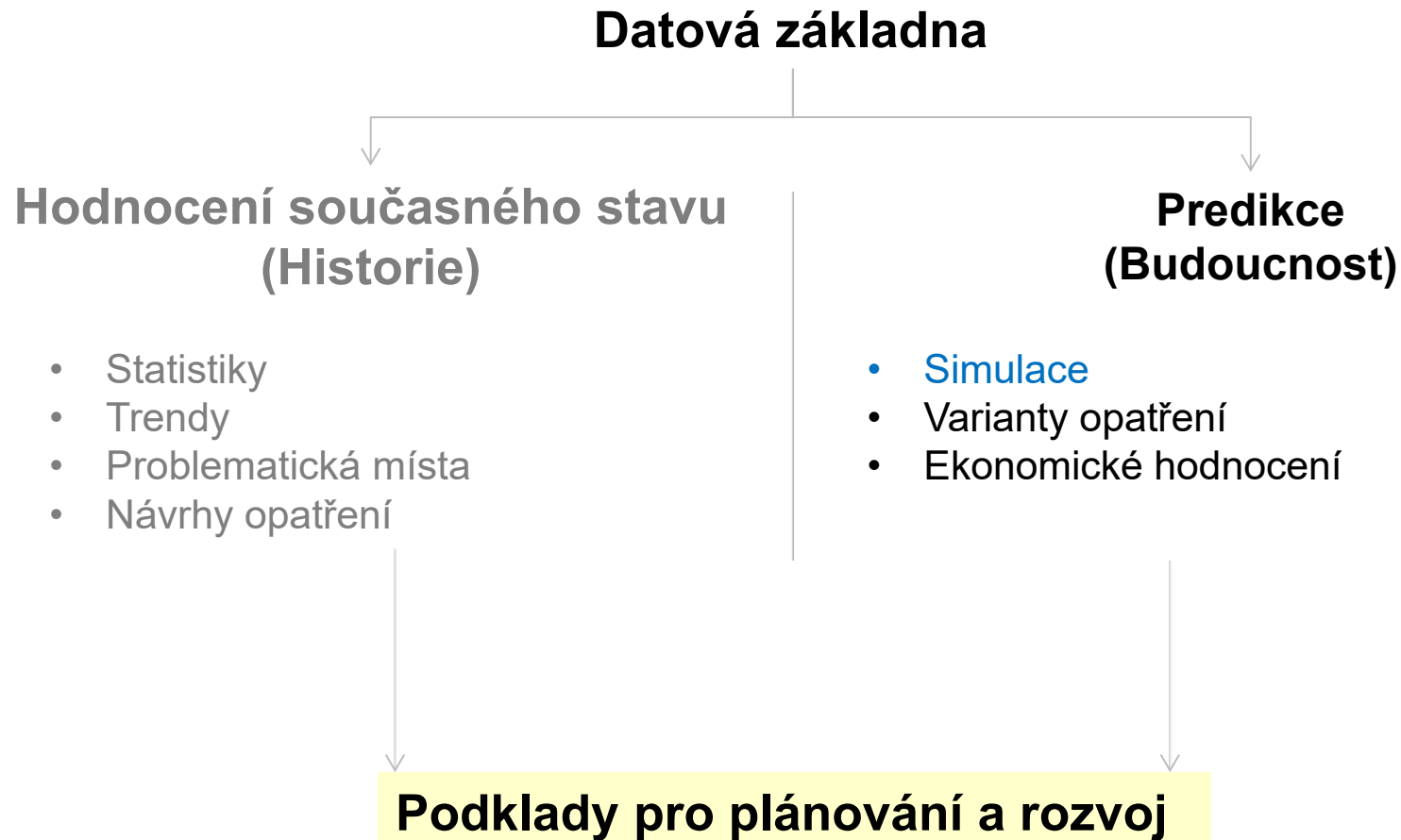




Specifika simulací spolehlivosti při plánování obnovy a rozvoje distribučních sítí

**Petr Skala
EGÚ Brno, a.s.**

Podklady pro plánování a rozvod DS



Predikce spolehlivosti

Alternativy

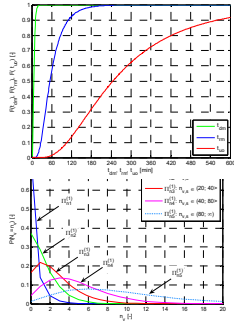
Analytické metody

- Metoda spolehlivostních schémat
 - Metoda seznamu
 - Metoda drah a řezů
 - Metody založené na Markovových modelech
- ☹ Exponenciální rozdělení doby do poruchy
- ☹ Výsledek = průměr

Simulační metody

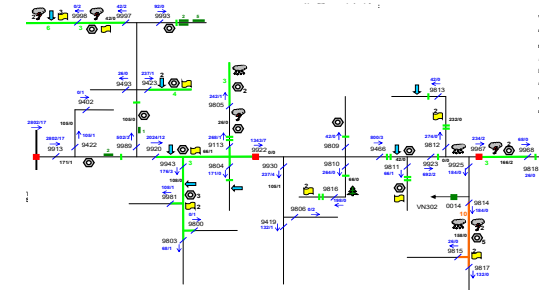
- Simulace Monte Carlo
 - Sekvenční
 - Nesequenční
- 😊 Libovolná rozdělení pro počty i doby
- 😊 Výsledek = jednotlivé hodnoty (rozdělení)

