

DSB Elsikkerhetsavdeling, Sandefjord 2012-06-20

# Sårbarhet i kraftforsyningen

Presentasjon av prosjektet "Vulnerability and security in a changing power system"

Gerd Kjølle, [gerd.kjolle@sintef.no](mailto:gerd.kjolle@sintef.no)

<http://www.sintef.no/Projectweb/Vulnerability-and-security/>

Prosjekt RENERGI 2009 – 2012:

## Vulnerability and security in a changing power system

- Indikatorer og metodikk for å overvåke og klassifisere sårbarheter i kraftsystemet
- Metoder og verktøy for å analysere risiko og sårbarhet i planlegging og drift av kraftsystemet
- Varighet: 2009 – 2012
- Budsjett: ca 16 mill kr



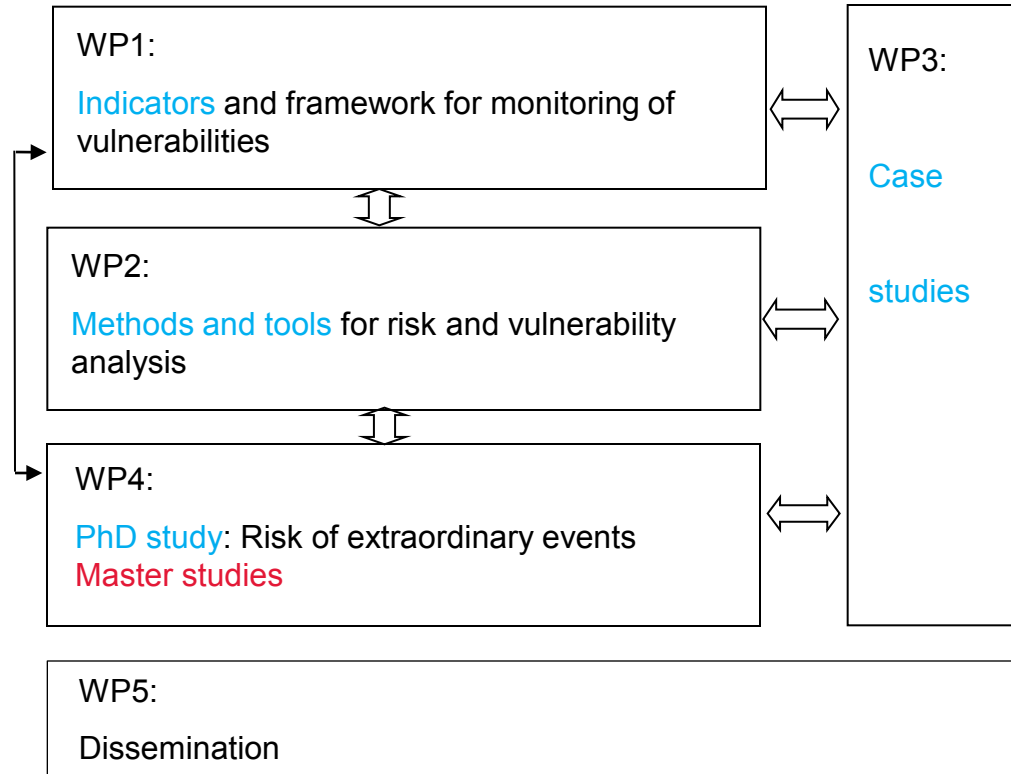
# Hvor står vi og hvor går vi?



- Kraftsystemet er **robust** og forsyningsikkerheten er god, men...
- Et **utdatert** og "fullt" kraftnett
- Økende elektrisitetsforbruk og **hardere drift** av komponenter og system
- Økte **klimabelastninger** forventes ("våtere, varmere og litt villere")
- Betydelig **nedbemanning** og aldrende arbeidsstokk
- **Kostnadseffektivitet**, redusert FoU, innovasjons"tørke"
- Økende **IKT-avhengighet** i kraftforsyningen
- **Integrasjon av fornybare** energikilder og samspill med flere energibærere

Hva gjør dette med sårbarhet og forsyningsikkerhet?

