



Model MART do badania awarii procesowych

A.S. Markowski, R.J. Żyłła

Politechnika Łódzka
Katedra Inżynierii Bezpieczeństwa Pracy

**XI Konferencja Naukowo-Techniczna,
Bezpieczeństwo techniczne w przemyśle,
18-19 września 2012, Łódź**





Wprowadzenie

- **Badania poważnych awarii przemysłowych są wymagane przez prawo.**
- **Badania służą naprawie systemu bezpieczeństwa i zapobiegania dalszym tego typu zdarzeniom.**
- **Opracowano szereg metod do badania wypadków przy pracy.**
- **Brak jest takich metod dla awarii procesowych powstałych w wyniku uwolnienia niebezpiecznych substancji chemicznych.**

Najlepszą strategią przełamania tych trudności, jest dodatkowe wprowadzenie w proces badawczy wiedzy i informacji wynikających z dotychczasowych doświadczeń, które są dostępne w bazach danych o awariach, a także w standardach bezpieczeństwa procesowego.





Cel i kierunek działania

- W pracy zaproponowano schemat postępowania (diagram logiczny) do badania poważnych awarii procesowych, zwany modelem MART – Major Accident Risk Tree.
- Model MORT został uzupełniony o podstawowe zasady powstawania scenariusza awaryjnego według metodologii analizy warstw zabezpieczeń (AWZ, LOPA), wiedzę o przyczynach poważnych awarii procesowych oraz wiedzę o środkach bezpieczeństwa stosowanych w przemyśle procesowym.
- Diagram MART może być wykorzystany do wspomagania procesu badawczego, a także do formułowania zaleceń dla poprawy sprawności systemowego zarządzania bezpieczeństwem w przemysłach procesowych.





Metody badań wypadków i awarii (Sklet, 2002)

Metody podstawowe

Metody kompleksowe

Metody specyficzne

Wypadki przy pracy

Analiza zdarzeń i czynników przyczynowych	Analiza TRIPOD	Analiza STEP
Analiza barier /przepływu energii	Analiza MTO	Systematyczna analiza przyczyn SCAT
Analiza zmiany	Analiza MORT	Analiza wypadku i funkcji barier (AEB)
Analiza zadań roboczych (JSA)		Analiza błędów ludzkich

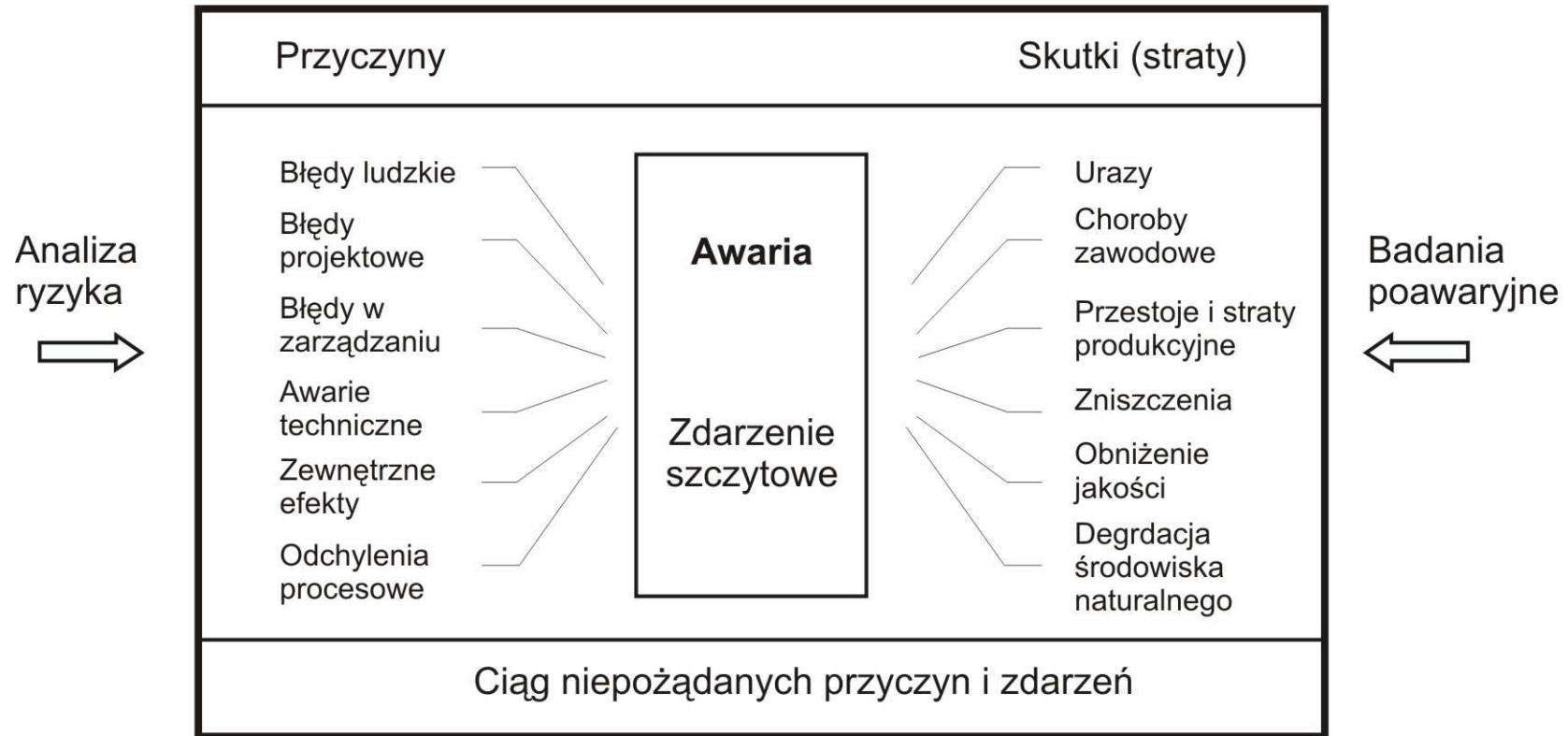
Poważne awarie i katastrofy

Analiza zdarzeń i czynników przyczynowych	Analiza „bow-tie”	Analiza rodzajów awarii i skutków FMEA
Analiza barier /przepływu energii	Analiza drzewa błędu	Analiza HAZOP
Analiza przyczyn źródłowych	Analiza drzewa zdarzeń	





Ocena ryzyka i badania poawaryjne



Powyższy schemat w małym prostokącie kryje bardziej skomplikowany mechanizm





Model przepływu energii dla scenariusza awaryjnego lub wypadkowego.

