjoukot johtavat epäsuotuisaan lopputilaan eli ”ison vikapuun” huipputapahtuman (”sydänvaurio”)

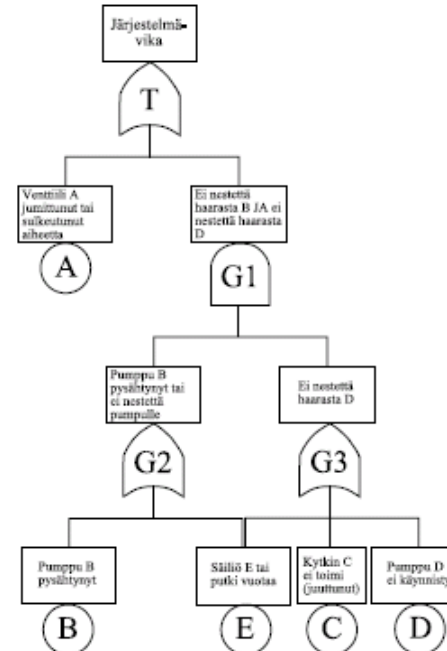
Vikapuuesimerkki



- Tehtävä: pumpata säiliöstä E nestettä yhdellä pumpuista B ja D venttiilin A kautta säätäen
- Järjestelmä vikautuu, jos nestettä ei tule venttiilin A läpi kummankaan pumppulinjan kautta
- Perustilat: Venttiili A on normaalisti auki, pumppu B käynnissä, vaihtokytkin C syöttää sähköä B:lle, pumppu D on pysähdyksissä, ja säiliö E on täynnä

Vikapuun rakenne

- Porttien yhtälöt:
 - $G2 = B + E$
 - $G3 = E + C + D$
 - $G1 = G2 \cdot G3$
 - $TOP = A + G1$



Vikapuun ratkaiseminen

$$\text{TOP} = A + G$$

$$= A + G_2 \cdot G_3$$

$$= A + (B + E) \cdot (E + C + D)$$

$$= A + B \cdot E + B \cdot C + B \cdot D + E \cdot E + E \cdot C + E \cdot D$$

$$= A + E + B \cdot C + B \cdot D$$

- **minimikatkosjoukkoesitysmuoto**

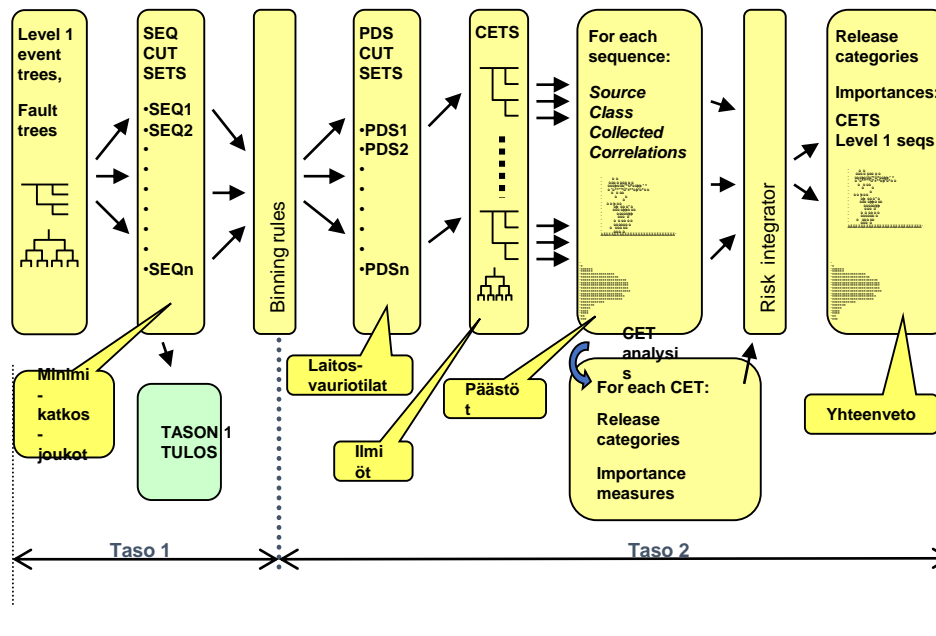
Vikapuun kvantifioiminen

- Ratkaistaan minimikatkosjoukot
- Perustapahtumat oletetaan toisistaan riippumattomiksi satunnaismuuttujiksi
- Laskettaessa keskimääräistä epäkäytettävyyttä lasketaan perustapahtumien keskimääräinen epäkäytettävyys luotettavuusmalleista
- Minimikatkosjoukon todennäköisyys on perustapahtumien todennäköisyyksien tulo
- TOP-tapahtuman todennäköisyys on minimikatkosjoukkojen todennäköisyyksien summa (S1-summa –approksimaatio)

Tärkeysmitat

- Tavoitteena kuvata luotettavuusmallin (vikapuun) komponenttien (perustapahtumien) suhteellinen tärkeys
- Suhteelliset mitat ovat vähemmän herkkiä kuin absoluuttiset mitat
- Perustuvat ehdollisen todennäköisyyden käyttöön
- Yleisimmät tärkeysmitat:
 - riskinnousukerroin $A = \frac{p(TOP=1|X=1)}{P(TOP=1)}$
paljonko TOP-tapahtuman todennäköisyys kasvaa, jos perustapahtuma on totta
= paljonko systeemin epäkäytettävyys (riski) kasvaa, jos komponentti vikaantuu
 - suhteellinen riskiosuus $C = 1 - \frac{p(TOP=1|X=0)}{P(TOP=1)}$
paljonko TOP-tapahtuman todennäköisyys pienenee, jos perustapahtuma on epätosi
= paljonko systeemin epäkäytettävyys (riski) pienenee, jos komponentti ei voi vikaantua

PRA tietoteknisenä ongelmana



FinPSA:n historiaa



- STUKin kehittämä ohjelma
 - 1980 - RELVEC reliability analysis tool developed
 - VTT, new algorithm based on path net, used in OL1/2 PSA
 - 1988 - Development of SPSA started
 - 1991 - SPSA level 1 taken in use
 - OL1/2 PSA & LO Fire PSA
 - 1993 - Level 2 part of SPSA taken into trial use
 - Dynamic containment event trees, integrated levels 1&2
 - 1995 - Two level 2 pilot studies with SPSA
 - Dynamic modelling tested and verified
 - 1997 - TVO level 2 PSA made by SPSA
- 2000 - Development of FinPSA begins
 - “Windows”-ohjelma
 - tason 1 PRA-työkalu versio (tapahtumapuu-vikapuulaskenta)
- 2012 VTT alkaa ylläpitää ja kehittää FinPSA:ta
- 2016 tason 2 työkalusta “FinPSA”-versio
 - myös demoversio julkiseksi

