



System ekspercki generowania scenariuszy awaryjnych w zakładach dużego ryzyka

Adam S. Markowski, Henryk Pawlak, Marek Pietrzykowski, Romuald Żyła

Politechnika Łódzka
Katedra Inżynierii Bezpieczeństwa Pracy

Łódź, 18. 09. 2012





System ekspercki generowania scenariuszy awaryjnych



Na podstawie przepisów prawa na terenie Unii Europejskiej istnieje, nałożony na pracodawców, prawny obowiązek zapobiegania poważnym awariom i ograniczania ich skutków



Pożary i/lub wybuchy



Poważne awarie



Straty



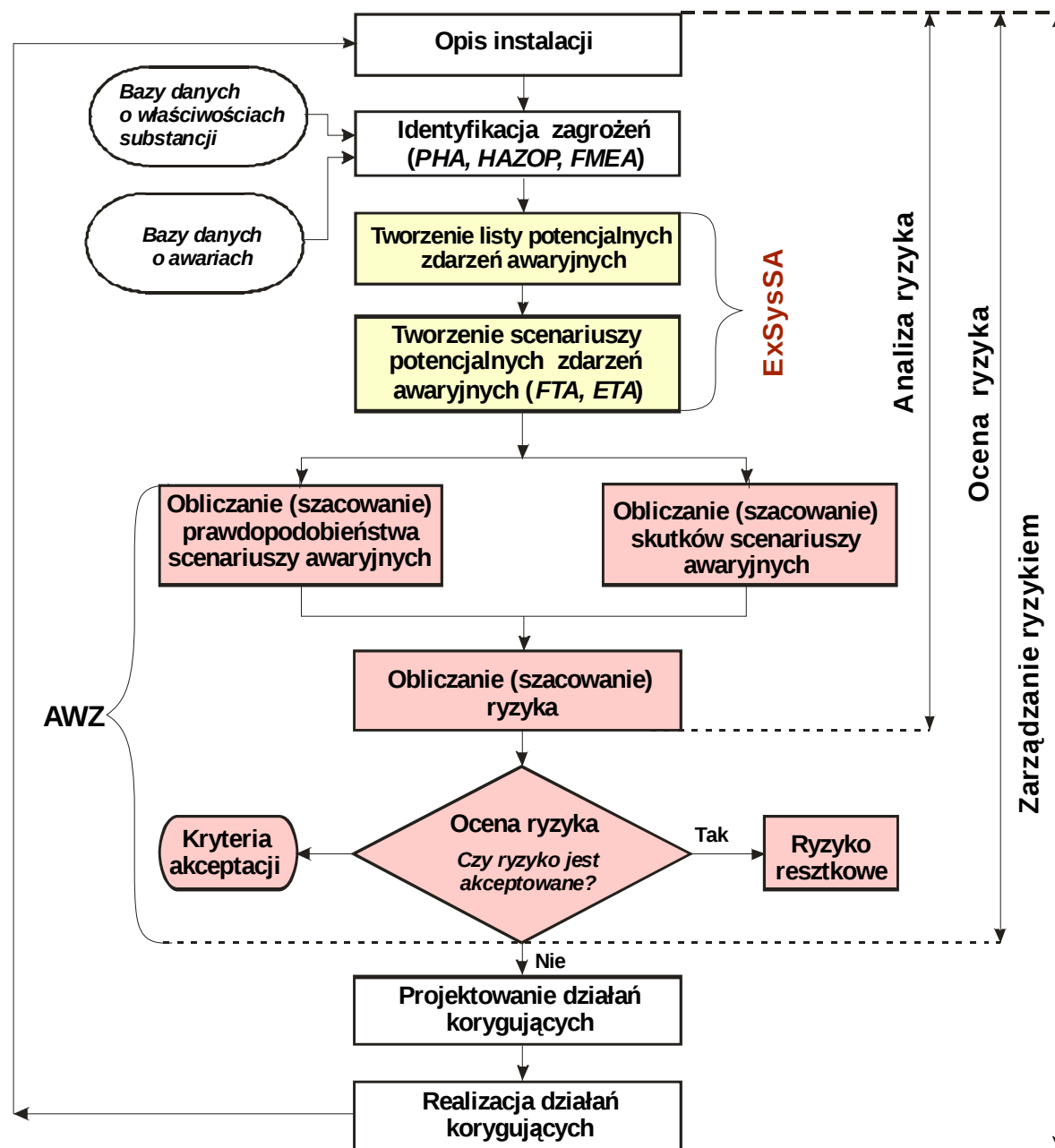
Skażenia toksyczne

Działania te powinny być poprzedzone analizą i oceną ryzyka



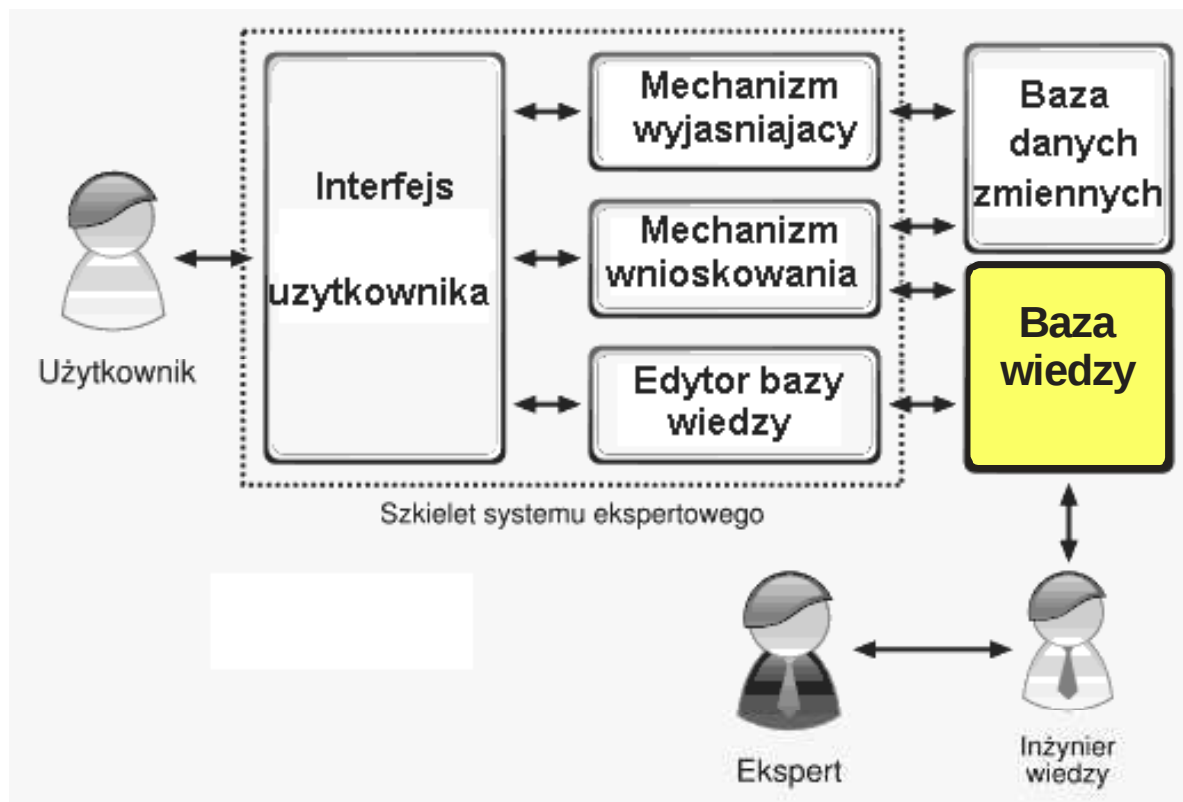


Analiza i ocena ryzyka





Typowa struktura szkieletowego systemu eksperckiego



Użytkownik przy wykorzystaniu dedykowanego systemu eksperckiego powinien opracować reprezentatywny zestaw scenariuszy awaryjnych charakterystyczny dla konkretnej instalacji procesowej.