# Aktiviteter (Work packages)



# Indicators and framework

- Sårbarhetsbildet
- Definisjoner
- Litteraturstudier - State of the art vulnerability indicators
- Eksempler på indikatorer for de ulike dimensjonene i sårbarhetsbildet

# Methods and tools for risk and vulnerability analysis

- Bow tie – modell for analyse av risiko og sårbarhet
  - Modell i Matlab/Simulink
- Metodikk for identifikasjon av uønsket hendelse, kritiske utfallskombinasjoner, anleggsdeler osv.
- Metodikk for å kvantifisere og klassifisere konsekvens av uønsket hendelse
- Litteraturstudier og testing av metoder

# Doktorgradsstudie (PhD study) - Emil Hillberg

- Objective: *to develop models and methods to analyse the risk of extraordinary events*
  - For **increased security** and/or
  - **increased utilisation** of the power system
- Main focus:
  - **Perceive** extraordinary events
    - Understand, categorise, identify critical characteristics
  - **Predict** extraordinary events
    - Methods to assess risk of events
  - **Prevent** extraordinary events
    - Solutions to mitigate consequences of events

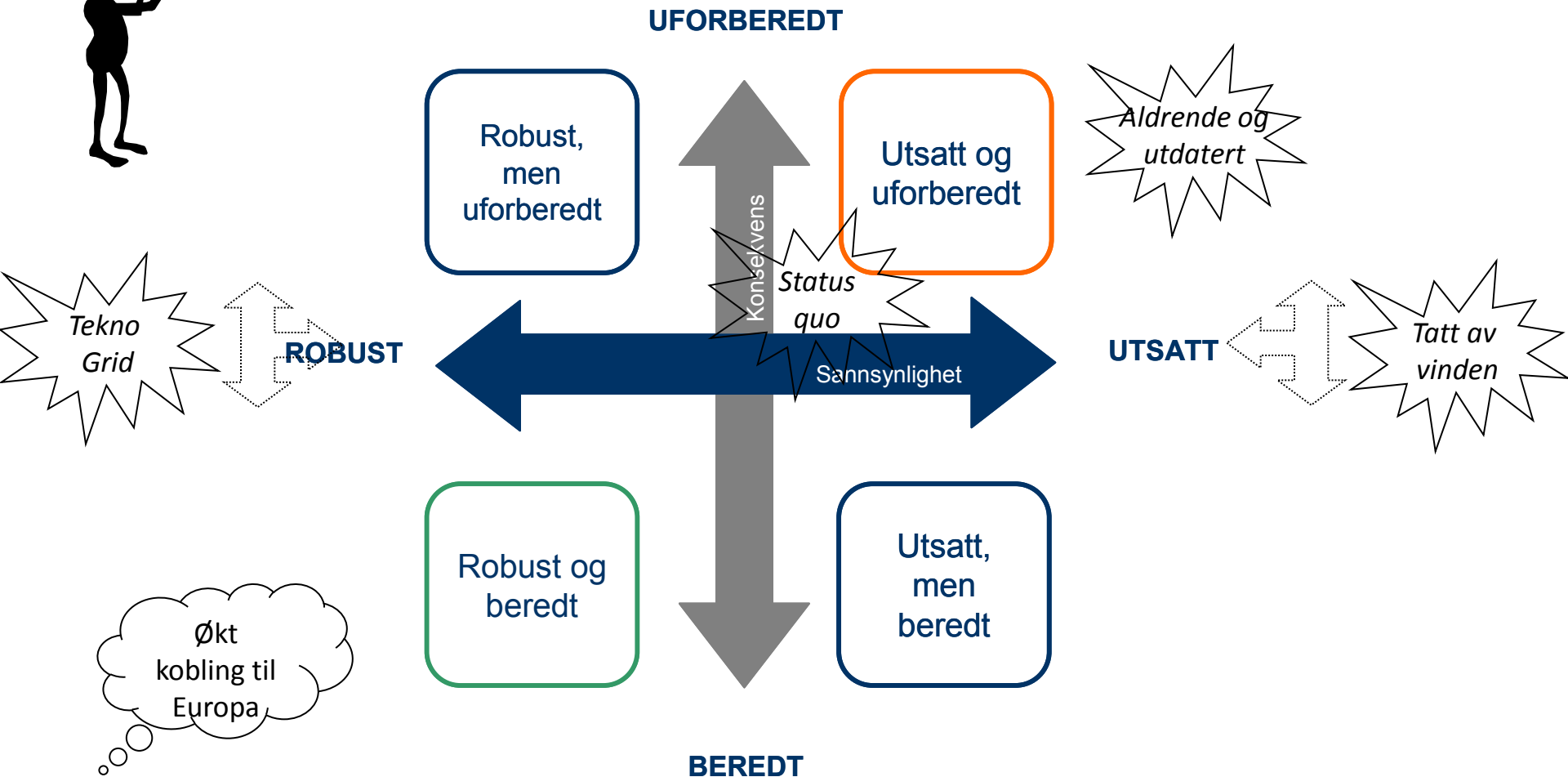
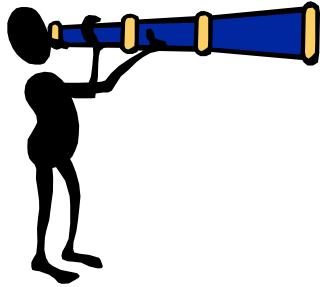
I fokus: Hendelser initiert i kraftsystemet, risiko i operativ drift