FinPSA:n asennus

- <https://www.simulationstore.com/node/16/help>

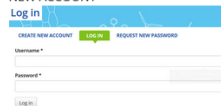
Step 1. Login to simulation store or create a new account

1. Select "LOG IN"

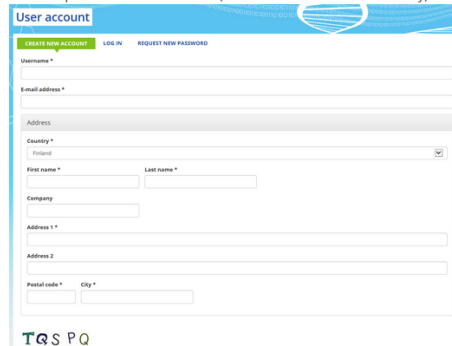


2. If you already have an account give your username and password and press "Log In" and go directly to "Step 2. Download FinPSA demo version", else select "CREATE

NEW ACCOUNT"



3. Fill the required account information (fields marked with * are mandatory) and press "Create new account".



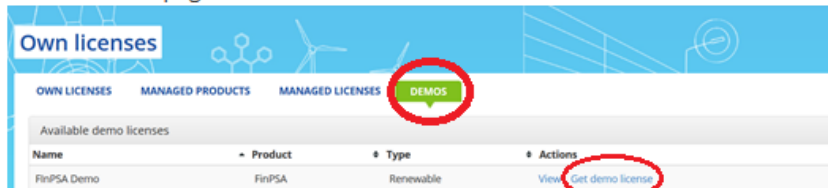
FinPSA download

Step 2. Download FinPSA demo version

1. Select "LICENSES"

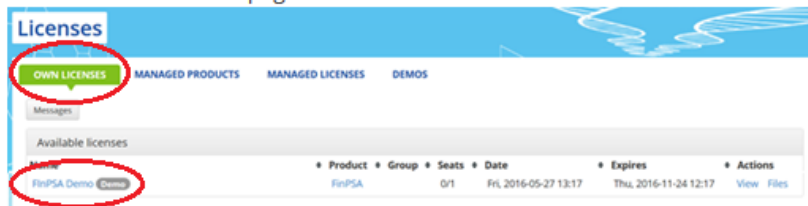


2. Go to "Demos" page and select "Get demo license"

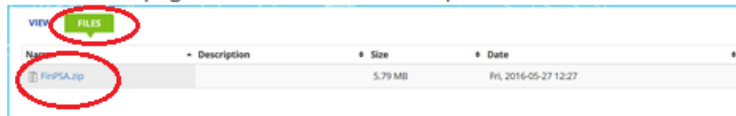


3. Read and accept FinPSA demo license terms

4. Go to "OWN LICENSES" page and select FinPSA Demo



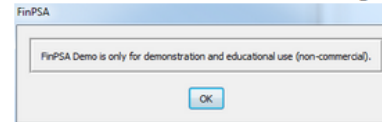
5. Go to "FILES" page and download FinPSA.zip



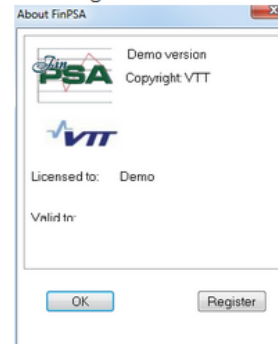
FinPSA installation and activation

Step 3. Installation and activation

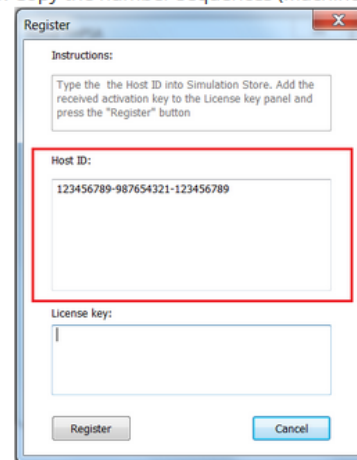
1. Unzip FinPSA to some folder location
2. Start FinPSA by double-clicking FinPSA.exe
3. Press OK-button in FinPSA notice dialog



4. Press Register-button in About FinPSA dialog



5. Copy the number sequences (Machine ID) shown in the Host ID panel from Register dialog



FinPSA activate license

Step 4: Activate license

1. Create a new device using 'Add device' at the bottom of the 'Devices' table in Own Licenses view:

OWN LICENSES MANAGED PRODUCTS MANAGED LICENSES DEMOS

Messages

Available licenses

| Name | Product | Group | Seats | Date | Expires | Actions |
|-------------|---------|-------|-----------------------|-----------------------|------------|---------|
| FinPSA Demo | FinPSA | Q1 | Fri, 2016-05-27 13:17 | Thu, 2016-11-24 12:17 | View Files | |

Assigned licenses

| Device | Product | License | Date | Actions |
|-------------------------------------|---------|---------|------|---------|
| There are no assigned licenses yet. | | | | |

Devices

| Name | Machine ID | Actions |
|------------|------------|---------|
| Add Device | | |

2. Use the copied Machine ID, and give the device a meaningful name so that you can identify it later

Add device ×

Name *

Machine ID *

✓ Save device

3. Save the device and the site shows the new device in 'Own Licenses' view.

FinPSA activate license, 2

4. Use assign license action either from the new device (a) or FinPSA license (b):

1. If you started with the device, select FinPSA demo license:
2. If you started with the license, select the created device:

The screenshot shows the FinPSA interface. At the top, there are two tabs: 'FinPSA Demo (Demo)' and 'FinPSA'. Below the tabs, there are two main sections: 'Assigned licenses' and 'Devices'. The 'Assigned licenses' section is currently empty, with the text 'There are no assigned licenses yet.' The 'Devices' section contains one device, 'DemoMachine', with a 'Machine ID' of '123456789-987654321-123456789'. A context menu is open over the 'DemoMachine' device, showing options: 'View', 'Edit', 'Assign license', and 'Remove'. A callout box 'A' points to the 'Assign license' option. Another callout box 'B' points to the 'Assign license' option in the context menu of the 'FinPSA Demo' license.