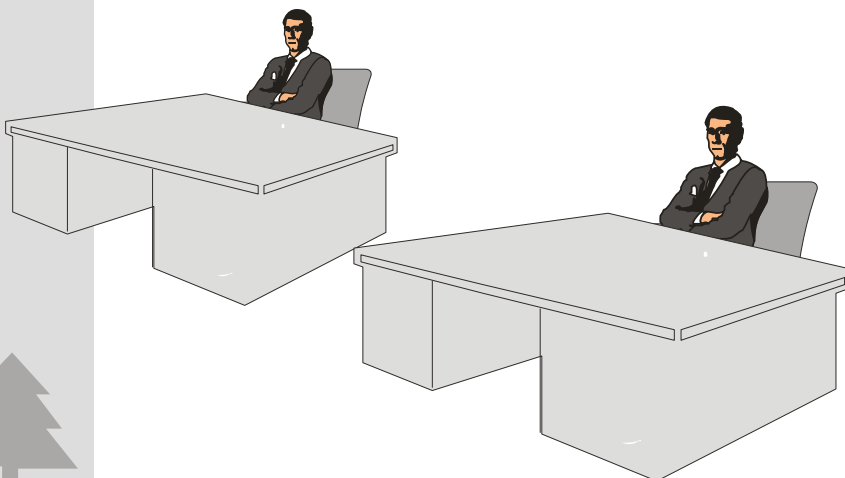
Baza wiedzy

Dane historyczne o awariach

Baza wiedzy

Inżynier
wiedzy

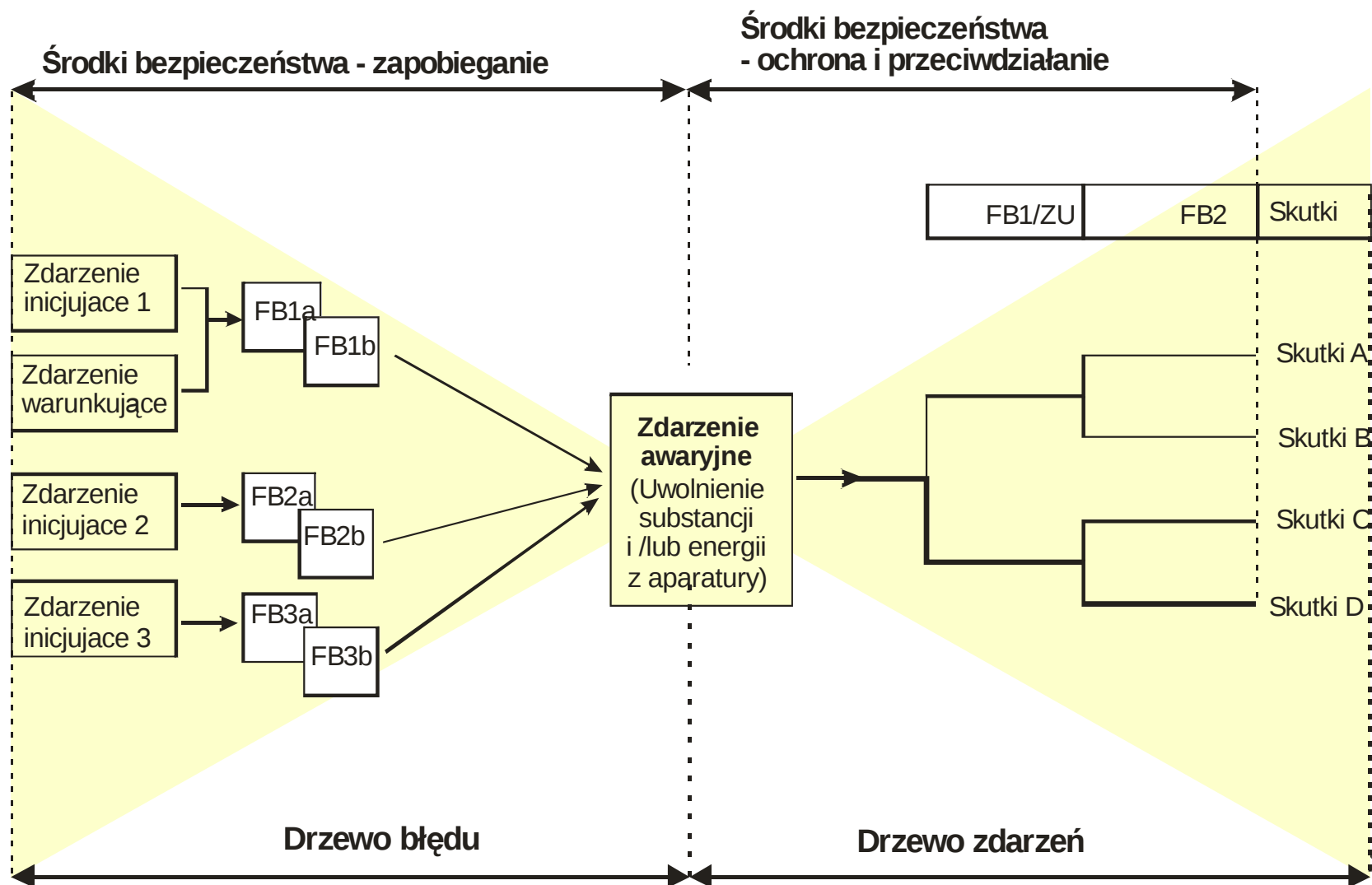
Wiedza ekspertów



Nazwa bazy danych	Pochodzenie
BARPI (Bureau for Risk and Industrial Pollution Analysis)	OECD
MARS Major Accident Reporting Systems (Community Documentation Centre on Industrial Risk) (MARS)	Unia Europejska
Office of Foreign Disaster Assistance Database (OFDA)	USA
Resources for the Future (RFF)	USA
Acute Hazardous Events Database (AHS)	USA
Minerals Management Service Accident Database (MMSAD)	USA
Major Hazards Incidence Data Service (MHIDAS)	Wielka Brytania
Casualty and Demolition Database (Lloyd's)	Wielka Brytania
MARCODE (HSE)	Wielka Brytania
Woad Offshore Data-Bank (WODB)	Norwegia
Disaster Data and OPLIS Database	Szwajcaria
Failure and Accidents Technical Information System (FACTS) (TNO)	Holandia
SONATA (TEMA/ENI)	Włochy
Accidents Book (UB)	Niemcy
Emergency Preparedness Canada Disaster Database (EPCDD)	Kanada
VARO (LRIOH)	Finlandia
Emergency Disaster Events Database (CRED/CUL)	Belgia
Inventory of Belgian Catastrophes (IBC)	Belgia
The Accident Database, IChemE	Wielka Brytania
Hazardous Substances Emergency Events Surveillance system (HSEES)	USA
National Response Center Incident Reporting Information System (IRIS)	USA