Simulace a její vyhodnocení



Vstupní parametry

Topologie



Simulace spolehlivosti

Počty
poruch

Doby
trvání

Ukazatele nepřetržitosti

Pro každou variantu

Náklady na přerušení

Pro každou variantu

Ekonomické hodnocení

Pro každou variantu proti zákl. stavu

Využití simulací spolehlivosti

- **Snížení SAIDI**
 - Zkrácení dob trvání dlouhodobých přerušení
 - Vyšší míra dálkového ovládnání
 - Indikátory průchodu zkratového proudu
- **Snížení SAIFI (následně SAIDI)**
 - Snížení počtu dlouhodobých přerušení
 - Reclosery
 - Snížení počtů poruch
 - Kabelizace úseků venkovních vedení
- **Komplexní úlohy**
 - Volba konfigurace sítě
 - Paprsková, průběžná, se záložními kabely
 - Návrhy zálohování rozsáhlých zásobovaných oblastí
 - Záložní napájení citlivých odběratelů
 - Propojování vývodů
 - Kombinace opatření a predikce pro dlouhodobé programy obnovy/investic
 - Dílčí závislost mezi náklady a kvalitou
 - Predikce faktoru kvality za regulační období

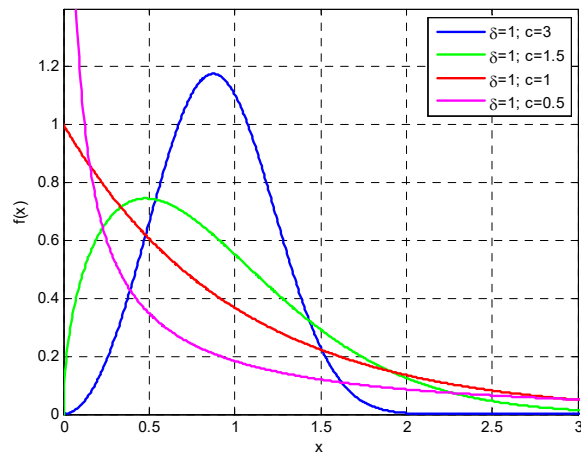
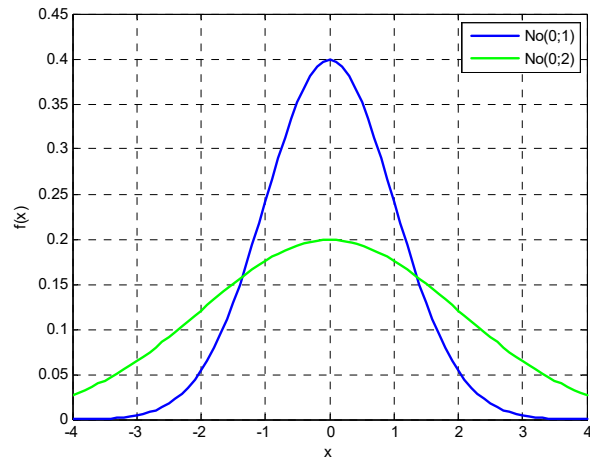
Specifika simulací spolehlivosti

Specifika při plánování obnovy a rozvoje distribučních sítí

- Data versus náhodná rozdělení
- Unikátnost simulace jako základ vyhodnocení různorodých variant
- Simulace a vývoj v čase
- Plné rozdělení výsledků jako prostředek k vyhodnocení rizik
- Plné rozdělení výsledků jako základ pro korektní vyhodnocení nespojitých veličin

Data versus náhodná rozdělení

Obvyklá rozdělení



Širší možnosti

Distribution
Beta Distribution
Binomial Distribution
Birnbaum-Saunders Distribution
Burr Type XII Distribution
Chi-Square Distribution
Exponential Distribution
Extreme Value Distribution
F Distribution
Gamma Distribution
Generalized Extreme Value Distr.
Generalized Pareto Distribution
Geometric Distribution
Half-Normal Distribution
Hypergeometric Distribution
Inverse Gaussian Distribution
Logistic Distribution
Loglogistic Distribution
Lognormal Distribution
Nakagami Distribution
Negative Binomial Distribution
Noncentral F Distribution
Noncentral t Distribution
Noncentral Chi-Square Distr.
Normal Distribution
Poisson Distribution
Rayleigh Distribution
Rician Distribution
Stable Distribution
Student's t Distribution
t Location-Scale Distribution
Uniform Distribution (Continuous)
Uniform Distribution (Discrete)
Weibull Distribution