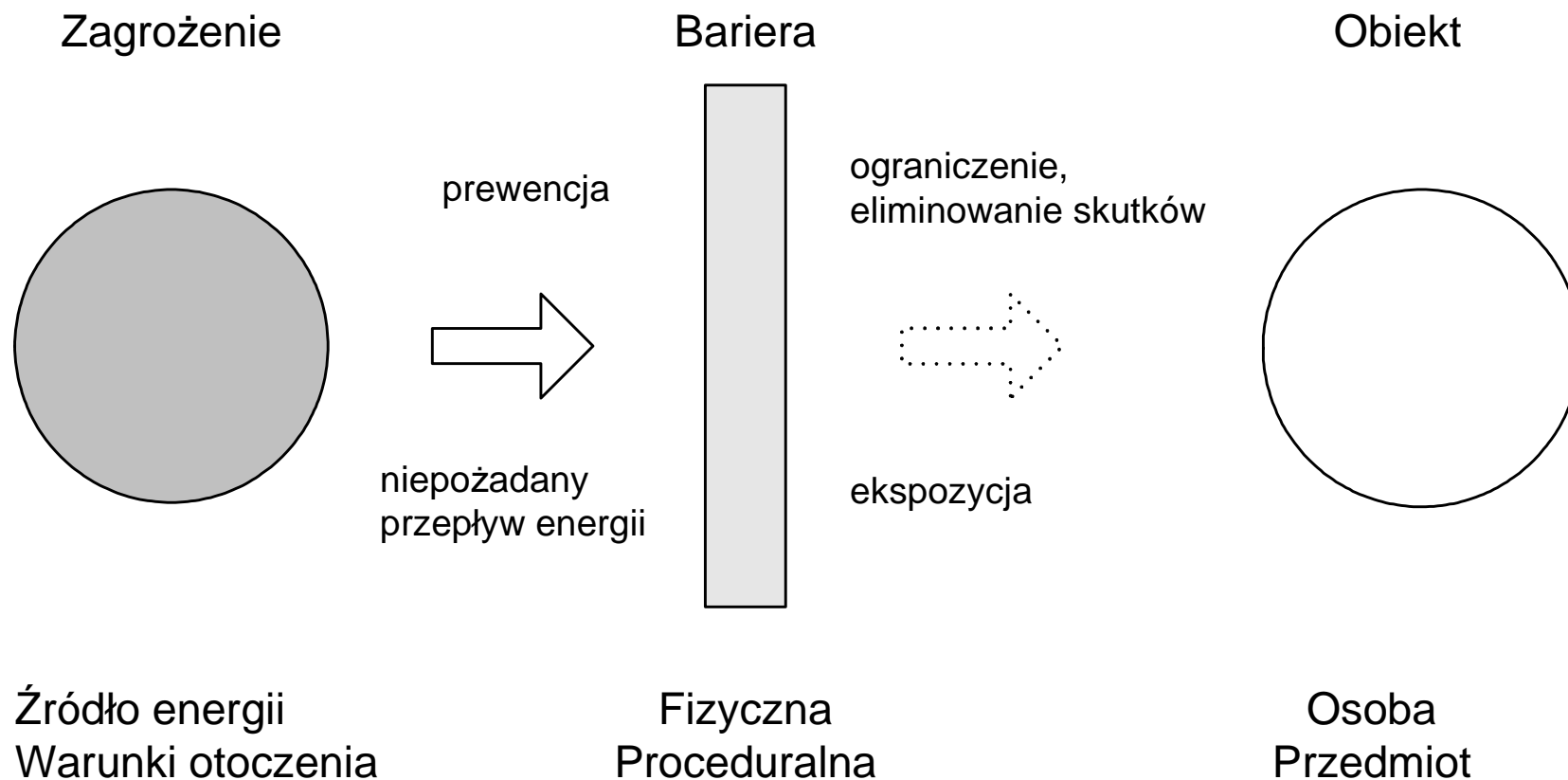




Diagram metody MORT