Struktura scenariusza awaryjnego



ZU - zdarzenia umożliwiające powstawanie skutków,

FB - funkcje bezpieczeństwa wypełniane przez istniejące środki bezpieczeństwa



Założenia:

- 1. Instalacje procesowe składają się z identycznych lub zbliżonych rozwiązań aparaturowych; można więc stosować klasyczną typologię procesów i aparatów dla różnych procesów technologicznych (kategoryzacja procesów i aparatów)**
- 2. Ogromna liczba stosowanych substancji chemicznych może być zaklasyfikowana do ograniczonej liczby kategorii substancji niebezpiecznych**
- 3. Instalacje procesowe dla potrzeb analitycznych są dzielone na węzły technologiczne**
- 4. Rozpatruje się scenariusze awaryjne, które wystąpią w węzłach lub procesach reprezentujących największy potencjał zagrożeń**
- 5. Bierze się pod uwagę typowe zagrożenia procesowe często powtarzające się w bazach danych**





Założenia (c.d.)

6. Środki bezpieczeństwa są dedykowane do specyficznych zagrożeń procesowych i mają wielowarstwową strukturę, jednakową w różnych operacji procesowych
7. Działanie każdego środka bezpieczeństwa jest sekwencyjne, szeregowo uruchamiane po wystąpieniu zdarzenia inicjującego lub niepowodzeniu w działaniu poprzedniego
8. Każdy środek bezpieczeństwa jest niezależny względem zdarzenia inicjującego oraz innych środków bezpieczeństwa
9. Proces wyboru scenariusza będzie wielostopniowy z wykorzystaniem tzw. matryc wyboru opartych o reguły logicznego wnioskowania typu: jeżeli X i Y wtedy Z