Data versus náhodná rozdělení

Některá rozdělení používaná v oblasti spolehlivosti distribučních sítí

Diskrétní náhodné veličiny

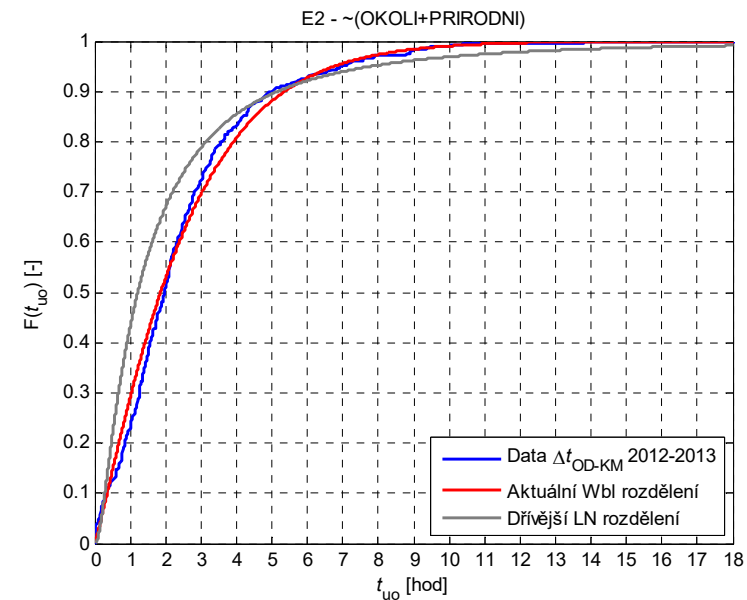
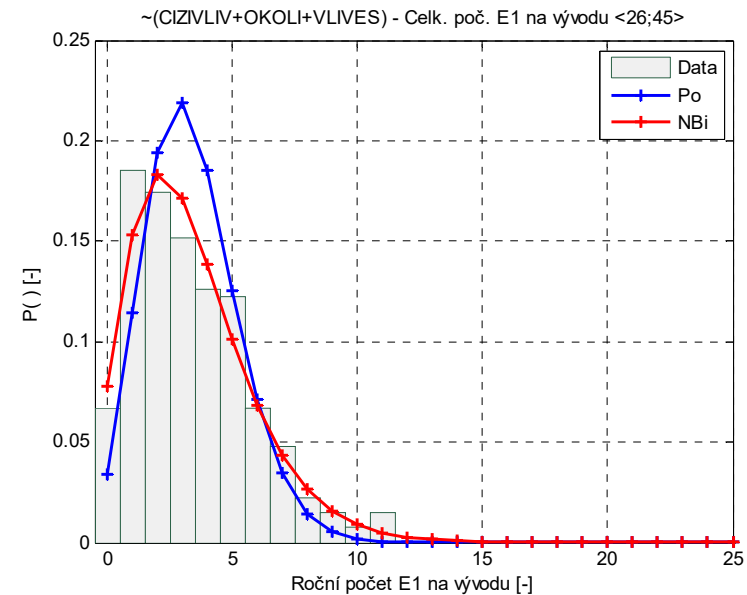
- Poissonovo rozdělení
- Negativně-binomické rozdělení

Příklad:
Roční počet přerušení

Spojitě náhodné veličiny

- Exponenciální rozdělení
- Weibullovo rozdělení
- Logaritmicko-normální rozdělení
- Rozdělení gama

Příklad:
Doba do poruchy
Doba trvání přerušení



Unikátnost simulace = základ vyhodnocení

0.5043
0.5032
0.5021
0.5047
0.4974
0.5059
0.4963
0.5037
0.5004
0.4919
0.4979
0.5038
0.5038
0.4983
0.4996
0.5021
0.5048
0.5038
0.4997
0.5022
0.5018
0.5046
0.4969
0.4925
0.4983
0.4978
0.4947
0.4977
0.5022
0.5037
0.5006
0.5073
0.5002
0.5006
0.5006