5. Use the 'Get license file' to download the license file.

The screenshot shows the 'MachineEPSV' dialog box. It has a title bar 'MachineEPSV' and a close button 'X'. Below the title bar, there are four buttons: 'VIEW', 'EDIT', 'ASSIGN LICENSE', and 'REMOVE'. The 'ASSIGN LICENSE' button is highlighted in green. Below the buttons, there are two dropdown menus: 'Name' and 'Product'. The 'Name' dropdown is set to 'FinPSA Demo' and the 'Product' dropdown is set to 'FinPSA'. Below the dropdowns, there is an 'Assign license' button.

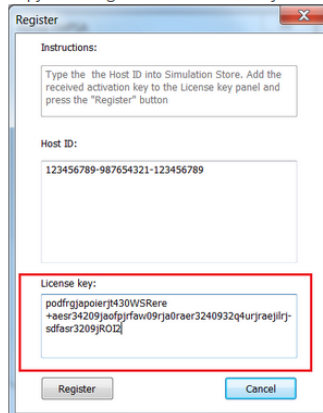
| Assigned licenses | | | | |
|-------------------|---------|-------------------------|----------------------------------|--|
| Device | Product | License | Date | Actions |
| DemoMachine | FinPSA | FinPSA Demo Demo | Tue, 2016-08-23 11:59 New | Get license file Remove |

6. Accept license terms and download the file.

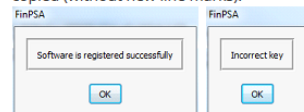
Activate FinPSA

Step 5: Activate FinPSA

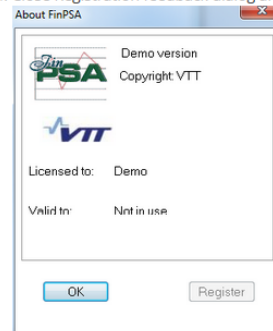
1. Open the downloaded license file
2. Copy the string under into License key field in Register dialog.



3. Press Register-button to start FinPSA use. Successful or failed registration feedback dialog is shown. In the failure case, check that license key has correctly been copied (without new line marks).

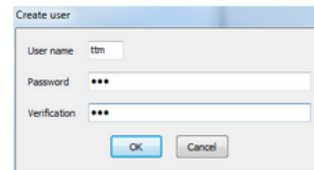


4. Close Registration feedback dialog and then About FinPSA dialog by pressing OK button



Activate FinPSA, 2

5. Create a new user account. User and company passwords are used for access rights to FinPSA models



Create user

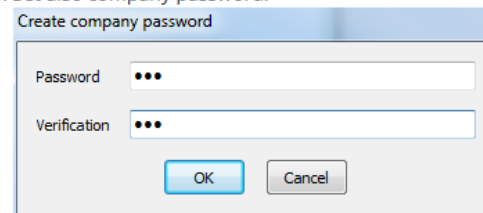
User name ttm

Password ●●●

Verification ●●●

OK Cancel

6. Set also company password.



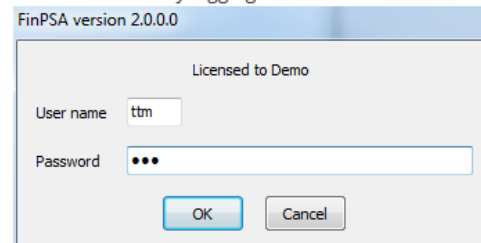
Create company password

Password ●●●

Verification ●●●

OK Cancel

7. Start FinPSA use by logging in with the created user account.



FinPSA version 2.0.0.0

Licensed to Demo

User name ttm

Password ●●●

OK Cancel

FinPSA:n käsitteitä

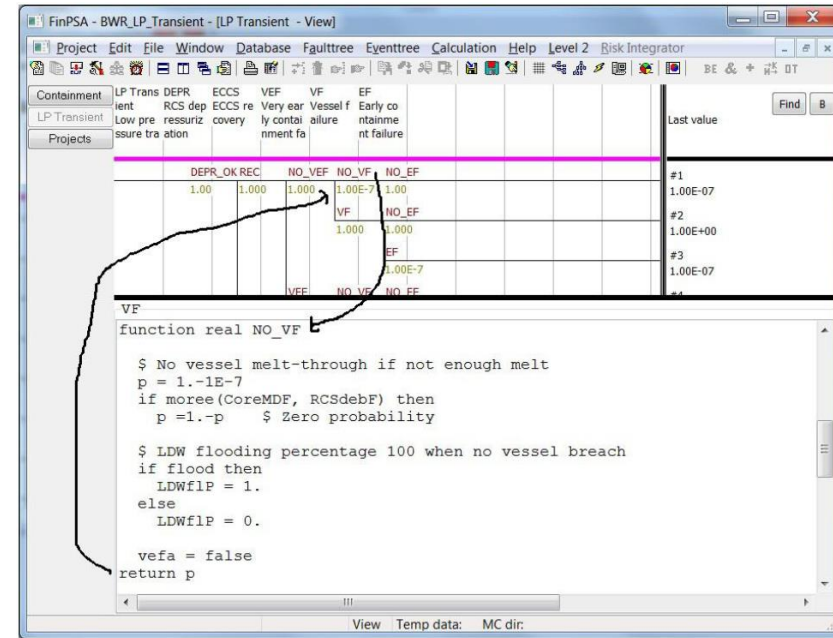
- Project
 - malli
 - local project
 - shared project
 - back-up
- Database
 - malli on tietokanta
 - toisiinsa linkitettyjä objektilistoja, esim. perustapahtumat
- Fault tree
 - vikapuut rakennetaan modulaarisesti
 - koostuu porteista ja perustapahtumista
 - moduuli = vikapuun sivu
 - moduulit linkitetään toisiinsa
 - » linkit vain yhteen suuntaan
 - » linkki viittaa "sivun" ylimpään porttiin
 - vikapuun voi ratkaista erikseen, mutta PRA:n sovelluksissa vikapuut yleensä kytketään tapahtumapuihin ja mallin ratkaiseminen tehdään tapahtumapuu tasolla
 - on olemassa erilaisia menetelmiä modifioida vikapuuta laskentavaiheessa, jolloin se malli mikä näkyy graafisesti ei ole täsmälleen se mikä ratkaistaan