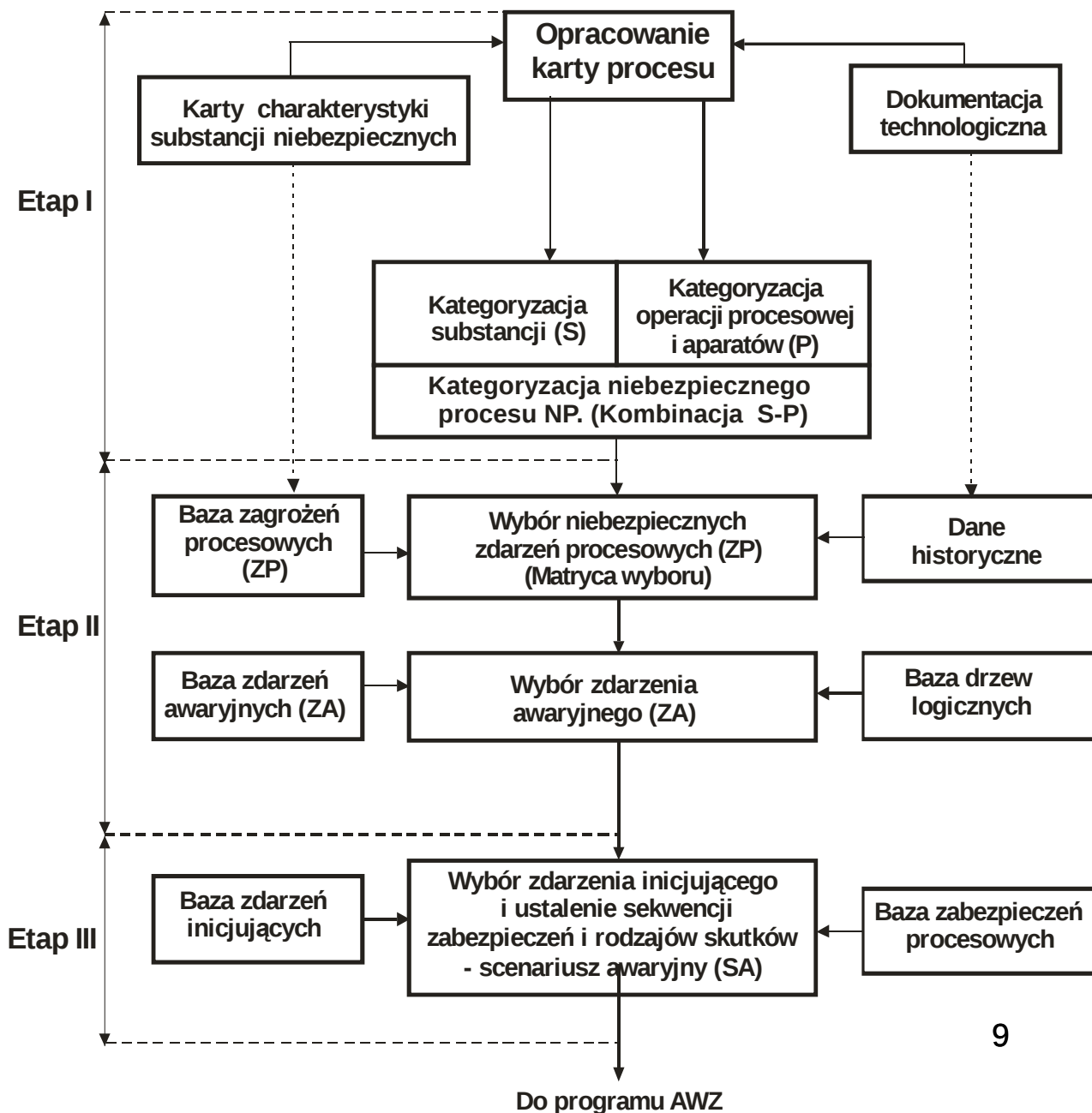


Metodyka systemu ExSysSA

Etap I - identyfikacja
niebezpiecznego
procesu

Etap II –wybór
zdarzenia
awaryjnego (ZA)

Etap III - określenie
scenariusza
awaryjnego (SA)





Metodyka systemu ExSysSA

Kategoryzacja substancji

Lp.	Kategoria substancji	Stan fizyczny	Klasy wg. klasyfikacji DSD i DPD
1.	Substancje toksyczne (S1)	1. Gaz	T+, T
		2. Ciecz	
		3. Gaz skroplony i ciecz przegrzana	
		4. Substancja stała	
2.	Substancje utleniające (S2)	1. Gaz	O
		2. Ciecz	
		3. Substancja stała	
3.	Substancje wybuchowe (S3)	1. Gaz	E
		2. Ciecz	
		3. Substancja stała	
4.	Substancje palne (S4)	1. Substancja gazowa	F+, F
		2. Substancja ciekła	
		3. Gaz skroplony i ciecz przegrzana	
		4. Substancja stała	
5	Substancje niebezpieczne dla środowiska (S5)	1. Gaz	N
		2. Ciecz	
		3. Substancja stała	
6.	Inne (np. gwałtownie reagujące z wodą) (S6)		R14, R29





Metodyka systemu ExSysSA

Kategoryzacja operacji/aparatury

Rodzaj operacji	Rodzaj aparatury
Operacje magazynowania (P1)	1. Zbiorniki atmosferyczne
	2. Zbiorniki ciśnieniowe
	3. Zbiorniki do magazynowania w stanie wychłodzonym
	4. Zbiorniki próżniowe
	5. Zbiorniki do ciał stałych – silosy i zasobniki
	6. Ruchome zbiorniki - cysterny drogowe i kolejowe
Operacje procesowe (P2)	1. Reaktory chemiczne i biochemiczne
	2. Wymienniki ciepła, wyparki, kotły, piece
	3. Aparaty kolumnowe: kolumny destylacyjne, absorbery, adsorbery, krystalizatory
	4. Urządzenia do operacji fizycznych: mieszalniki, blendery, rozdrabniacze, wirówki, filtry
Operacje rurociągowo (P3)	1. Rurociągi
	2. Wężę elastyczne
Operacje tłoczenia (P4)	1. Pompy
	2. Kompresory
Operacje pomocnicze (P5)	1. Pochodnie
	2. Elektryczne i parowe systemy ogrzewania
	3. Systemy odbioru i utylizacji ścieków i odgazów
	4. Systemy odbioru i składowania odpadów ciekłych i stałych



Metodyka systemu ExSysSA

Baza zagrożeń
procesowych

Kod zagrożenia	Zagrożenie procesowe	Typ aparatury
Z1	Przepelnienie	Zbiornik, kolumna, reaktor, mieszalnik, blender, cysterna
Z2	Nadciśnienie	Zbiornik, kolumna, reaktor, mieszalnik, blender, cysterna, rurociąg
Z3	Nadmierne ogrzewania	Zbiornik, kolumna, reaktor, wymiennik ciepła, wyparka, piec
Z4	Uszkodzenie mechaniczne	Wszystkie rodzaje aparatury
Z5	Awaria uszczelnienia	Pompa, kompresor, rurociąg
Z6	Awaria materiałowa (korozja)	Wszystkie rodzaje aparatury
Z7	Implozja	Zbiornik, kolumna, cysterna, reaktor, wyparka
Z8	Udar hydrauliczny	Rurociągi
Z9	Ekspansja termiczna	Rurociągi, wymienniki, kolumny, piece, wyparki
...	...	...
Z20	Zagrożenia naturalne	Wszystkie rodzaje aparatury