Simulace = jen jedna, ale obsahující vše

⇒ **Vrstvy simulace**

Kabelové sítě

- Vlastní poruchy kabelů
- Cizí zásahy

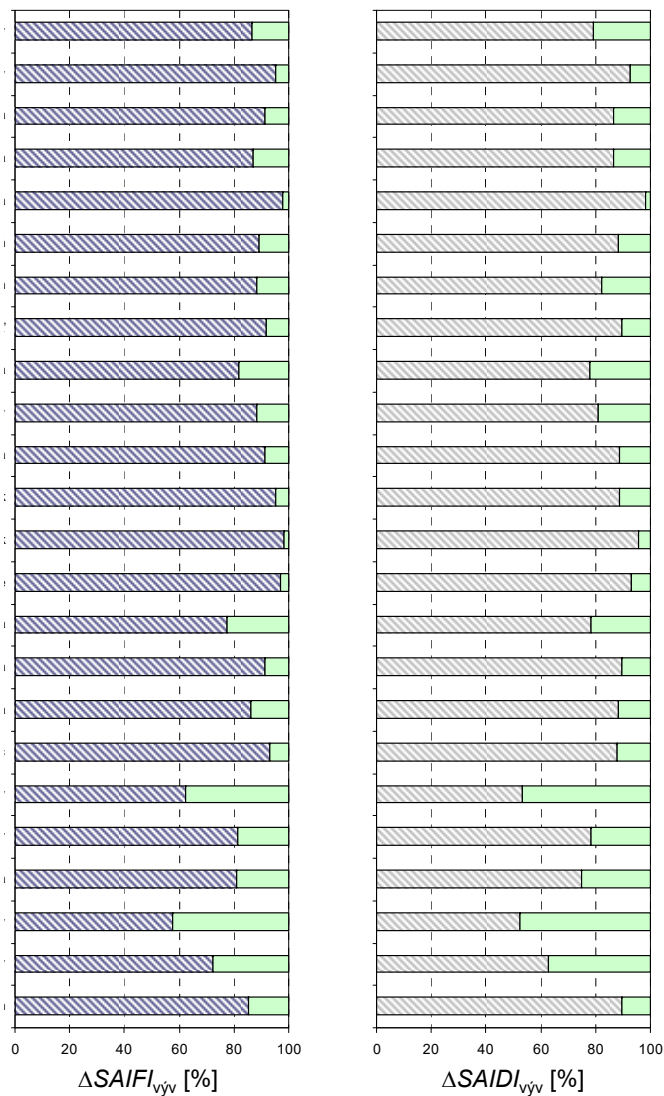
Venkovní sítě

- Poruchy bez poškození zařízení
 - Přírodní vlivy
 - Příčina nezjištěna
 - Cizí zásahy
 - Ostatní
- Poruchy s poškozením zařízení
 - Přírodní vlivy
 - Cizí zásahy
 - Materiálové a jiné vlivy
- Poruchy kabelových úseků

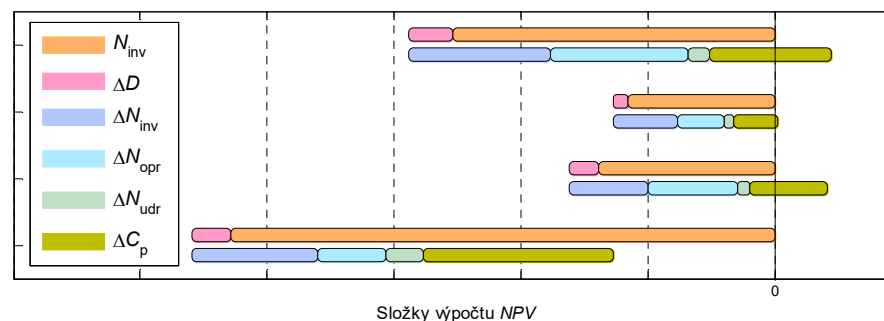
Unikátnost simulace = základ vyhodnocení

Příklad využití vrstev simulace – kabelizace úseků venkovního vedení

Změny ukazatelů nepřetržitosti distribuce



Ekonomické hodnocení



Simulace a vývoj v čase

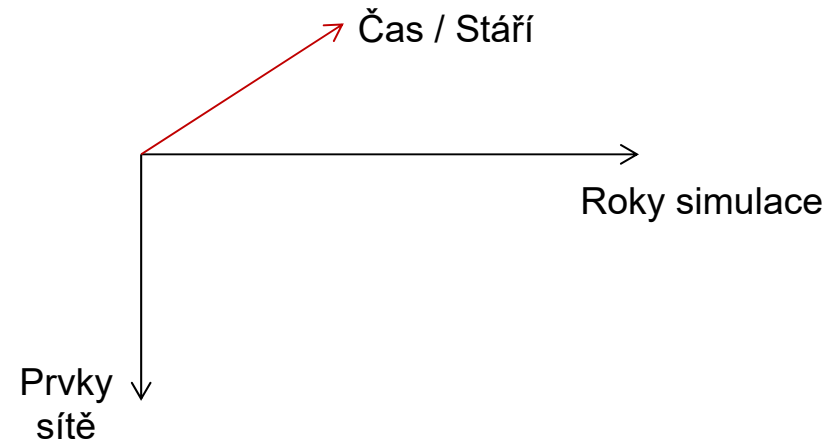
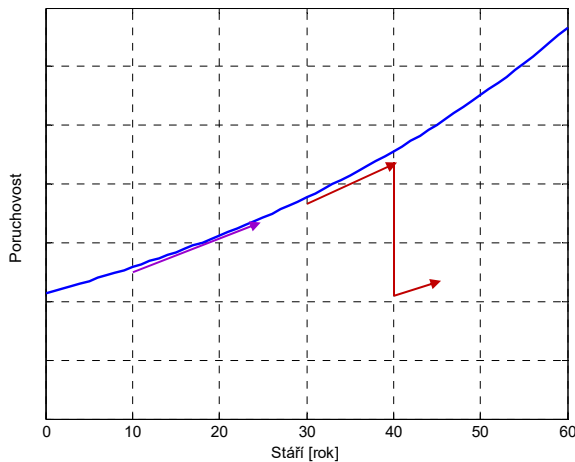
Obnova a postupné zlepšování ukazatelů nepřetržitosti distribuce