# Case studies

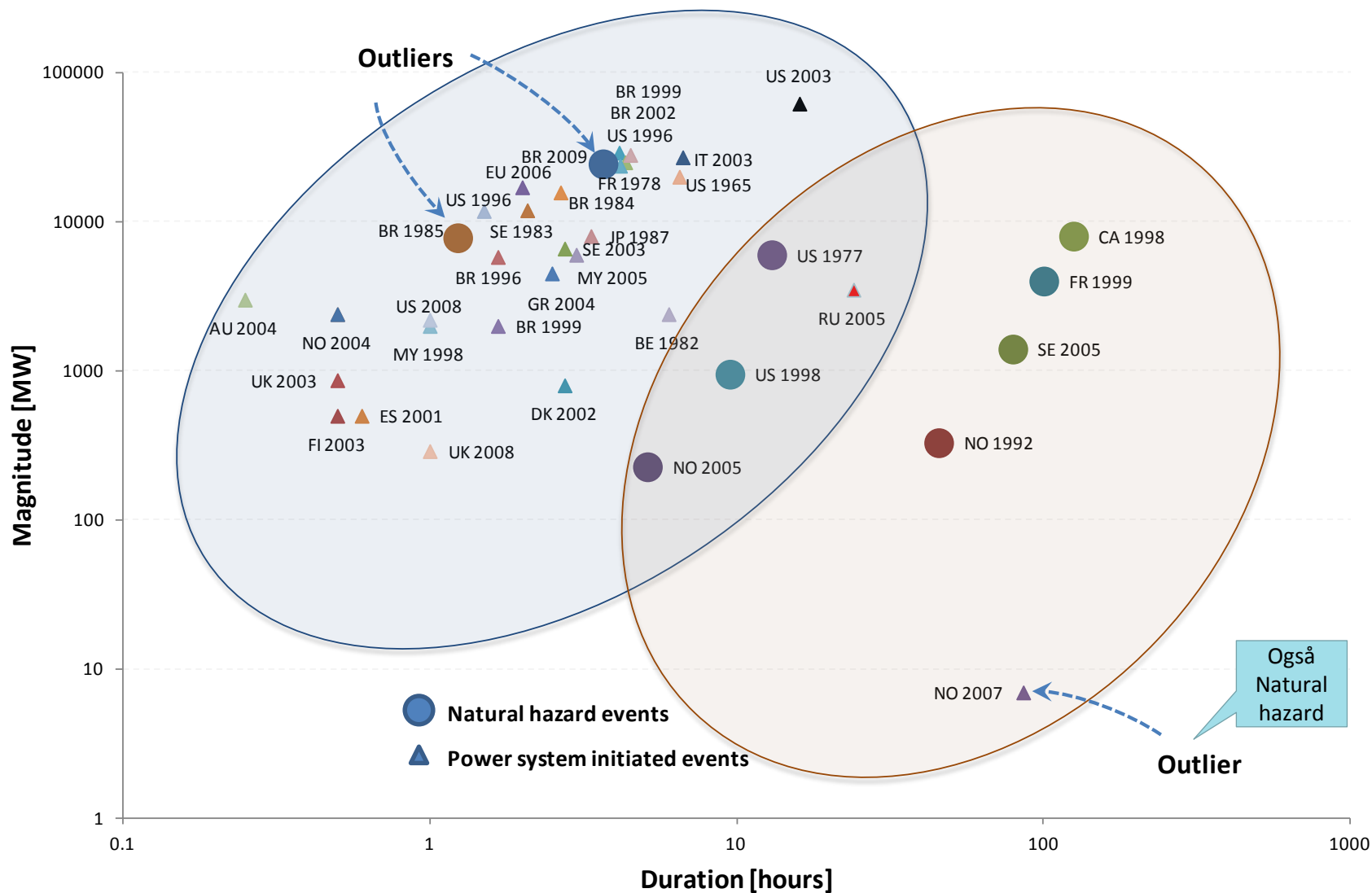
- **Scenarier** for utviklingen av kraftsystemet og sårbarhet fram mot 2030
- **Analyse av blackouts** og ekstraordinære hendelser
- **Case-studier**
  - Steigen, Leka, Oslo S, BKK, Energinet.dk, Frogner/Minne, Europa 2006, Dagmar
  - Samarbeid med NTE Nett og Skagerak Nett om case for **tilstandsindikator kraftledning**
  - Analyser av tidsserier av feil- og avbruddsdata inkl. større hendelser