Metodyka systemu ExSysSA

Matryca wyboru niebezpiecznych zdarzeń procesowych

Kategoria substancji	Stan fizyczny	Operacje magazynowania						Operacje procesowe			
		Zbiorniki atmosferyczne (P1.1)	Zbiorniki ciśnieniowe (P1.1)	Zbiorniki do mag. w stanie wychłodz. (P1.3)	Zbiorniki próżniowe (P1.4)	Zbiorniki do ciał stałych (P1.5)	Ruchome zbiorniki - cysterny (P1.6)	Reaktory (P2.1)	Wymienniki ciepła, wyparki, kotły, piece (P2.2)	Aparaty kolumnowe (P2.3)	Urządzenia do operacji fizycznych: (P2.4)
Substancje toksyczne S1	1. Gaz		Z2, Z4, Z5, Z6, Z7, Z20				Z2, Z4, Z5, Z6, Z7, Z20	Z2, Z5, Z4, Z6, Z7, Z9, Z20	Z2, Z4, Z5, Z6, Z9, Z20	Z2, Z4, Z5, Z6, Z9, Z20	Z2, Z4, Z6, Z9, Z20
	2. Ciecz	Z1, Z2, Z5, Z4, Z6, Z7, Z20	Z1, Z2, Z5, Z4, Z6, Z7, Z20				Z1, Z2, Z5, Z4, Z6, Z7, Z20	Z1, Z2, Z4, Z5, Z6, Z7, Z20	Z2, Z4, Z5, Z6, Z7, Z20	Z1, Z2, Z4, Z5, Z6, Z7, Z20	Z2, Z4, Z5, Z6, Z20
	3. Gaz skroplony		Z1, Z2, Z5, Z4, Z6, Z7, Z20	Z1, Z2, Z5, Z4, Z6, Z7, Z20			Z1, Z2, Z5, Z4, Z6, Z7, Z20	Z1, Z2, Z5, Z4, Z6, Z7, Z20	Z2, Z5, Z4, Z6, Z20	Z1, Z2, Z5, Z4, Z6, Z7, Z20	Z2, Z4, Z5, Z6, Z20
	4. Ciało stałe										
Substancje utleniające S2	1. Gaz										
	2. Ciecz										
	3. Ciało stałe										

Niebezpieczne zdarzenie procesowe:

„Nadciśnienie w zbiorniku atmosferycznym podczas magazynowania ciekłej substancji toksycznej”

Analogiczna matryca dla pozostałych rodzajów operacji



Metodyka systemu ExSysSA

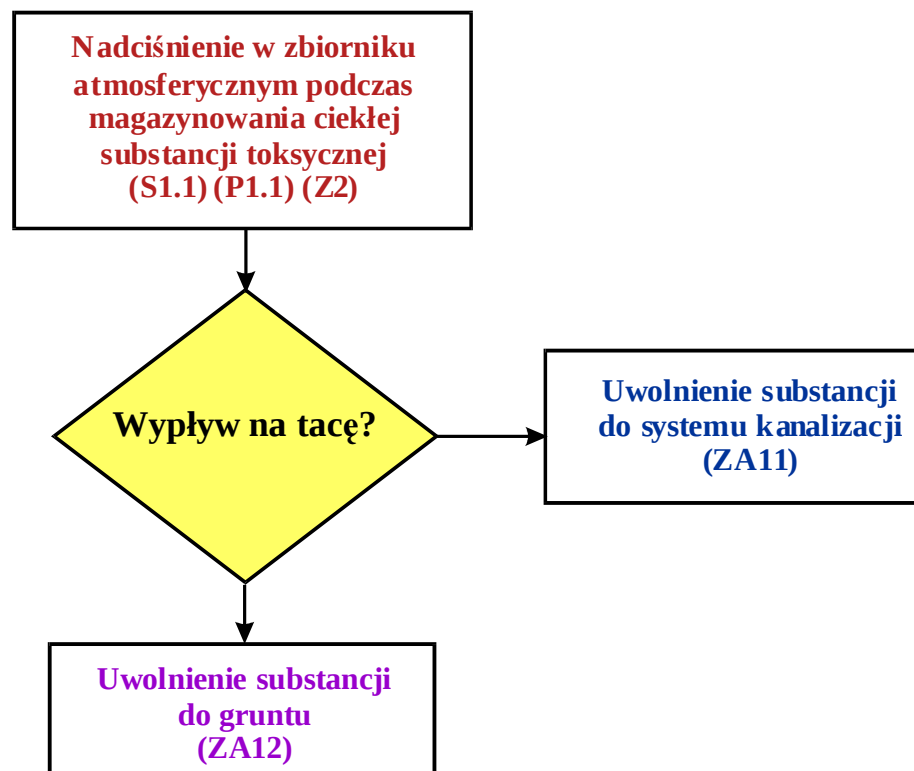
Baza zdarzeń awaryjnych

Dla niebezpiecznych zdarzeń procesowych są budowane drzewa logiczne służące do wyselekcjonowania zdarzeń awaryjnych (ZA)