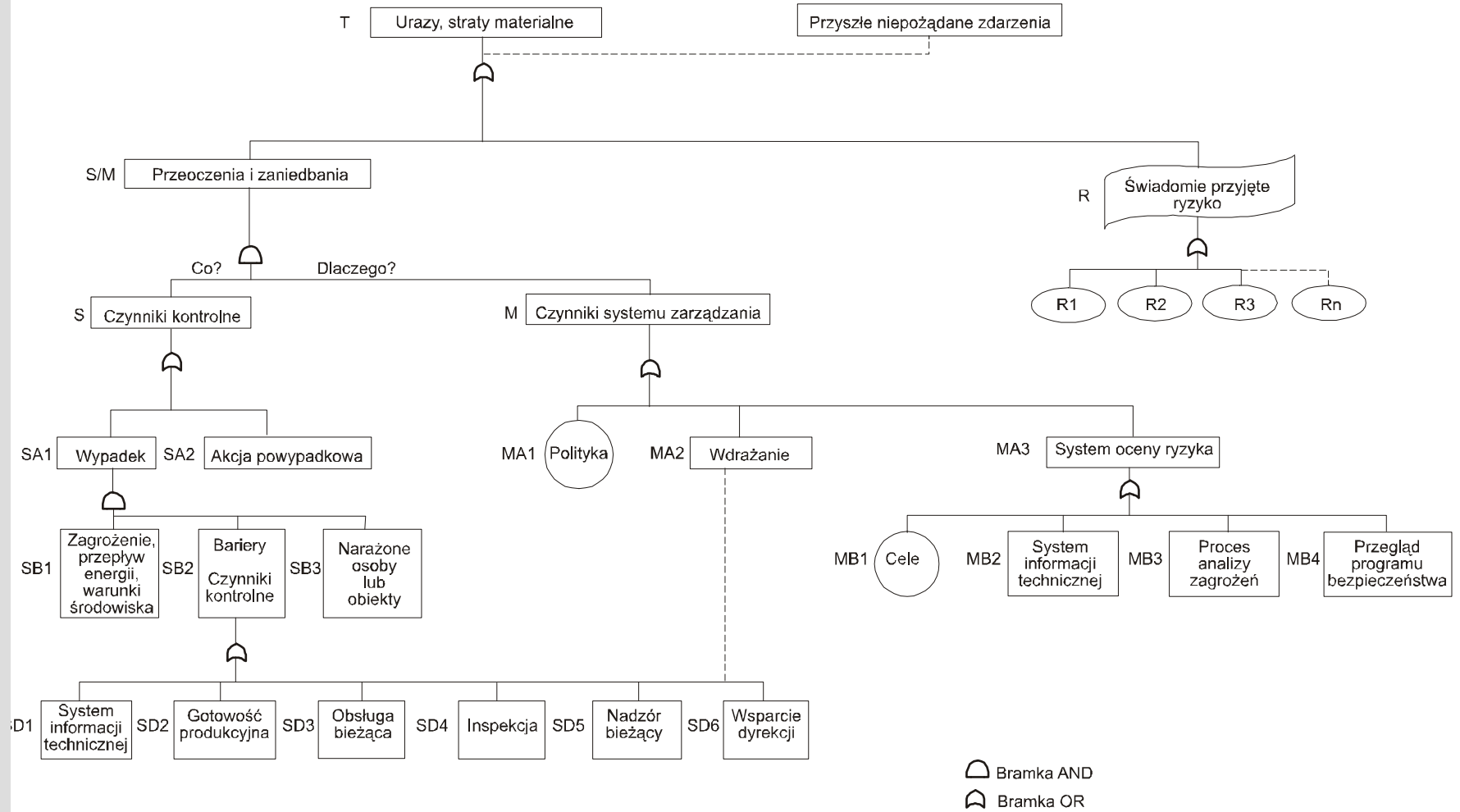
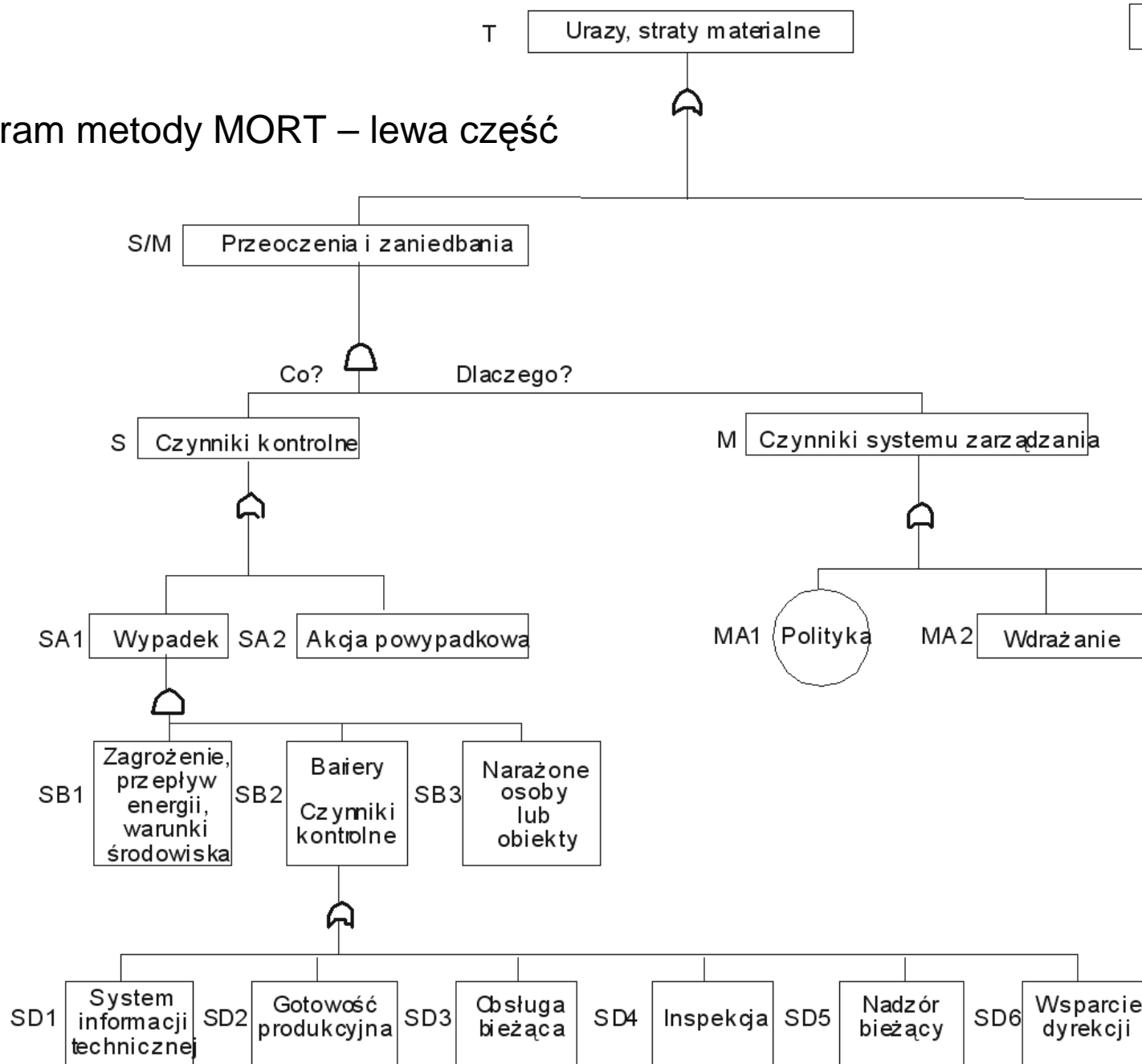