Obnova

- Prostá
- Rozšířená
- Podle stáří
- Podle specifického kritéria

Spolehlivost

- Vliv změny stáří
- Vliv nových prvků
Např. dálkové ovládání



Simulace a vývoj v čase

Příklad simulace s vývojem v čase – scénáře postupné obnovy DTS

Každý rok

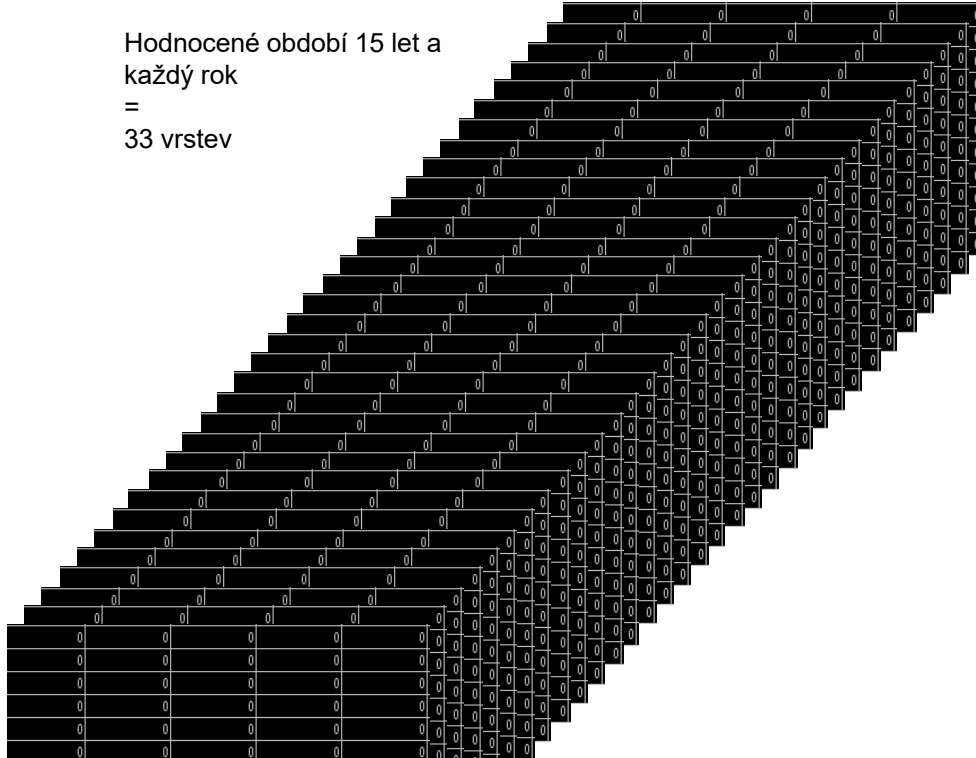
Kabelový úsek

- Vlastní poruchy
- Cizí zásahy

DTS

- Současný stav
- Každý rok bez obnovy
- Každý rok po obnově

Hodnocené období 15 let a
každý rok
=
33 vrstev



Časové řezy

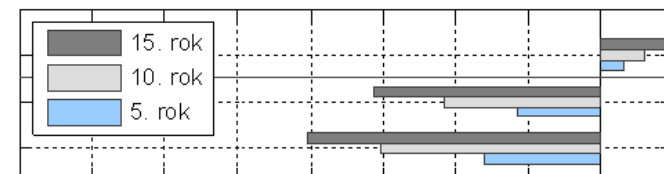
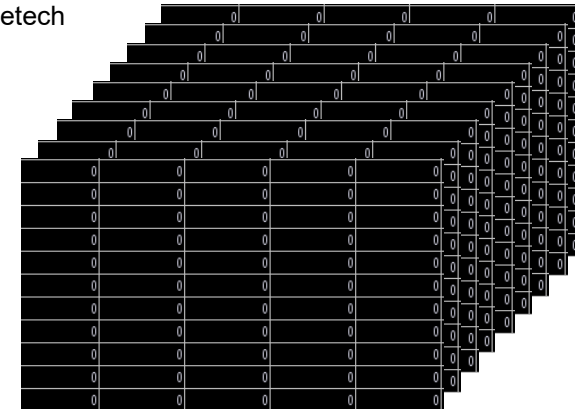
Kabelový úsek