FinPSA:n käsitteitä 2

- Event tree
 - päärakenteet
 - » alkutapahtuma
 - » lohkot eli tapahtumaketjujen haarautumiskohdat
 - » tapahtumaketjut
 - » tapahtumaketjujen lopputilat
 - alkutapahtuma kytketään tai perustapahtumaan (tai vikapuuhun)
 - lohko kytketään johonkin vikapuuhun (tai perustapahtumaan)
 - periaatteessa tapahtumapuut voidaan kytkeä toisiinsa, jolloin tietyn ketjun seuraus voi olla toisen tapahtumapuun alkutapahtuma
 - erilaisia ratkaisutasoja
 - » yksittäinen tapahtumaketju
 - » tietty seuraus
 - » kaikki seuraukset
- Calculation
 - minimikatkosjoukkojen, tärkeysmittojen ja epävarmuusjakaumien laskenta
 - laskentatehtävän valinta
 - laskenta-asetusten valinta
 - laskenta-tehtävän suoritus
 - minimikatkosjoukkojen jälkikäsitteily
 - tulosten tarkastelu

FinPSA:n käsitteitä 3

- Level 2
 - erillinen moduuli ns. dynaamisten tapahtumapuiden tekemiseen
 - CET = containment event tree
 - Tarkoituksena on laskea seurausten todennäköisyysjakauma eikä pelkästään eri seurausluokkien taajuudet kuten tasolla 1
 - Ei käytetä vikapuita vaan tapahtumapuiden lohkoihin laskentasäännöt koodina
 - Ratkaistaan Monte Carlolla tai pistetodennäköisyyksinä
 - Voidaan käyttää itsenäisesti tai kytkeä tason 1 malliin

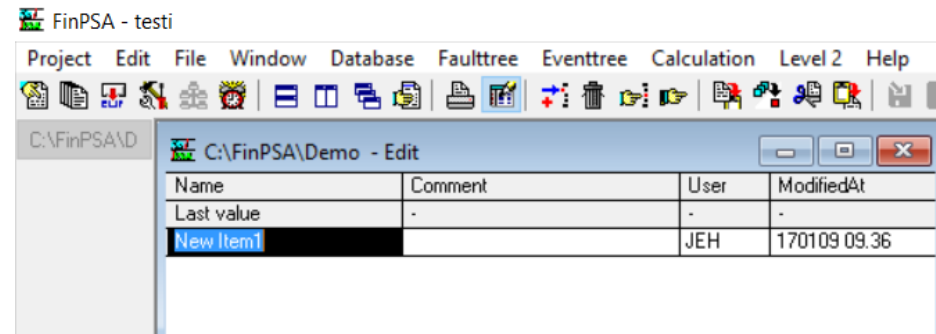


FinPSA:n käsitteitä 4

- Level 1 and 2 interface
 - Tason 1 ja 2 puut voidaan kytkeä toisiinsa "Interface" - tapahtumapuiden avulla
 - samanlaisia kuin tason 1 puut paitsi että alkutapahtumat on korvattu minimikatkosjoukoilla
 - » minimikatkosjoukot tulevat valituista tason 1 puiden ketjuista
 - Tarkoituksena on luokitella tason 1 ketjut vielä tarkemmin tason 2 laskentaa varten
 - Interface-puiden seuraukset voidaan kytkeä tason 2 puihin

Projektin luominen

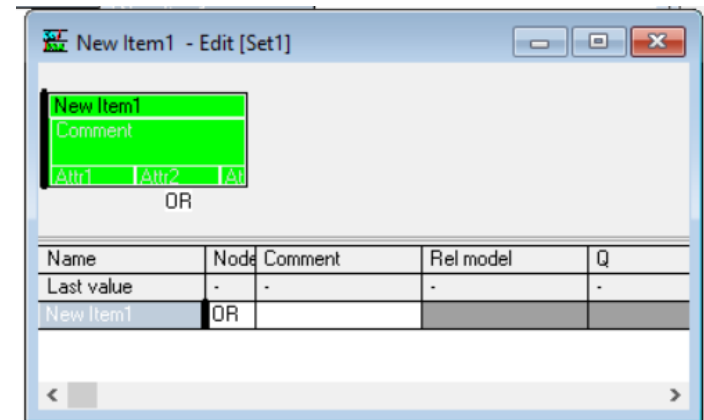
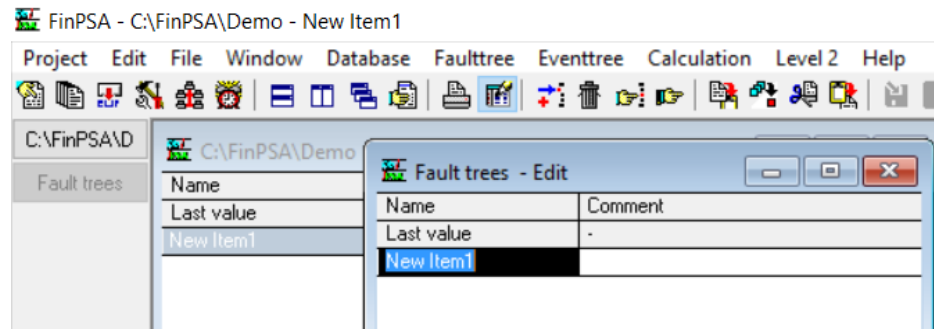
- Valikko Project
- ”Show local projects” tai ”Show shared projects”
- <ctrl-e> muuttaa edit-moodiin
- <Ins> lue uuden tietueen



- Jos halutaan käyttää jotain vanhaa mallia lähtökohtana, se saadaan haettua komennolla Project/Project backup/Restore backup to active project
 - tarkkana että oikea projekti on ”active”

Vikapuun tekeminen

- Valikosta Faulttree/Show fault tree list
- Luodaan uusi tietue samalla periaatteella