Diagram metody MORT – lewa część

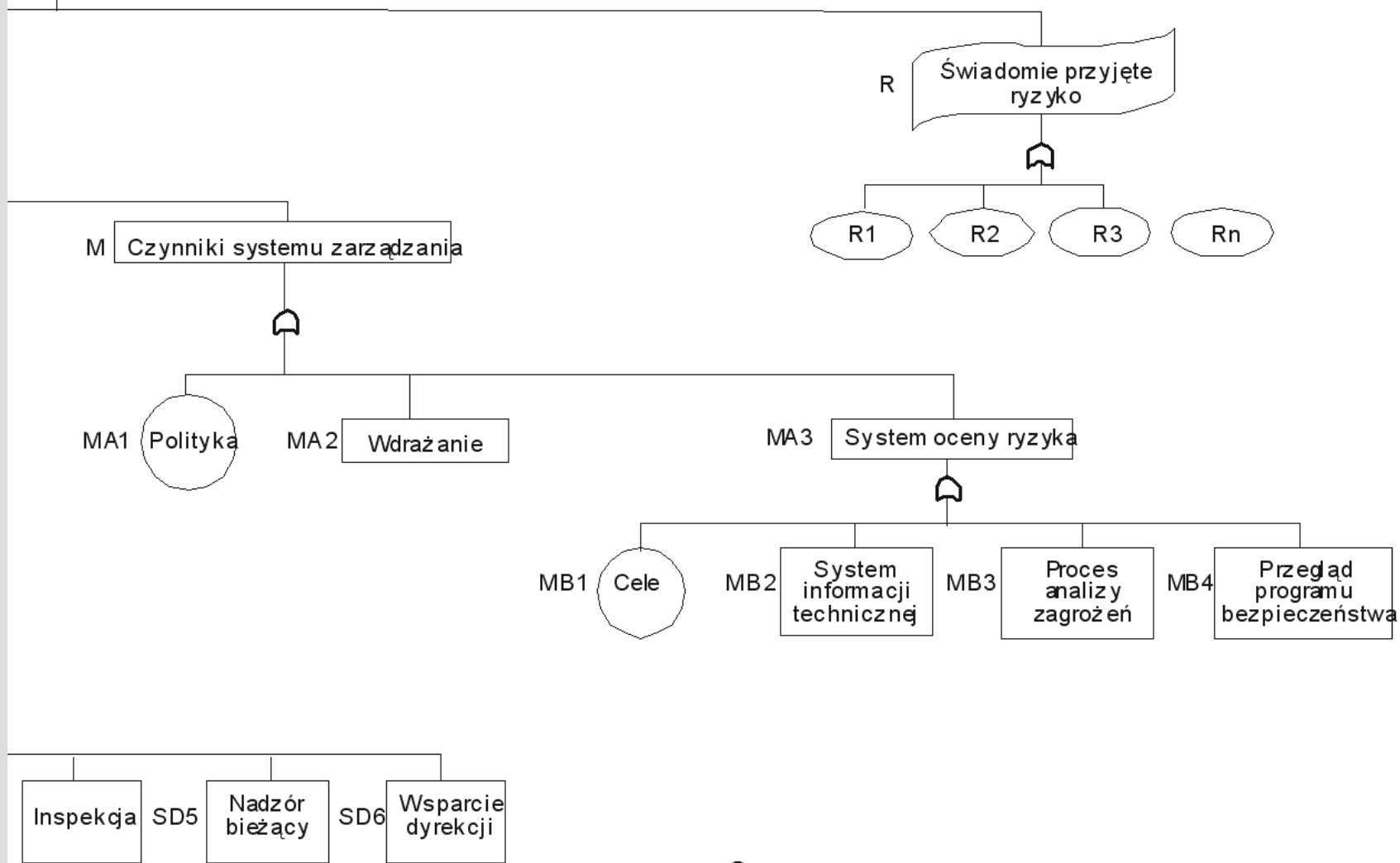




straty materialne

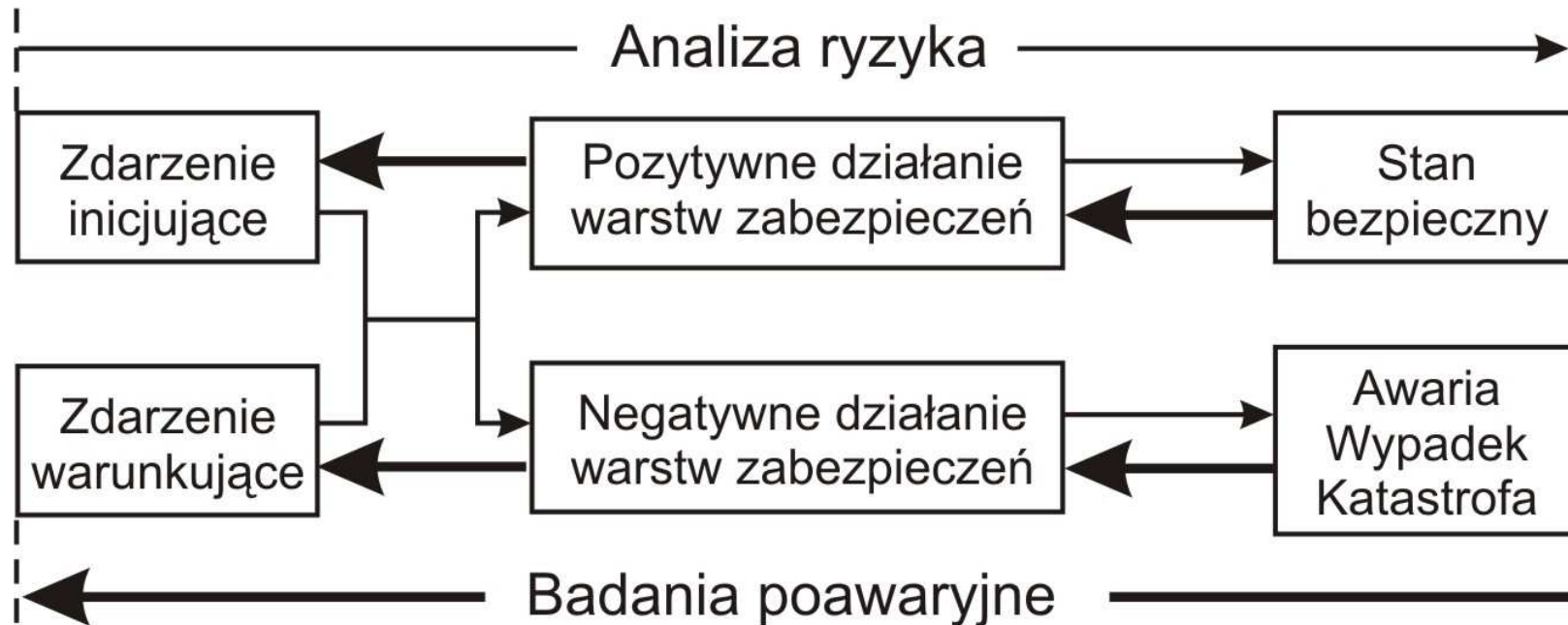
Przyszłe niepożądane zdarzenia

Diagram metody MORT – prawa część



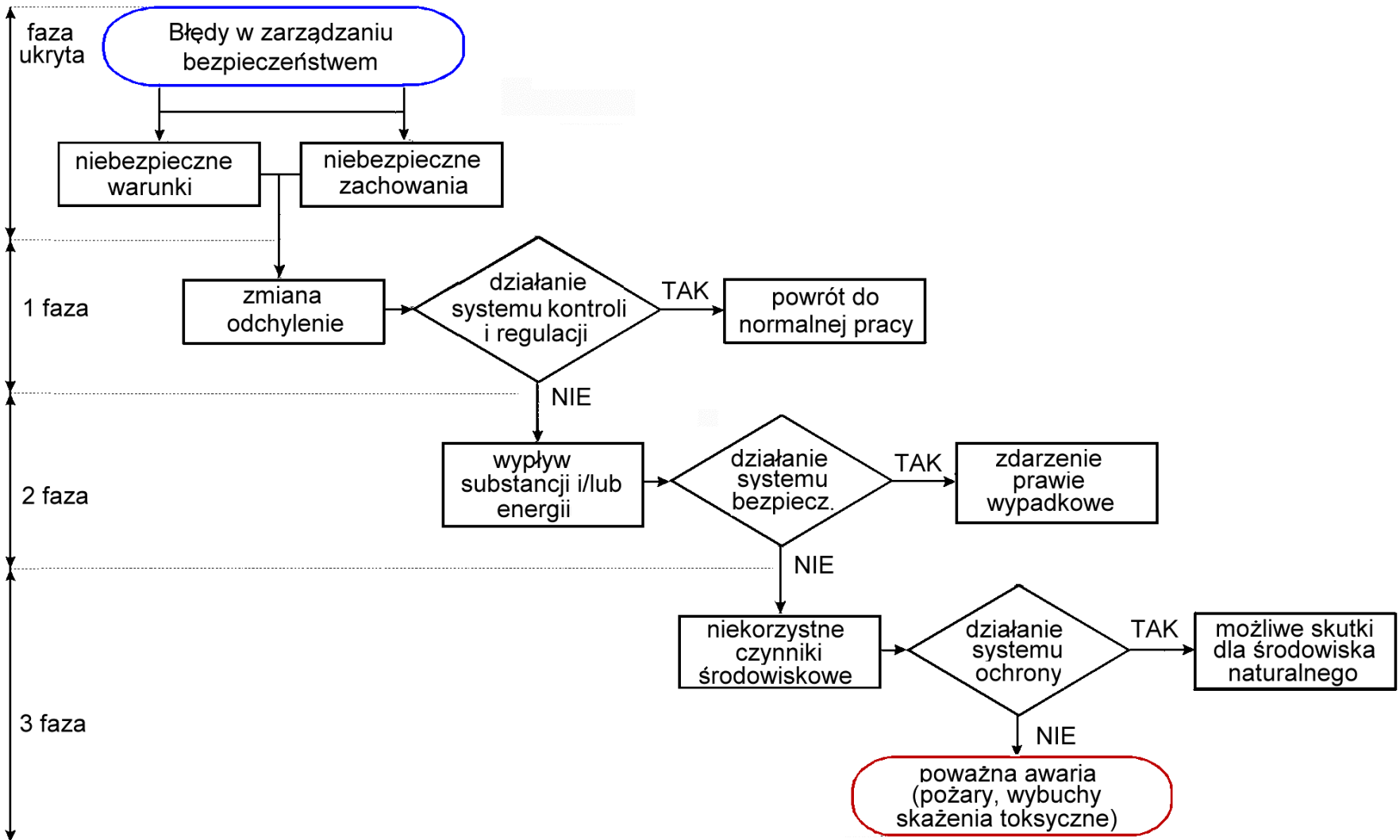


Model scenariusza awaryjnego w analizie ryzyka i badaniach poawaryjnych.





Mechanizm powstania poważnej awarii.