Kod	Zdarzenie awaryjne (ZA)	Opis
ZA1	Pożar (P)	Spalanie palnych substancji z oddziaływaniem płomienia i promieniowania cieplnego . Rodzaje pożarów: PP, PS, PB, PK
ZA2	Wybuch (W)	Gwałtowne spalanie mieszanin par /gazów z utleniaczem z oddziaływaniem promieniowania cieplnego i fali nadciśnienia
ZA3	Wybuch fizyczny (WFiz)	Uwolnienie energii ciśnienia z powstaniem fali ciśnienia i odłamków
ZA4	Wybuch pyłowy (WPy)	Gwałtowne spalanie mieszanin pyłów z powietrzem z oddziaływaniem promieniowania cieplnego i fali nadciśnienia
ZA5	Wewnętrzny wybuch/pożar(WW/P)	Wybuch/pożar wewnątrz wyposażenia procesowego
ZA6	Wybuch cieplny (WC)	Wybuch cieplny wskutek niekontrolowanej reakcji chemicznej lub dekompozycji niestabilnego materiału z oddziaływaniem fali ciśnienia
ZA7	Uwolnienie wskutek pęknięcia/przecieku rurociągu (UK/UPR)	Uwolnienie substancji wskutek utraty szczelności rurociągu/armatury
ZA8	Uwolnienie wskutek pęknięcia/przecieku zbiornika/kolumny (UK/UPZb/K)	Uwolnienie substancji wskutek utraty szczelności zbiornika/armatury
ZA9	Uwolnienie wskutek zniszczenia płaszcza zbiornika/kolumny (UK/Zb)	Uwolnienie całej zawartości zbiornika wskutek katastroficznego zniszczenia zbiornika
ZA10	Zniszczenie dachu zbiornika i pożar zbiornika (PZb)	Zniszczenie dachu zbiornika wskutek zewnętrznego obciążenia lub wybuchu wewnętrznego chemicznego lub fizycznego
Z11	Uwolnienie substancji do systemu kanalizacji (UKan)	Utrata szczelności aparatury procesowej i uwolnienie substancji do systemu kanalizacji
ZA12	Uwolnienie substancji do ziemi (UZ)	Utrata szczelności aparatury procesowej i uwolnienie substancji bezpośrednio do gruntu
ZA13	Inne	Zdarzenia prowadzące do strat



Drzewa logiczne



Drzewo logiczne dla niebezpiecznego zdarzenia procesowego:

„Nadciśnienie w zbiorniku atmosferycznym podczas magazynowania ciekłej substancji toksycznej”





Baza zdarzeń inicjujących

Zdarzenia inicjujące to przyczyny prowadzące do zdarzeń awaryjnych (ZA)

Kategorie przyczyn:

1. przyczyny procesowe (PP)
2. przyczyny techniczne (PT)
3. przyczyny ludzkie (PL)
4. przyczyny organizacyjne (PO)
5. przyczyny zewnętrzne (PL)

Ogółem wyselekcjonowano w tych kategoriach 47 przyczyn (*zdarzeń inicjujących*)





Metodyka systemu ExSysSA

Baza zdarzeń inicjujących

Kod	Zdarzenie inicjujące (ZI)
PP1	Awaria układu pomiarów i automatyki (<i>BPCS</i>)
PP2	Przegrzanie
PP3	Gwałtowne odparowanie
PP4	Kondensacja
PP5	Niepożądana reakcja uboczna
...	...
PT1	Awaria sprzętu alarmowego
PT2	Awaria zasilania w energię
PT3	Awaria automatyki zabezpieczeniowej
PT4	Awaria zabezpieczeń pasywnych
PT5	Korozja
...	...
PL1	Praca poza zakresem projektowym
PL2	Nieprzestrzeganie instrukcji
PL3	Niewłaściwe wyszkolenie i brak wiedzy
PL4	Błędy projektowe
...	...
PO1	Brak polityki firmy w zakresie bezpieczeństwa
PO2	Nieodpowiednie standardy i sposoby postępowania
PO3	Brak systemu szkoleń
PO4	Niewłaściwy nadzór
...	...
PZ1	Sabotaż
PZ2	Upadek samolotu
PZ3	Zewnętrzny pożar
PZ4	Huragan
PZ5	Trzęsienie ziemi
...	...