- Vlastní poruchy
- Cizí zásahy

DTS

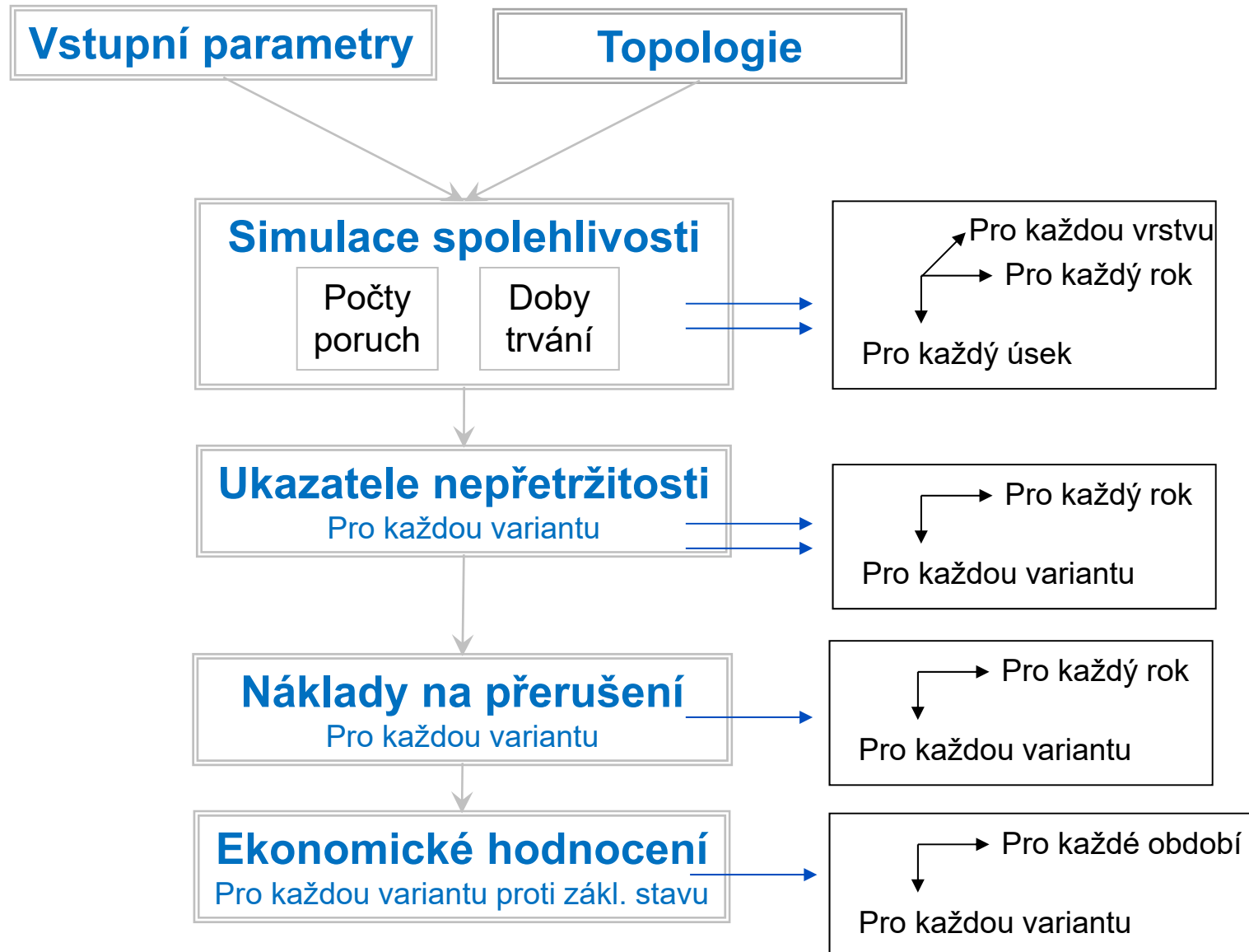
- Současný stav
- Časový řez bez obnovy
- Časový řez po obnově