Typowe zdarzenia awaryjne w przemyśle procesowym

Nr	Zdarzenie Awaryjne	Krótki opis	Kod
1	Pożar	Spalanie substancji z oddziaływaniem promieniowania cieplnego. Możliwe różne rodzaje pożarów	ZA1
2	Wybuch	Deflegracyjne/detonacyjne spalanie z efektami promieniowania cieplnego i nadciśnienia	ZA2
3	Wybuch fizyczny	Uwolnienie energii ciśnienia wskutek uszkodzenia systemu ciśnieniowego lub pożaru zewnętrznego (BLEVE)	ZA3
4	Wybuch pyłowy	Gwałtowne spalanie stałych palnych substancji z oddziaływaniem efektów wybuchowych	ZA4
5	Wewnętrzny wybuch/ pożar	Wybuch i/lub pożar wewnątrz instalacji procesowej	ZA5
6	Niekontrolowana reakcja/ dekompozycja	Wybuch cieplny z oddziaływaniem nadciśnienia	ZA6



Typowe zdarzenia awaryjne w przemyśle procesowym

7	Uwolnienie z rurociągu	Utrata szczelności rurociągu/armatury. Pęknięcie lub przeciek	ZA7
8	Uwolnienie ze zbiornika/ kolumny/ armatury	Utrata szczelności zbiornika /kolumny /armatury. Pęknięcie lub przeciek.	ZA8
9	Uwolnienie wskutek zniszczenie obudowy zbiornika	Uwolnienie zawartości zbiornika wskutek działania sił wewnętrznych lub zewnętrznych	ZA9
10	Zniszczenie dachu zbiornika i pożar zbiornika	Zniszczenie dachu wskutek zewnętrznego obciążenia, wewnętrznego wybuchu i pożar	ZA10
11	Uwolnienie substancji do systemu kanalizacji	Utrata szczelności aparatury procesowej i wyciek substancji bezpośrednio do systemu kanalizacji	ZA11
12	Uwolnienie substancji do ziemi	Utrata szczelności aparatury procesowej, wyciek substancji do ziemi	ZA12
13	Inne	Inne niepożądane zdarzenie / straty	ZA13



Zdarzenia inicjujące

Zdarzenia inicjujące to przyczyny, warunki lub zachowania, które rozpoczynają scenariusz awaryjny, czyli sekwencję zdarzeń awaryjnych. Zdarzenia takie zwykle są identyfikowane w trakcie zbierania dowodów i faktów w czasie postępowania poawaryjnego.

Własne badania dotyczące zdarzeń inicjujących scenariusze awaryjne w instalacjach procesowych pozwoliły na klasyfikacje tych zdarzeń w 5 głównych kategoriach:

1. przyczyny procesowe, gdzie wyodrębniono 14 przyczyn,
2. przyczyny techniczne (11)
3. przyczyny ludzkie (7),
4. przyczyny organizacyjne (8),
5. przyczyny zewnętrzne (8).





Rodzaje przyczyn zdarzeń inicjujących

Procesowe	Techniczne	Ludzkie	Organizacyjne	Zewnętrzne
Przepełnienie Nadciśnienie Podciśnienie Gwałtowna zmiana fazy Egzotermiczność Niestabilność termiczna / chemiczna Przegrzanie Utrata mieszania/ chłodzenia	Awaria wyposażenia Awaria zasilania Awaria sprzętu BPCS Awaria SIS Korozja, Naprężenia Osłabienie wytrzymałości Utrata szczelności Udar hydrauliczny	Praca poza zakresem projektowym Nie przestrzeganie instrukcji lub brak instrukcji Niewłaściwe wykształcenie i/lub brak wiedzy Błędy projektowe / oprogramowanie Błędy w wykonaniu Brak lub niewłaściwa odpowiedź na alarm Przypadkowe /błędne rozłączenie	Brak lub niewłaściwe szkolenia Niewłaściwy nadzór Błędy w analizie zagrożeń Błędne procedury Brak monitoringu bezpieczeństwa Niewłaściwa struktura org. i brak ustalonego zakresu odpowiedzialności Niekonsekwencja w działaniach naprawczych	Sabotaż/ terroryzm Podpalenie Upadek samolotu / kolizja Zewnętrzny pożar Efekty domino Wyładowania atmosferyczne Warunki meteo



Zdarzenia warunkujące

Zdarzenia warunkujące umożliwiają wystąpienie zdarzeń inicjujących, a także działanie niektórych warstw zabezpieczeń.

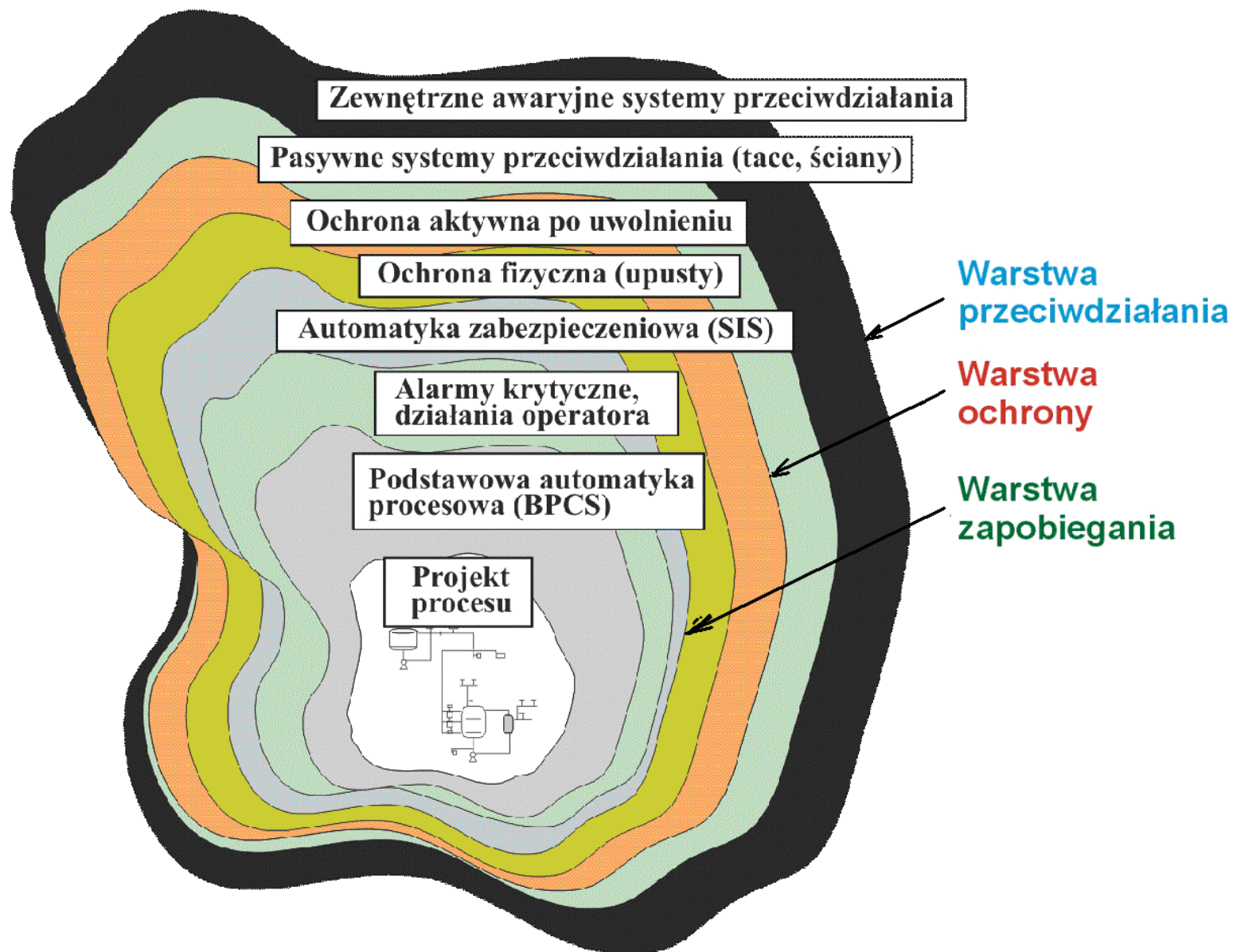
Do typowych zdarzeń warunkujących zaliczamy obecność wrażliwych obiektów w strefie zagrożeń, możliwość wystąpienia niekorzystnego kierunku wiatru, a także możliwość wystąpienia źródła zapłonu.