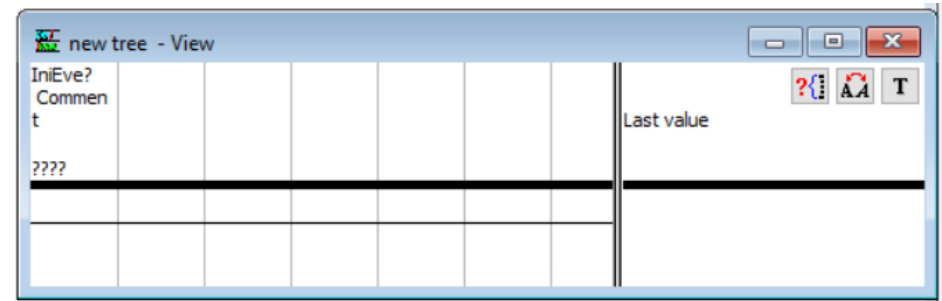
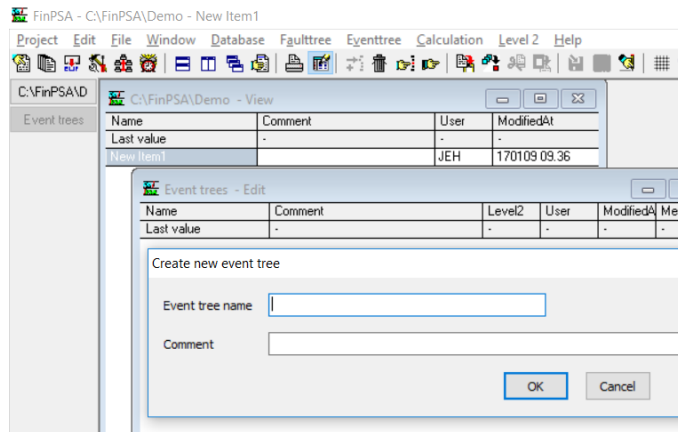
- Vikapuu aukeaa tuplaklikkauksella
- <ctrl-e> edit-moodiin

Vikapuun näkymä

- Kolme zoomia, jotka vaihtuvat komennolla <Z>
- Erikseen määriteltävä mitä tietoja haluaa näkyvän vikapuiden porttien ja perustapahtumien kentissä
 - oletuksena ei näy mitään
 - hieman työlästä määritellä näkymät
 - kun vikapuu on auki <right-click> komennolla saa auki valikon, jossa on
 - » Design fields for gates
 - » Design fields for basic events
 - toisaalta nämä asetustiedostot voi kopioida muualta, jos jostain saatavilla

Tapahtumapuun tekeminen

- Valikosta Eventtree/Show fault tree list
- Luodaan uusi tietue ”create new event tree”



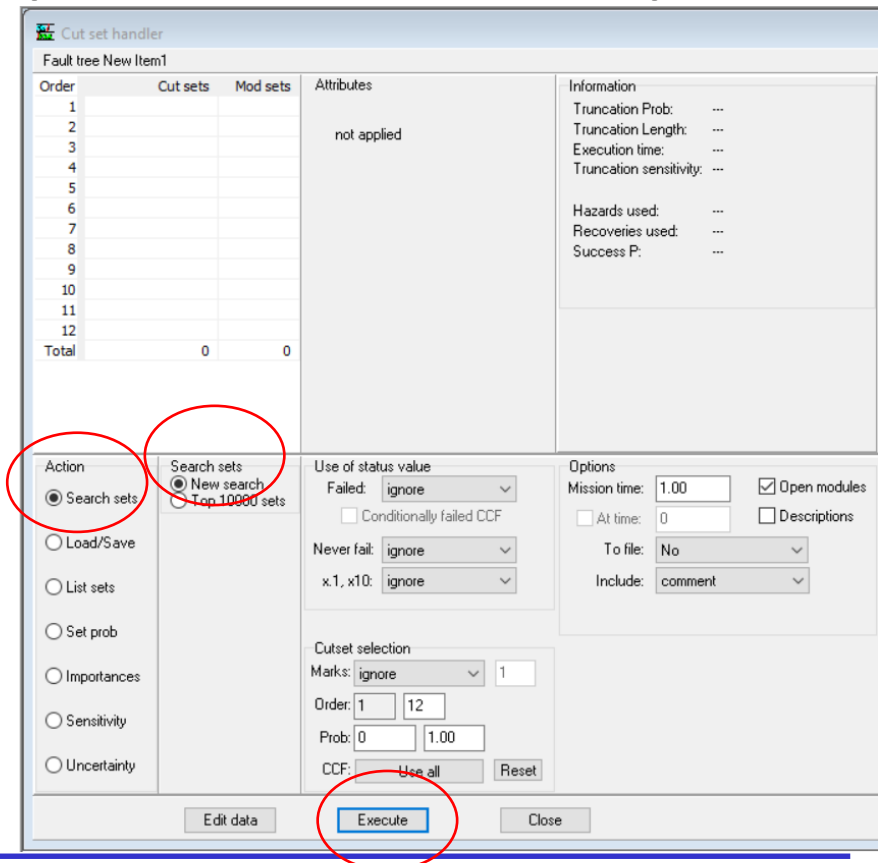
- Tapahtumapuu aukeaa tuplaklikkauksella
- <ctrl-e> edit-moodiin

Perustapahtumilla operointi

- Database/Data records
- Samassa listassa on portit että perustapahtumat
- Näitä voi luoda/editoida sekä vikapuita tehtäessä tai tässä listassa
- Kolme näyttötilaa, jossa näkyy eri sarakkeet

Vikapuulaskenta

- Faulttree/Cut set handler <F2>
- Kohdistuu valittuun vikapuusivuun (sen top-tapahtuma)
- Avaa dialogi-ikkunan



Minimikatkosjoukkojen haku

- Hakuprosessi näkyy omassa ikkunassa
- Kun se on valmis, näkyy erinäisiä tietoja laskennasta ja "Close" nappula ilmestyy

The screenshot shows the 'MCS search' window with the following data:

Messages

- Load tree
- Tree size: 387
- Apply attributes
- Tree size: 387
- Merge
- Tree size: 253
- Create CCF events
- Tree size: 420
- Merge
- Tree size: 283
- Truncate
- Tree size: 283
- Search modules
- Optimize
- Tree size: 222
- Search modules
- Tree size: 219

Unsolved module sets

| Order | Amount |
|-------|--------|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |
| 11 | |
| 12 | |
| 13 | |

Information

Fault tree EPW10-01

Truncation Prob: 1.00E-12

Truncation length: 12

Attributes

Mincut search data

Loops: 0

Task: completed

Count:

Cache hit ratio: 99.3%

Look ahead ratio: 63.1%

Discard ratio: 0.0%

Deep refs:

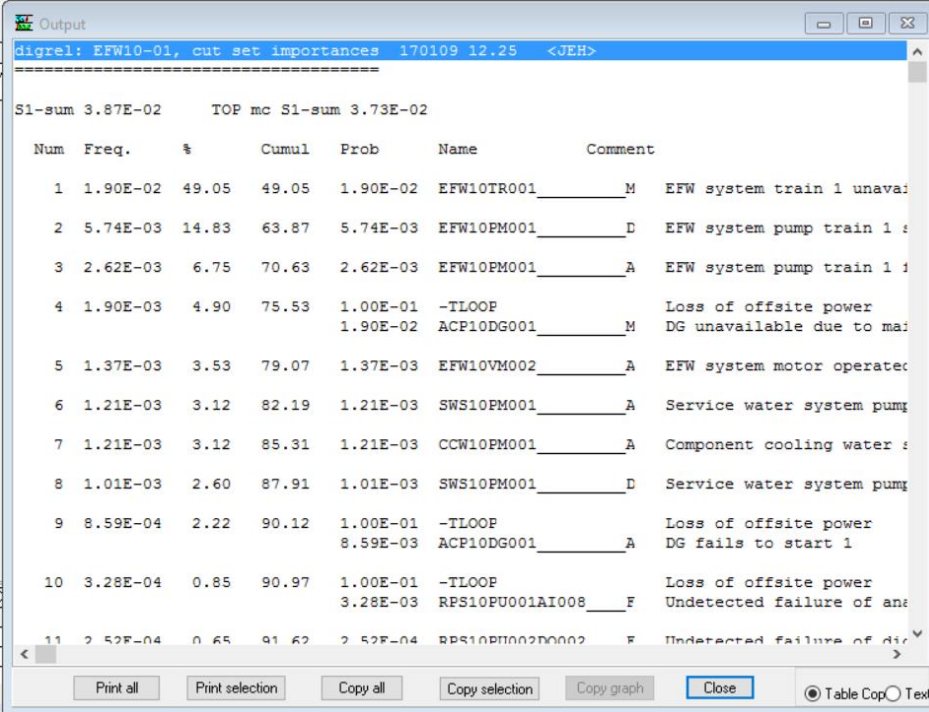
Solved minimal cut sets

| Order | Min cut sets | Mod cut sets | Frequency |
|-------|--------------|--------------|-----------|
| 1 | 39 | 4 | 3.53E-02 |
| 2 | 154 | 81 | 3.39E-03 |
| 3 | 579 | 357 | 2.56E-07 |
| 4 | 113 | 113 | 3.58E-08 |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |
| 11 | | | |
| 12 | | | |
| Total | 885 | 555 | 3.87E-02 |

Close

Tulosten tarkastelu

- Minimikatkosjoukot: Importances/cut set
- Perustapahtumat: Importances/basic event/...
- Tulokset avautuvat "Output" -ikkunaan

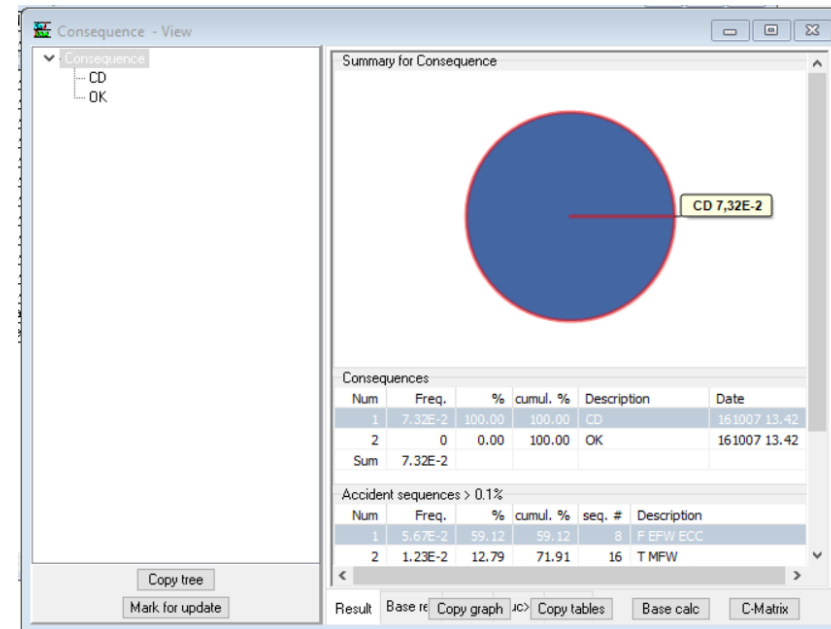


The screenshot shows a window titled "Output" with a header bar containing the text "digrel: EFW10-01, cut set importances 170109 12.25 <JEH>". The main content is a table with columns: Num, Freq., %, Cumul, Prob, Name, and Comment. The table lists 11 events with their respective frequencies and probabilities. The bottom of the window has a toolbar with buttons for "Print all", "Print selection", "Copy all", "Copy selection", "Copy graph", and "Close".

| Num | Freq. | % | Cumul | Prob | Name | Comment |
|-----|----------|-------|-------|----------|----------------------|---------------------------|
| 1 | 1.90E-02 | 49.05 | 49.05 | 1.90E-02 | EFW10TR001_____M | EFW system train 1 unava |
| 2 | 5.74E-03 | 14.83 | 63.87 | 5.74E-03 | EFW10PM001_____D | EFW system pump train 1 s |
| 3 | 2.62E-03 | 6.75 | 70.63 | 2.62E-03 | EFW10PM001_____A | EFW system pump train 1 s |
| 4 | 1.90E-03 | 4.90 | 75.53 | 1.00E-01 | -TLOOP | Loss of offsite power |
| | | | | 1.90E-02 | ACP10DG001_____M | DG unavailable due to ma |
| 5 | 1.37E-03 | 3.53 | 79.07 | 1.37E-03 | EFW10VM002_____A | EFW system motor operate |
| 6 | 1.21E-03 | 3.12 | 82.19 | 1.21E-03 | SWS10PM001_____A | Service water system pump |
| 7 | 1.21E-03 | 3.12 | 85.31 | 1.21E-03 | CCW10PM001_____A | Component cooling water s |
| 8 | 1.01E-03 | 2.60 | 87.91 | 1.01E-03 | SWS10PM001_____D | Service water system pump |
| 9 | 8.59E-04 | 2.22 | 90.12 | 1.00E-01 | -TLOOP | Loss of offsite power |
| | | | | 8.59E-03 | ACP10DG001_____A | DG fails to start 1 |
| 10 | 3.28E-04 | 0.85 | 90.97 | 1.00E-01 | -TLOOP | Loss of offsite power |
| | | | | 3.28E-03 | RPS10PU001AI008____F | Undetected failure of ana |
| 11 | 2.52E-04 | 0.65 | 91.62 | 2.52E-04 | RPS10PU002D0002____F | Undetected failure of dig |