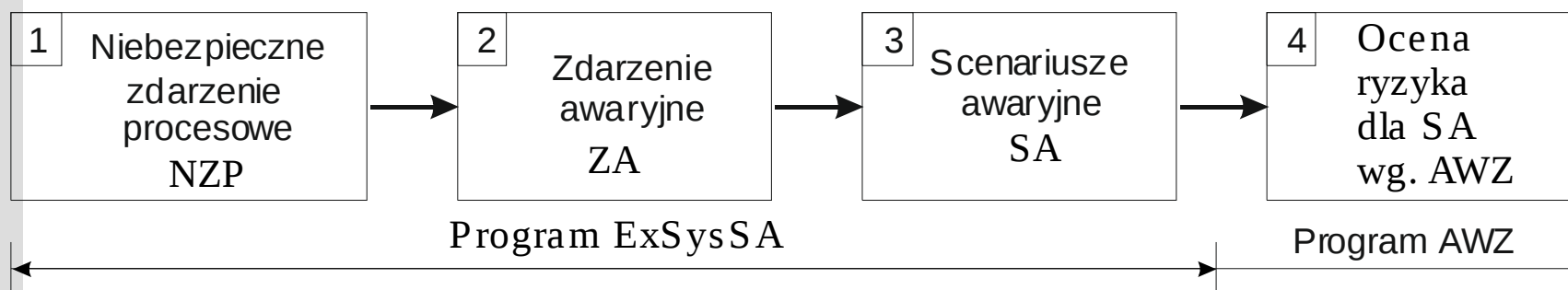
Baza środków bezpieczeństwa

Uogólniona klasyfikacja środków bezpieczeństwa

Kategoria	Wyszczególnienie
Zapobieganie	Projekt procesowy Pomiary przemysłowe i automatyka z alarmami procesowymi i działaniem operatora (<i>BPCS</i>)
Ochrona	Alarmy krytyczne i działania operatora Automatyka zabezpieczeniowa (<i>SIS</i>) Urządzenia odciążające (upusty) Pasywne systemy ochrony
Przeciwdziałanie	Wewnętrzny system ratowniczy (<i>ZGR</i>) Zewnętrzny system ratowniczy (<i>PSP</i>)

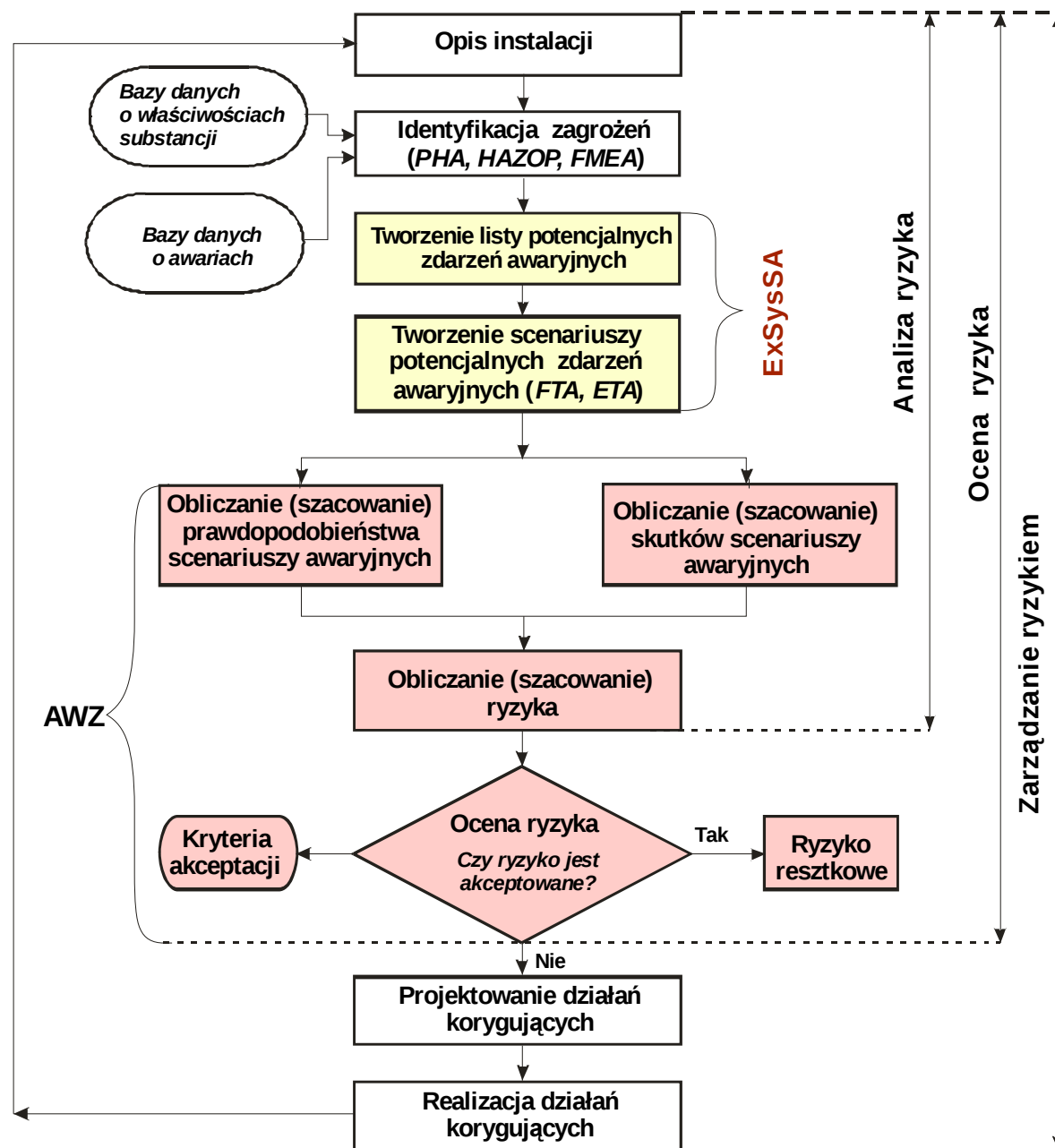


Zintegrowanie ExSysSA z programem AWZ





Program ExSysSA





Dziękuję za uwagę

