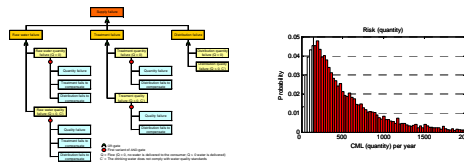


Felträdsanalys för utvärdering av riskreducerande åtgärder i dricksvattenförsörjning

Hydrologidagarna, Göteborg 2-3 mars 2009

Andreas Lindhe, Lars Rosén, Tommy Norberg,
Olof Bergstedt, Thomas Pettersson



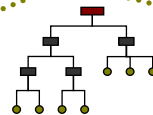
Hydrologidagarna 2009



Hur stor är risken?
Är den acceptabel?
Vilken effekt får möjliga åtgärder?
Vilken åtgärd ska väljas?

Felträdsmetod:

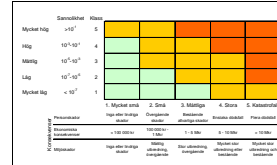
- Beräkna risken
- Jämföra med acceptanskriterier
- Modellera riskreducerande åtgärder
- Bidra med underlag för beslut



Hydrologidagarna 2009

Varför ny metod?

- Integrerade analyser – från källa till tappkran
 - Komplexa system
 - Interaktion mellan delar av systemet
 - Förmåga att kompensera för fel
- Få metoder och begränsad vägledning
- Kvantitativ och probabilistisk
 - Kvantifiera risken
 - Osäkerheter
 - Jämföra med acceptabel risk
- Användbarhet viktigt

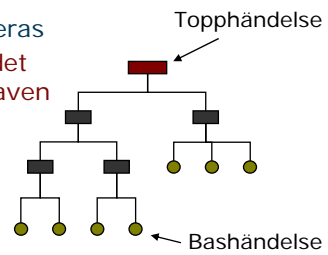


Felträdsmetoden

Feltyper: **Kvantitetsfel** – inget vatten kan levereras
Kvalitetsfel – vatten levereras men det uppfyller ej kvalitetskraven

Integrerad (råvatten, beredning & distribution)
 Utökad felträdsteknik
 Interaktion mellan händelser/komponenter
 Logiska grindar (OCH, ELLER, nya varianter)

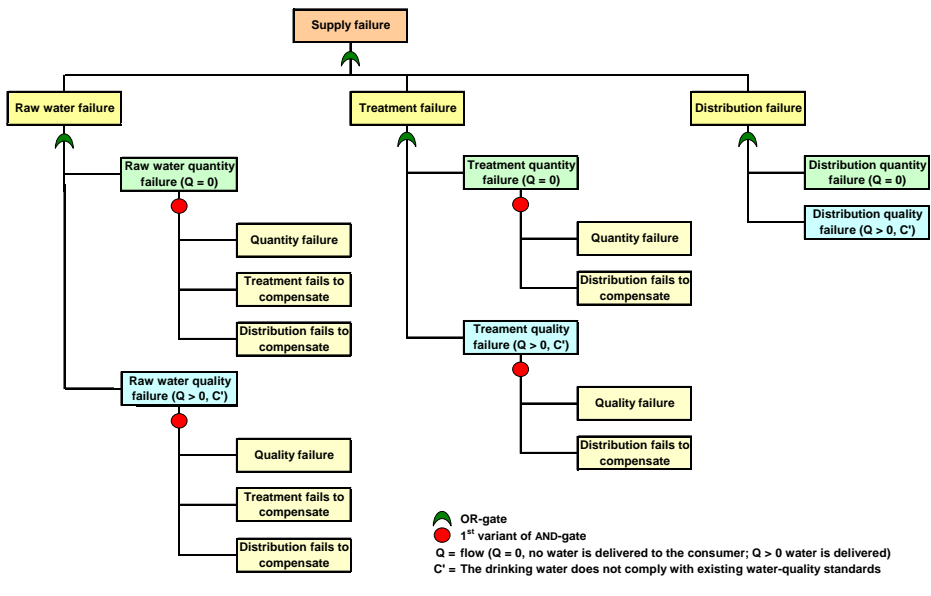
Expertbedömningar & befintlig data
 Systemets dynamik – tider



Förväntad tid till händelse, $1/\lambda$
 Förväntad varaktighet, $1/\mu$

↓

Sannolikheten för fel:
 $P_F = \lambda/(\lambda + \mu)$



Risk och osäkerhet

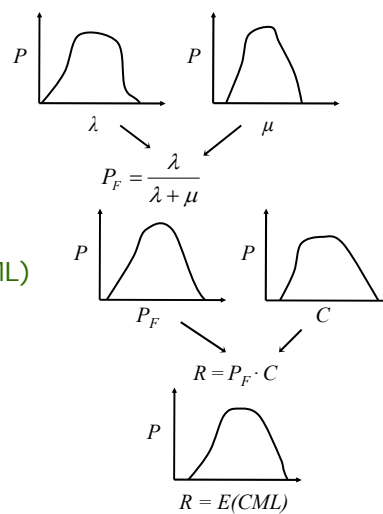
Risk: $R = \sum_{i=1}^n P_{Fi} C_i$

P , sannolikheten för fel
 C , andelen brukare som drabbas
 $i = 1, \dots, n$ del av systemet