Hodnocené období 15 let
a řezy po 5 letech
=
9 vrstev



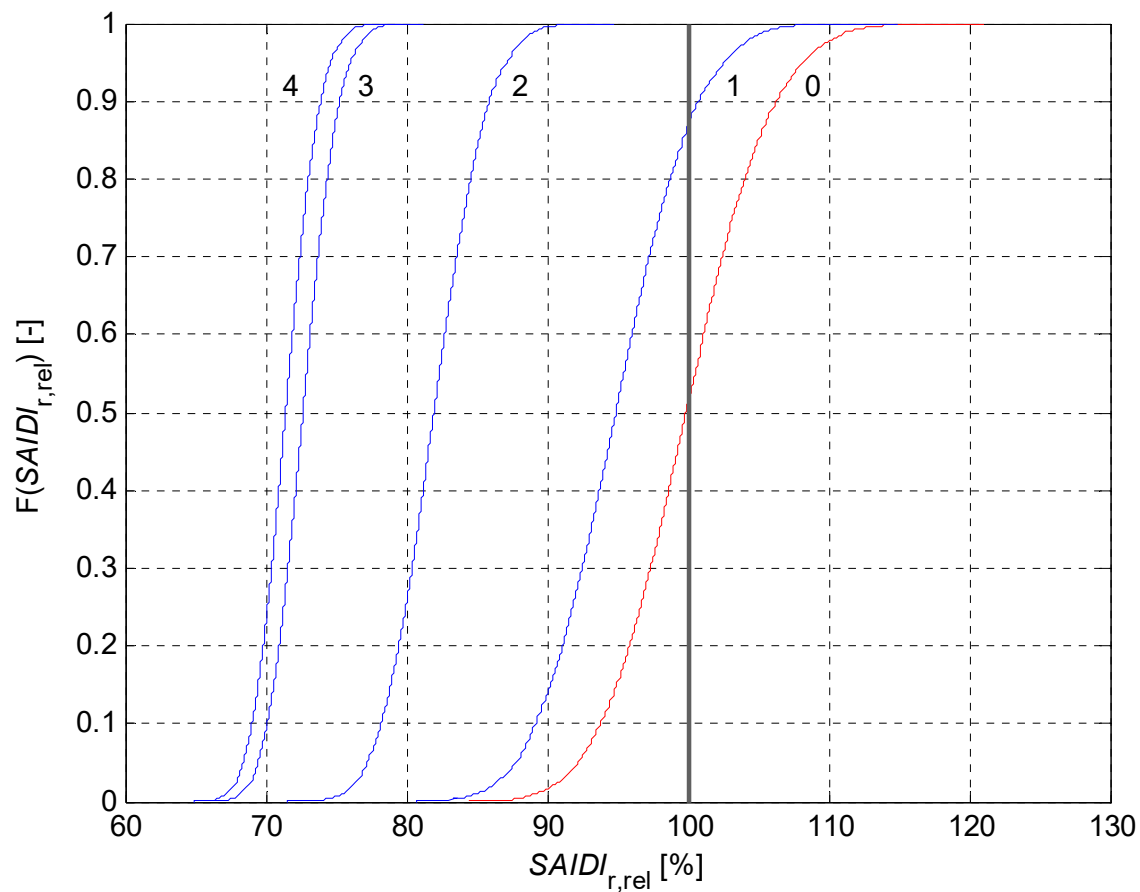
$\delta SAID_{sim}$

Plné rozdělení výsledků

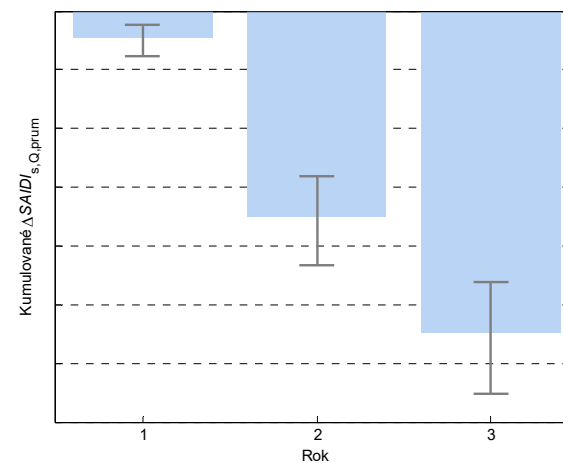


Plné rozdělení výsledků jako prostředek k vyhodnocení rizik

Příklad – rozdělení ročních hodnot SAIDI pro varianty vybavení vývodu

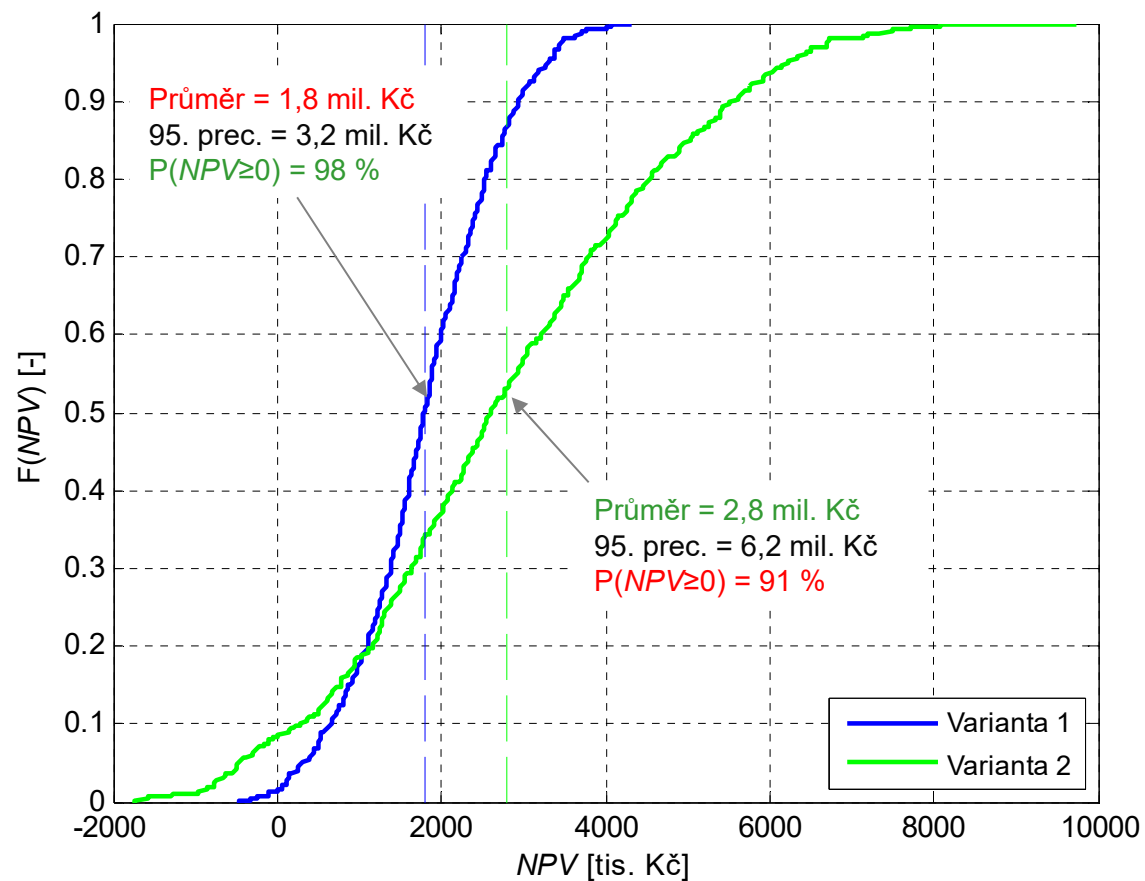


Průměr a rozpětí mezi 5. a 95. percentilem



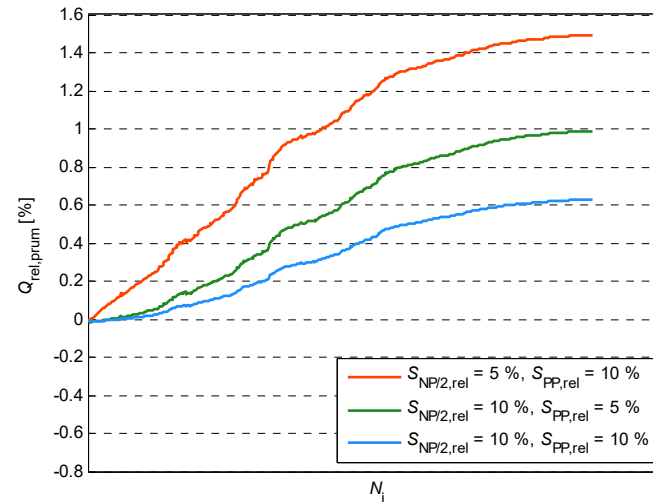
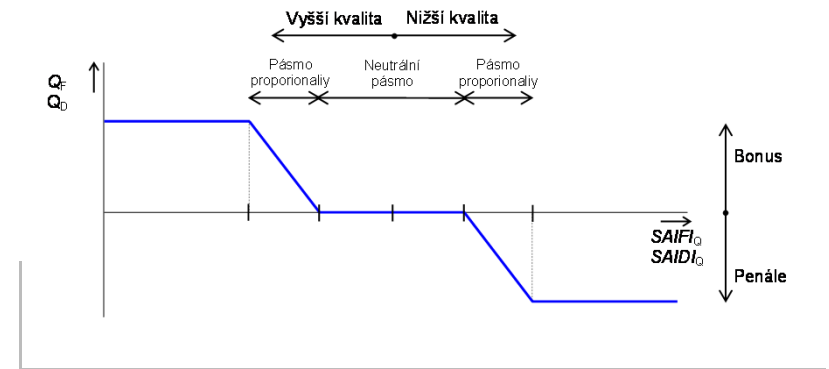
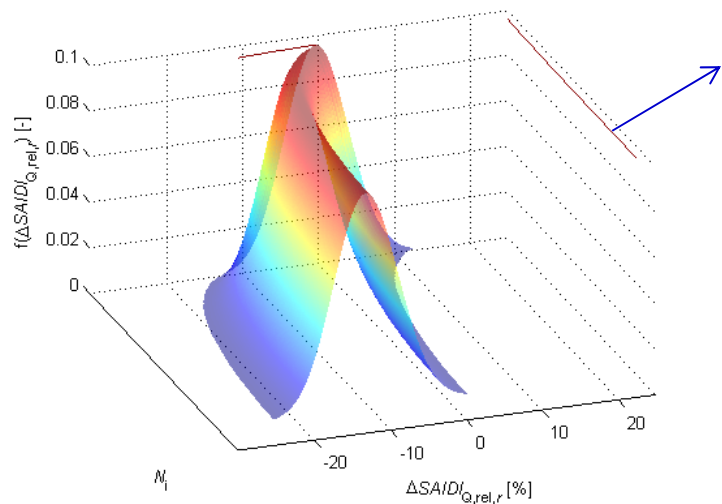
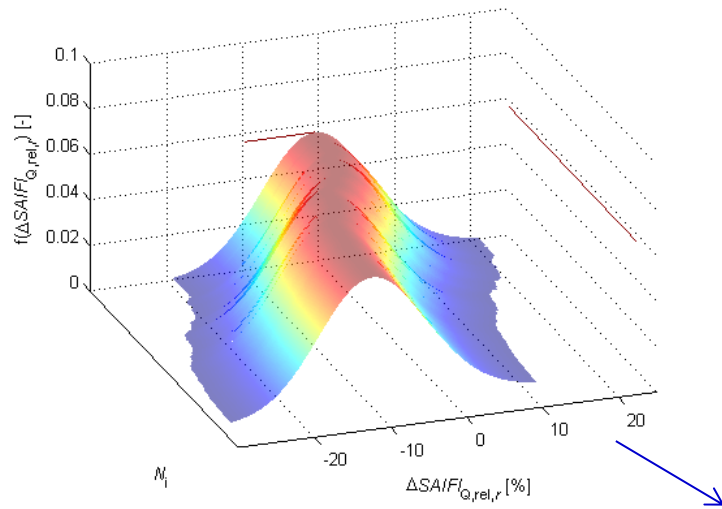
Plné rozdělení výsledků jako prostředek k vyhodnocení rizik

Příklad – rozdělení čisté současné hodnoty



Plné rozdělení výsledků jako základ pro korektní vyhodnocení nespojitých veličin

Příklad – hodnocení faktoru kvality



Shrnutí

- **Simulace = základ pro rozhodování o opatřeních ke zlepšení nepřetržitosti distribuce**
 - Změna ukazatelů nepřetržitosti distribuce
 - Změna nákladů na přerušení
 - Čistá současná hodnota
 - Faktor kvality
- **Detail modelování**
 - Závislý na typu úlohy a dostupných datech
 - Diferencování poruchovosti podle příčin
- **Specifika při plánování obnovy a rozvoje distribučních sítí**
 - Široké spektrum rozdělení náhodných veličin pro co nejlepší vystižení dat
 - Unikátnost simulace = základ vyhodnocení různorodých variant
 - Simulace a vývoj v čase
 - Plné rozdělení výsledků = základ pro korektní vyhodnocení nespojitých veličin
 - Plné rozdělení výsledků = prostředek k vyhodnocení rizik