Tapahtumapuulaskenta

- Yleisempi tapa PRA:n yhteydessä kuin vikapuulaskenta
- Event tree/cut set
 - Mark PSA model for updating
 - » määritellään, miltä osin malli ratkaistaan
 - Start updating
 - » laskennan käynnistys
- Database/Consequence
 - tulosten analysointi
 - taulukoita, graafeja, cut set handler

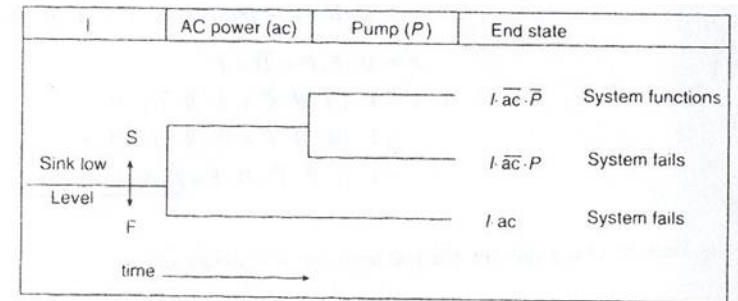


Hyödyllisiä tietokantaoperaatioita

- Import/export
 - useimmat tietokantataulukot voidaan siirtää clipboardin kautta Exceliin ja päinvastoin
 - Mahdollistaa tietojen käsittelyn Excelissä
 - desimaalipiste/pilkku
 - kannattaa välttää nimissä merkkejä, jotka voivat aiheuttaa ongelmia Excelissä (-, *, ?)
 - jopa vikapuutkin voi rakentaa tekstieditorilla ja importoida FinPSA:han
 - kaikki tulostaulukot ja kuvat voi kopioida muualle clipboardin kautta
- Haku
 - haku nimifiltterin avulla
 - missä vikapuissa tietty tapahtuma esiintyy
 - missä tapahtumapuissa tietty vikapuu on
 - perustapahtumajoukosta voidaan merkitä tietyn kriteerin täyttävät tapahtumat
- Siivous
 - turhien perustapahtumien tunnistus (ei käytetä missään vikapuussa)
 - turhien vikapuiden tunnistus (ei käytetä missään tapahtumapuussa)

Esimerkki 1 – pumppujärjestelmä

- (luento 4)



- Järjestelmä ei toimi

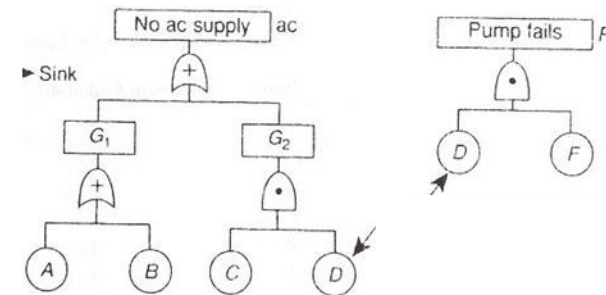
$$I \cdot \bar{ac} \cdot P \text{ ja } I \cdot ac$$

- Vikapuista saadaan

$$ac = G_1 + G_2 = (A + B) + (C \cdot D) = A + B + C \cdot D$$

$$\bar{ac} = \overline{A + B + C \cdot D} = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot (\bar{C} + \bar{D}) = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{D}$$

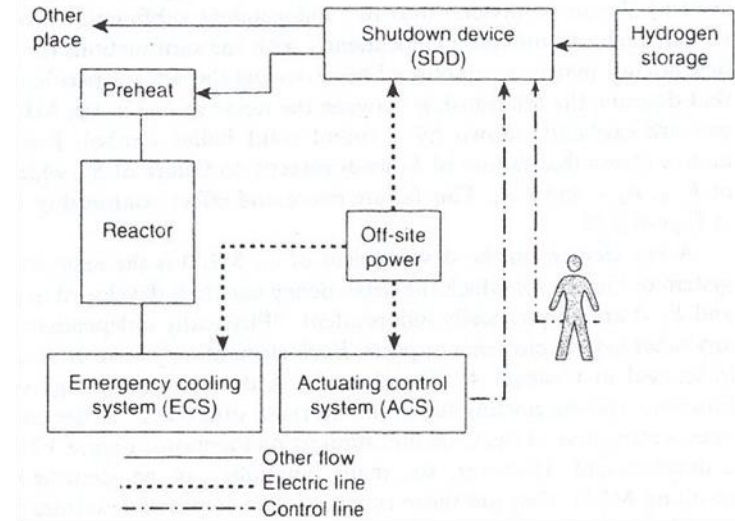
$$P = D \cdot F, \bar{P} = \bar{D} + \bar{F}$$



- $P(T) = P(I) \times 0.02136$

Esimerkki 2 – vetyreaktorijärjestelmä

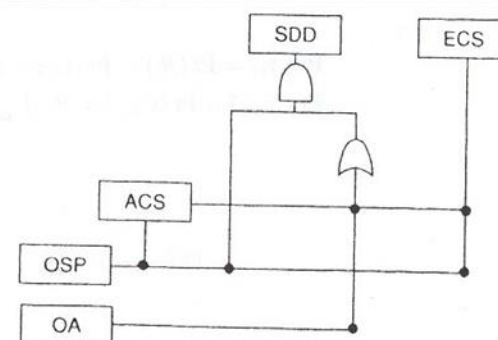
- (luento 4)