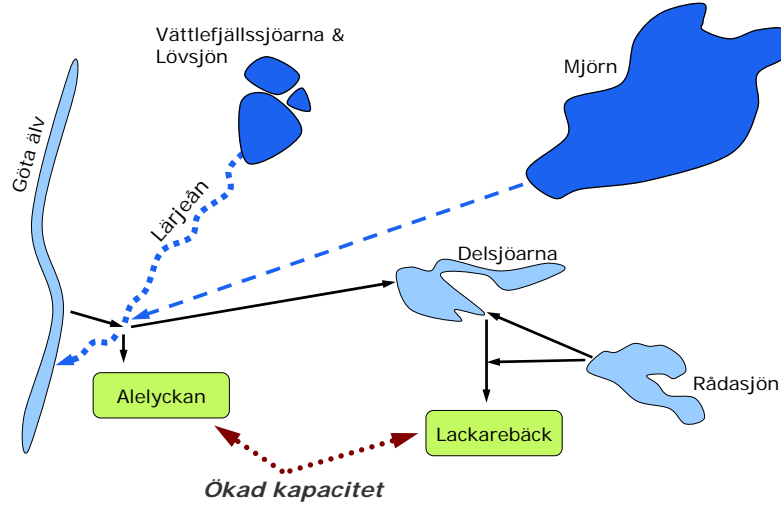
Risk = förlorade brukarminuter
 (Customer Minutes Lost, CML)

Probabilistiskt angreppssätt:

- Osäkerheter i indata
- Bayesianiskt angreppssätt
- Gamma- & betafördelningar
- Monte Carlo simuleringar

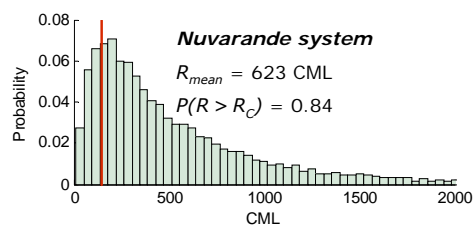


Göteborgssystemet & åtgärdsalternativ



Hydrologidagarna 2009

Nuvarande situation



- Avbrotts tiden för dricksvattenleveransen för den genomsnittlige brukaren ska vara mindre än 10 dygn på 100 år
- $R_c = 144$ CML/år för den genomsnittlige brukaren
- $P(R > 144) = 0,84$

Hydrologidagarna 2009

Åtgärdsalternativ

Alt. 1: Ökad kapacitet i vattenverken

Kompensationstid 3-120d

Sannolikhet att kompensation ej tillgänglig 0.0025-0.01

Alt. 2: Ökad kapacitet och tillgång till Lärjeåsystemet

Tillgänglighet 25-35d om ett verk, 8-18d om båda verken

Tid ej tillgänglig 7-60d

Alt. 3: Ökad kapacitet och tillgång till Mjörn

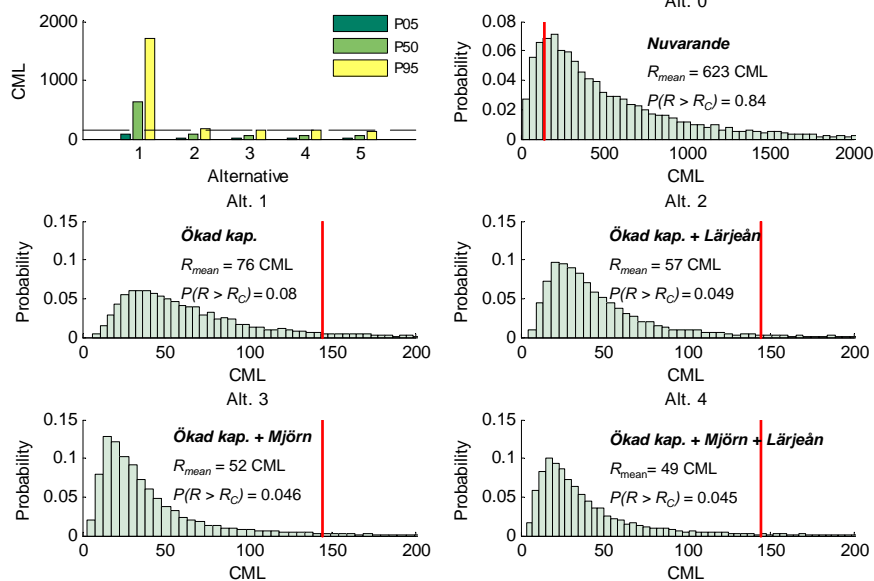
Kvalitetsfel: Inträffar vart 5-15 år, varaktighet 5-30d

Vattenbrist: Inträffar vart 5-15 år, varaktighet 1-30d

Tekiska fel: Inträffar vart 5-15 år, varaktighet 0.5-2d

Alt. 4: Kombination av alt. 2 och 3.

Preliminära resultat



Slutsatser

- Integrerad metod (från råvatten till tappkran)
- Systemets dynamik & interaktion mellan händelser
- Strukturerad metod med expertbedömningar och hårda data
- Probabilistisk (osäkerheter)
- Beslutsstöd
 - Kvantifiering – risk, åtgärdseffekt
 - Osäkerhetsanalys
- Hjälper för åtgärdsrioritering



Pågående och fortsatt arbete

- Kostnadseffektivitetsanalys
 - Restriktion – risknivå som måste uppfyllas
 - Välj det billigaste alternativet som uppfyller kravnivån
- Kostnads-nyttanalys
 - Ingen restriktion
 - Riskreduktion är en nytta
 - Nyttan jämförs med kostnaderna
 - Välj det alternativ som ger maximal ekonomisk vinst
 - Kräver monetarisering av kostnader och nyttor över given tidshorisont





Tack för stöd från:



Göteborgs
Stad



CHALMERS

Andreas Lindhe
andreas.lindhe@chalmers.se