Ustalenie tych warunków jest przedmiotem badań komisji powypadkowej.





Warstwy zabezpieczeń w instalacjach procesowych





MART – diagram logiczny badań awarii procesowych

Model MART jest logicznym diagramem służącym do wspomaganie analizy poważanych awarii występujących w przemyśle procesowym.

Model MART stanowi rozwinięcie modelu przyczynowo skutkowego MORT, ze specyficznym zastosowaniem do badania poważnych awarii procesowych.

Jest to propozycja hierarchicznej sformalizowanej struktury logicznej, którą przedstawia następujący schemat

Do budowy tej struktury wykorzystano:

- zasady drzewa błędu,**
- mechanizm powstawania awarii procesowej zgodne z koncepcją analizy warstw zabezpieczeń (AWZ) oraz**
- wiedzę ekspercką wynikającą z dotychczasowych badań nad awariami w przemyśle procesowym.**





Diagram MART do badania poważnych awarii procesowych

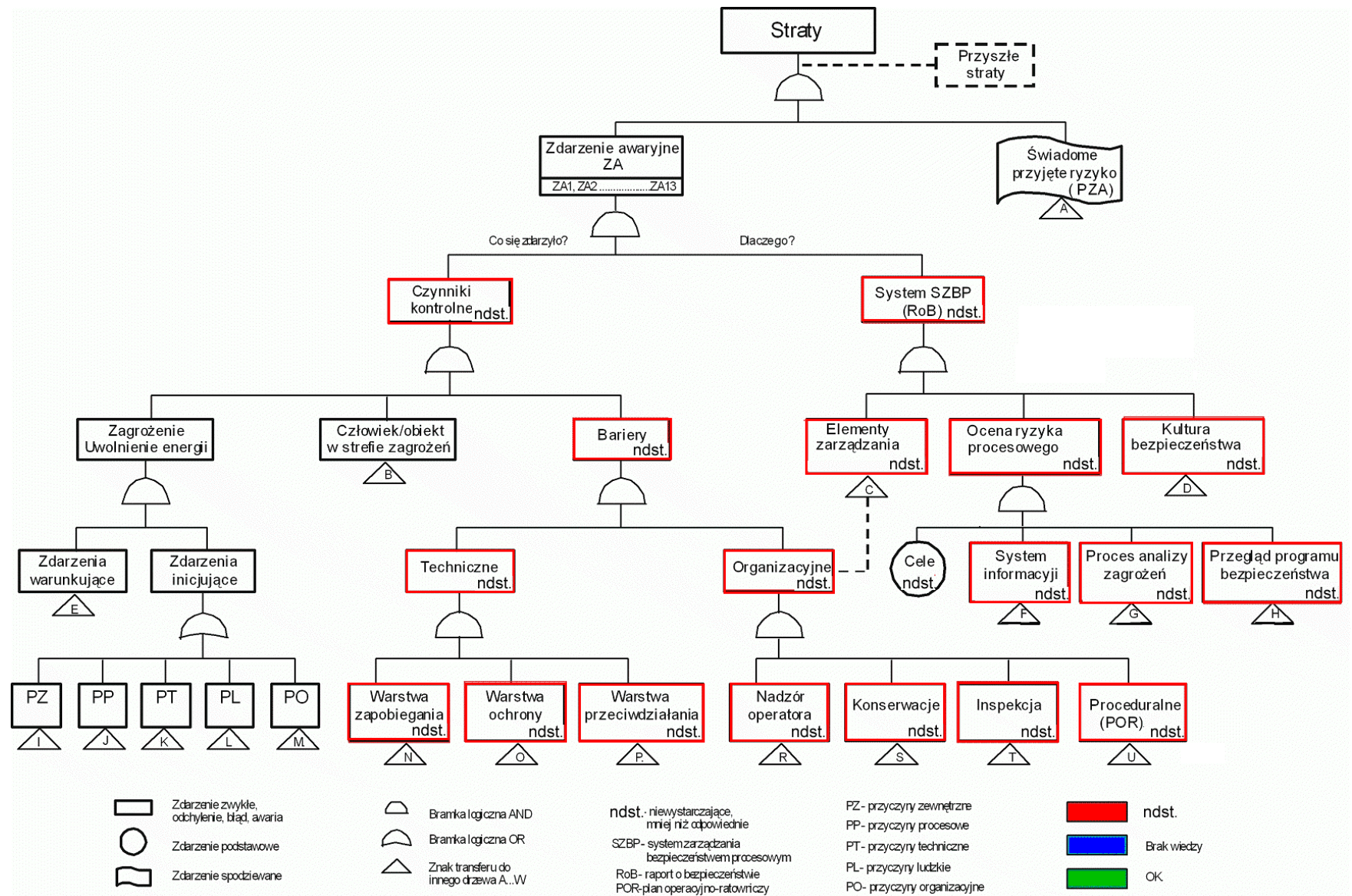




Diagram MART – lewa część

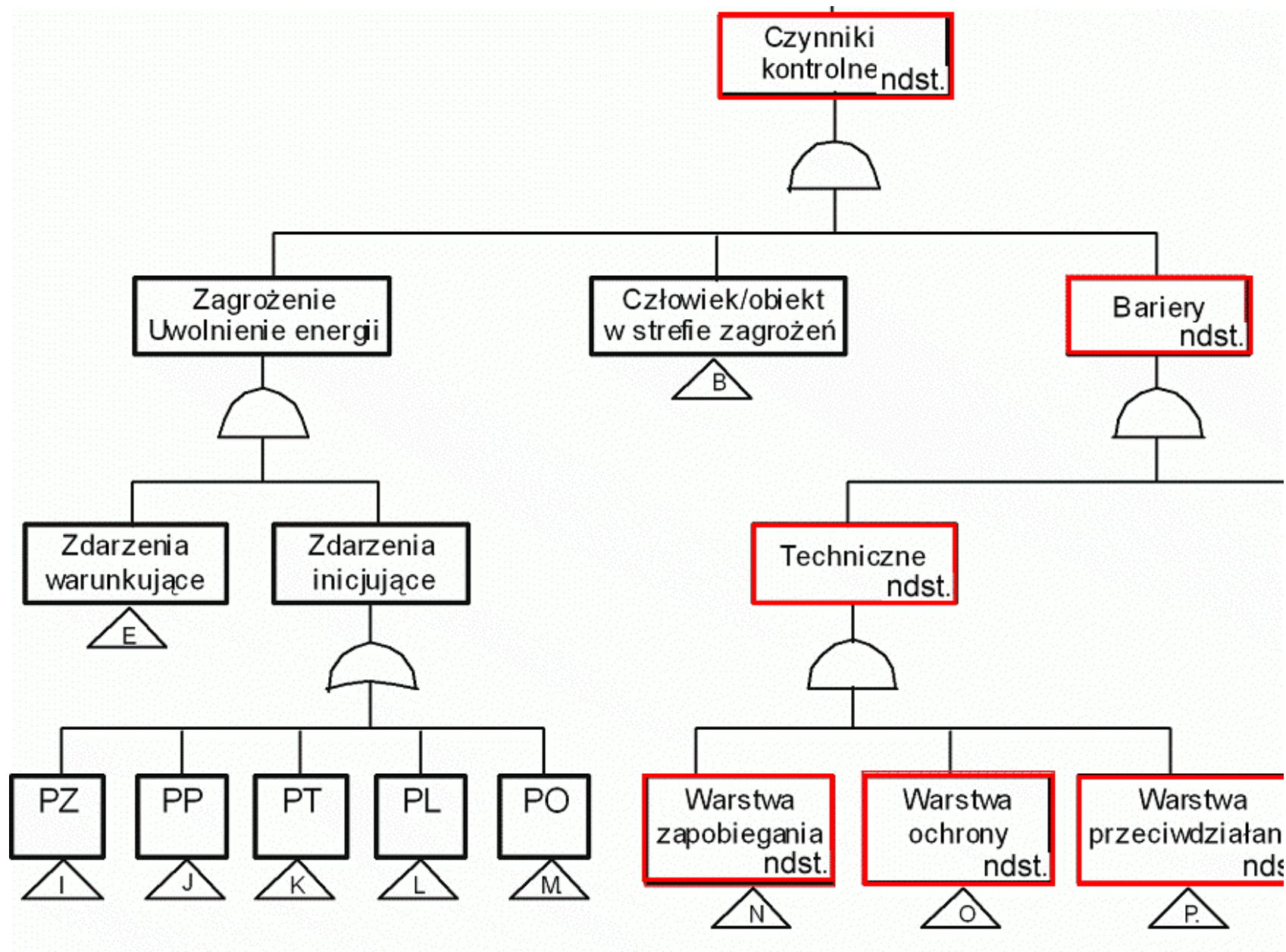




Diagram MART – prawa część

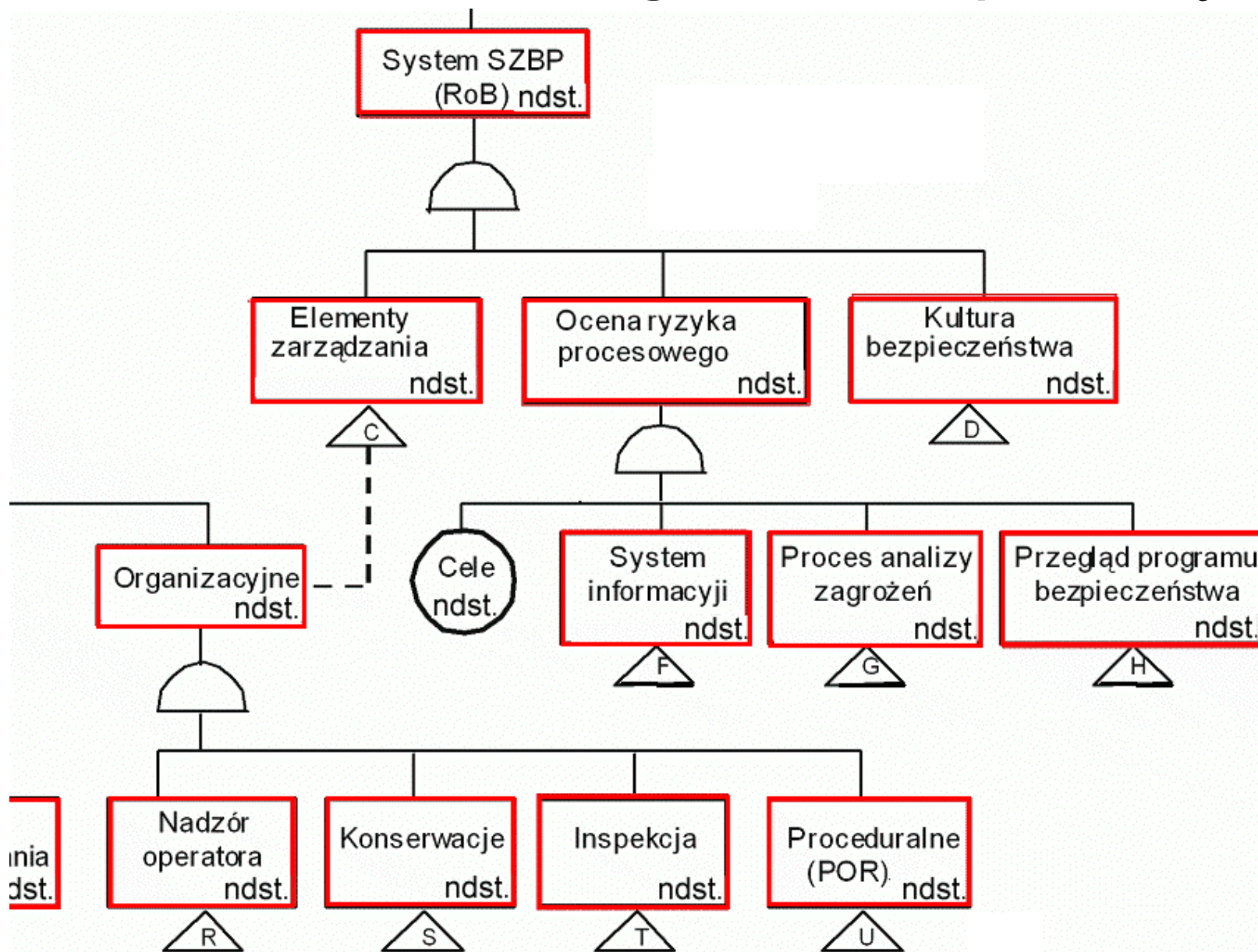
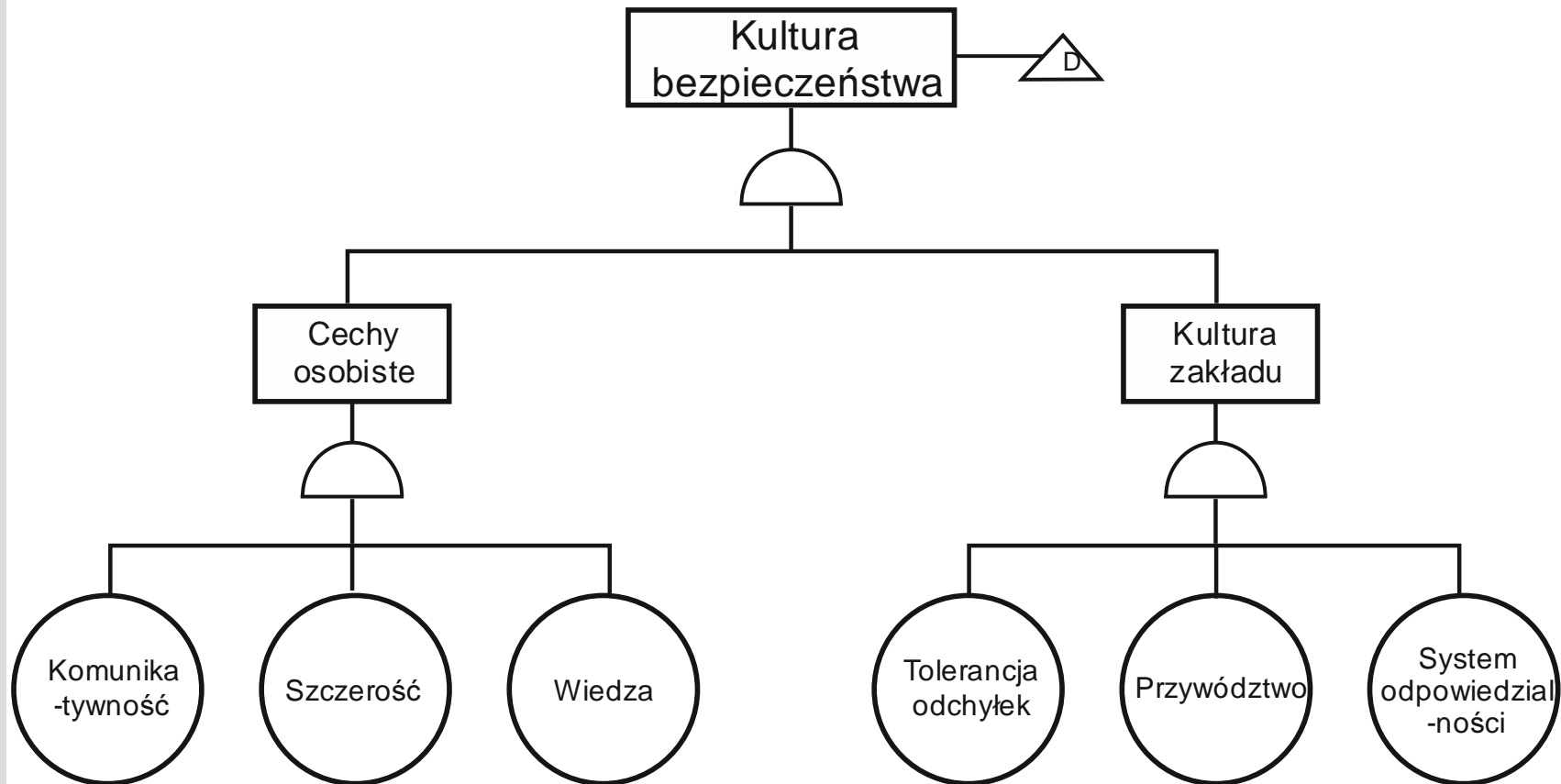