Failure Contributions from Failure of One and Two Units

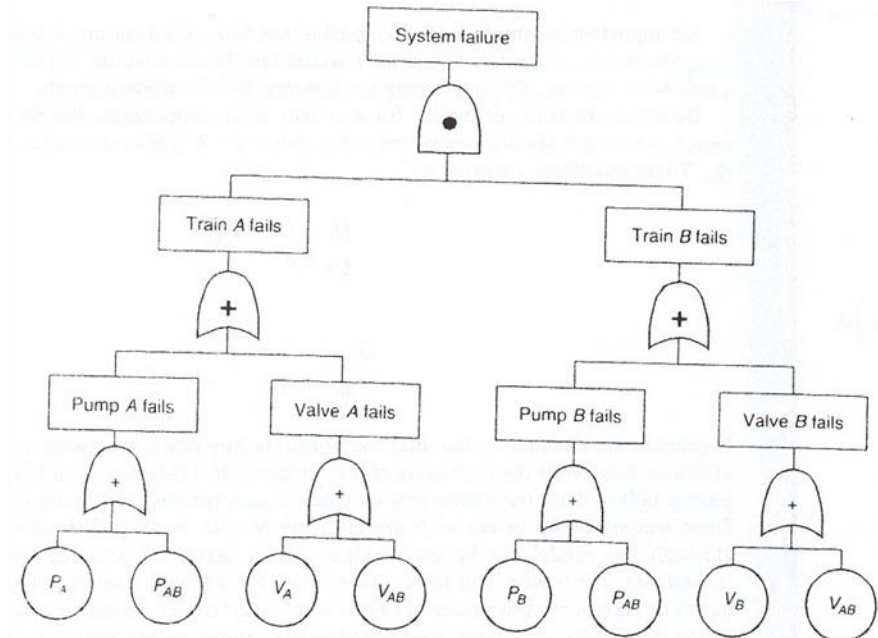
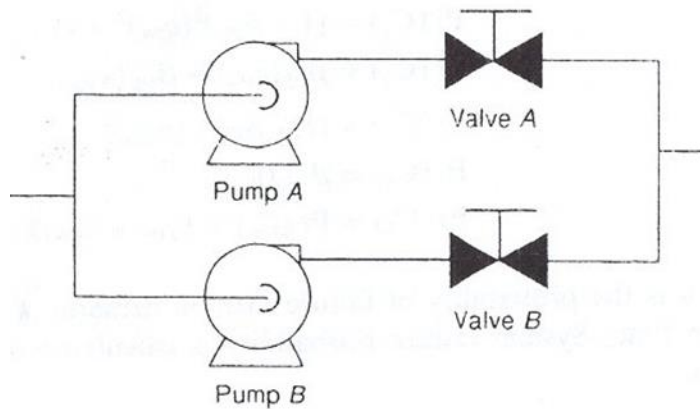
| Combination No. | Units Failed | Probability* | Contribution to Total Failure Prob. (%) |
|-----------------|-------------------|-----------------------|---|
| 1 | OSP | 1.97×10^{-2} | 98.69 |
| 2 | ECS, SDD | 9.69×10^{-7} | 0.00 |
| 3 | ECS, OSP | 1.98×10^{-5} | 0.10 |
| 4 | SDD, ACS | 9.96×10^{-7} | 0.00 |
| 5 | SDD, OSP | 1.98×10^{-5} | 0.10 |
| 6 | ACS, OSP | 1.98×10^{-5} | 0.10 |
| 7 | OSP, OA | 1.99×10^{-4} | 1.00 |
| 8 | Sum of all others | 2.60×10^{-7} | 0.01 |

* Includes probability of success of elements not affected.



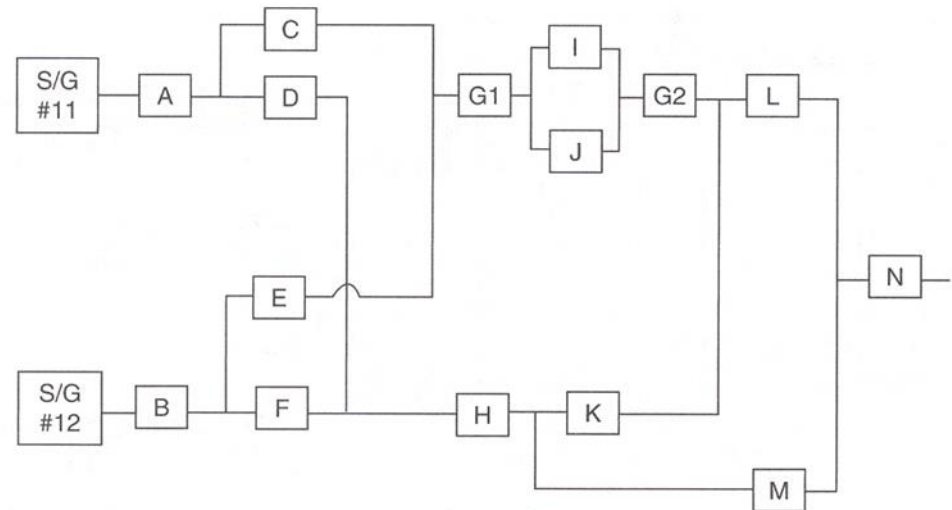
Esimerkki 3 - jäähdytysjärjestelmä

- (luento 5)



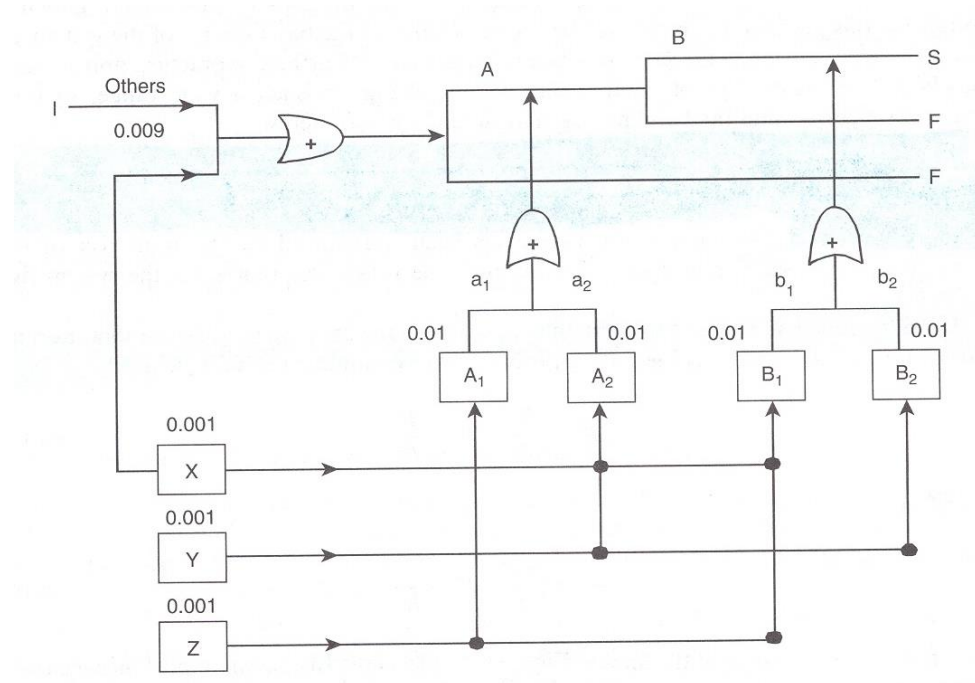
Esimerkki 4 - vedensyöttöjärjestelmä

- (luento 7)



Esimerkki 5

- (luento 7)



Esimerkki 6 - Kiehumusvesireaktori