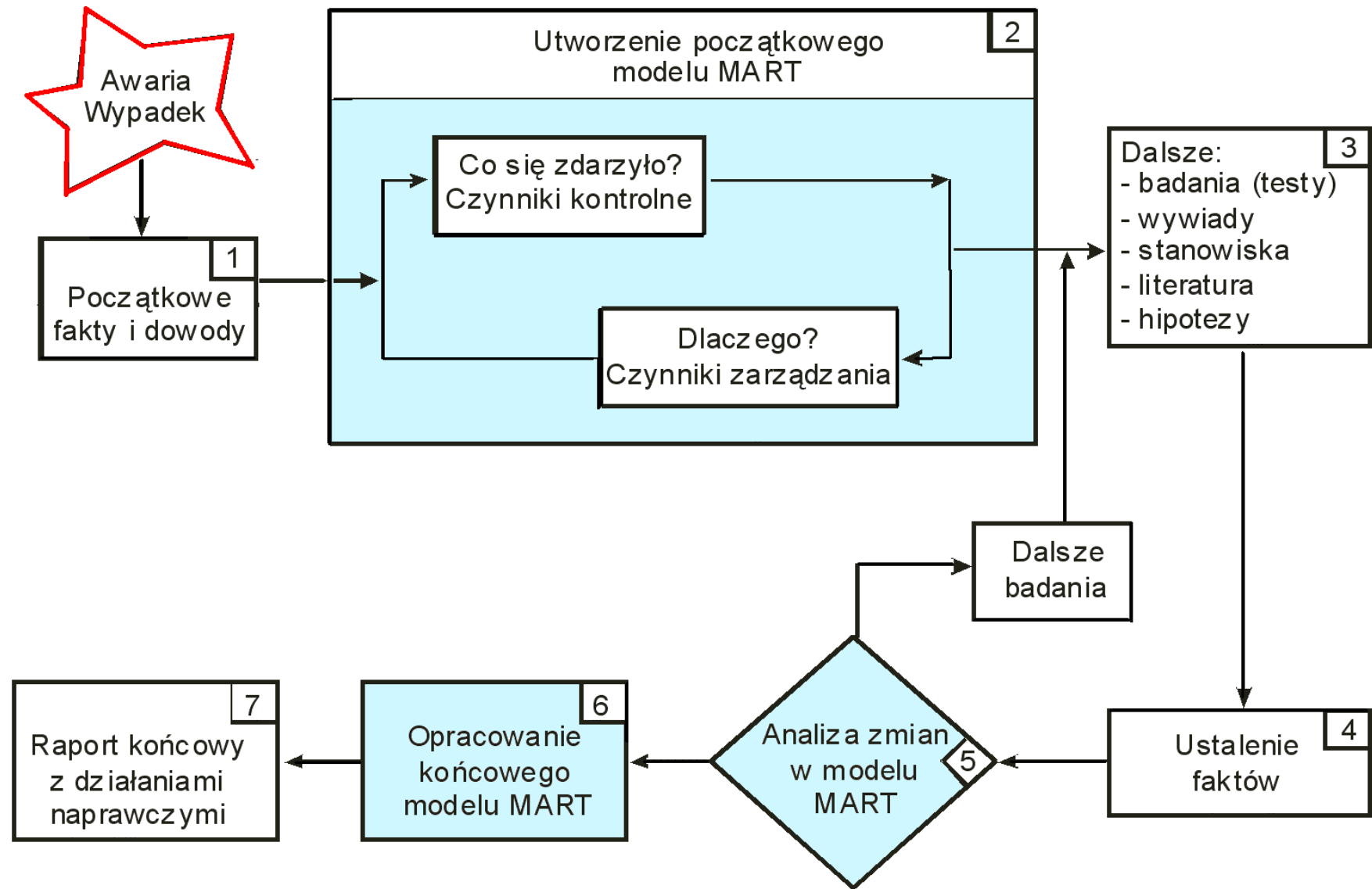


Diagram MART – fragment – Kultura bezpieczeństwa





Miejsce diagramu MART w badaniach poawaryjnych.





Podsumowanie

- 1. Badania poawaryjne poważnych awarii procesowych są nie tylko wymagane przez prawo, ale służą do zapobiegania dalszym tego typu zdarzeniom.**
- 2. Celem badań powypadkowych oraz poawaryjnych jest rekonstrukcja wydarzeń bezpośrednio poprzedzających awarie i określenie przyczyn tego zdarzenia, przez zebranie dokładnych, wyczerpujących i istotnych informacji o awarii. Służą do tego liczne metody badań powypadkowych, natomiast dla awarii procesowych zwykle wykorzystuje się niektóre metody stosowane w analizach zagrożeń i ryzyka.**
- 3. Model drzewa MORT zalecany do badania wypadków przy pracy, który uwzględnia cały zespół przyczynowo skutkowy zarówno w sferze technicznej jak i organizacyjnej może być również wykorzystany do badań awarii procesowych.**





Podsumowanie cd.

- 4. Diagram MART jest logicznym diagramem służącym do wspomaganie analizy poważanych awarii występujących w przemyśle procesowym i stanowi rozwinięcie modelu przyczynowo skutkowego MORT, z dodatkowo uwzględnionym specyficznym zastosowaniem do badania poważnych awarii procesowych.**
- 5. Stosowanie diagramu MART może istotnie usprawnić proces analityczny, a jego oparcie o wiedzę ekspercką dotyczącą struktury warstw zabezpieczeń i przyczyn poważnych awarii procesowych uwiarygodnia wyniki analizy.**





MART - Major Accident Risk Tree

Dziękuję za uwagę