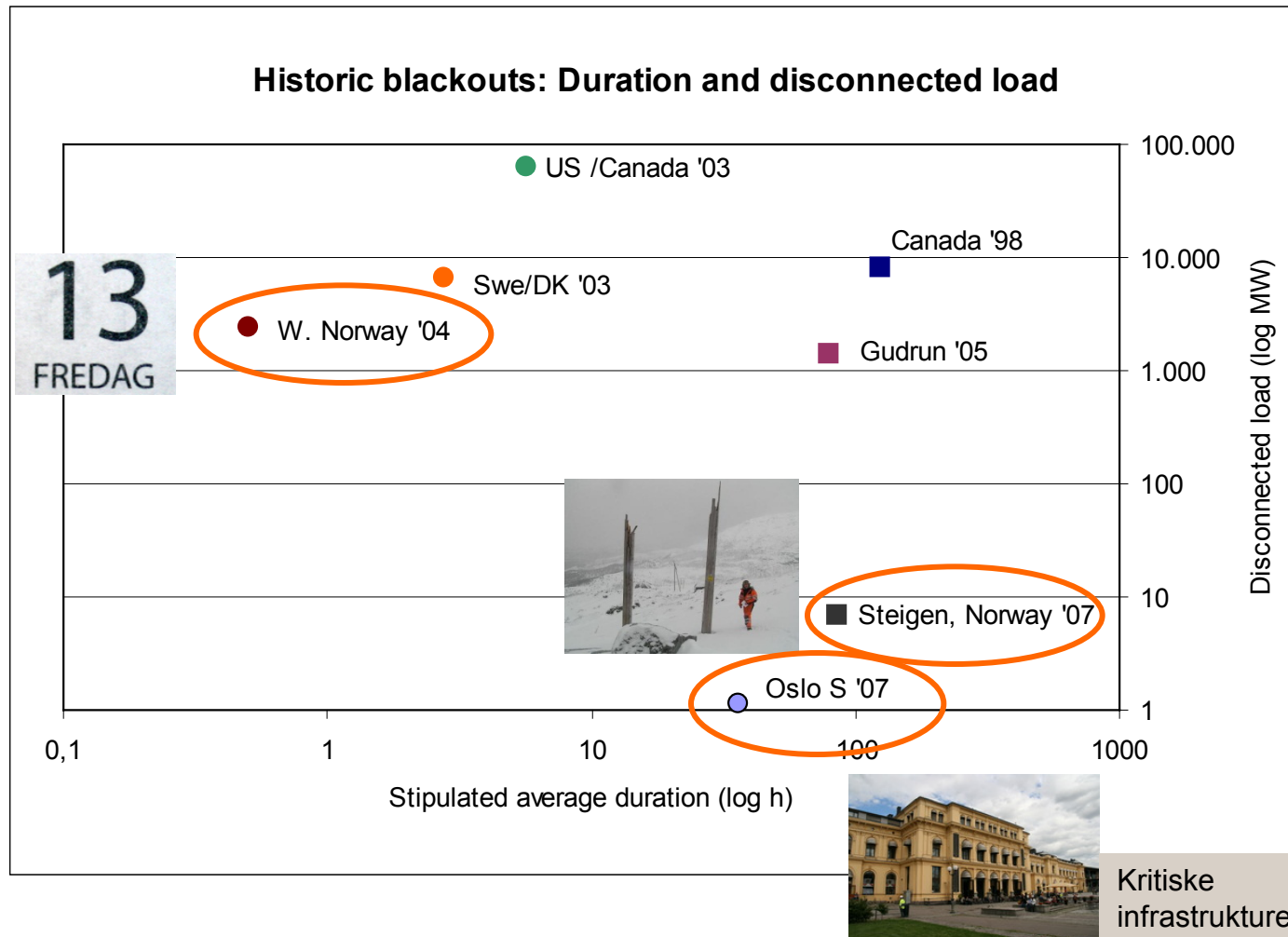
# I hvilken retning går utviklingen? – Scenarier



# Perceiving Extraordinary Events: Event categories

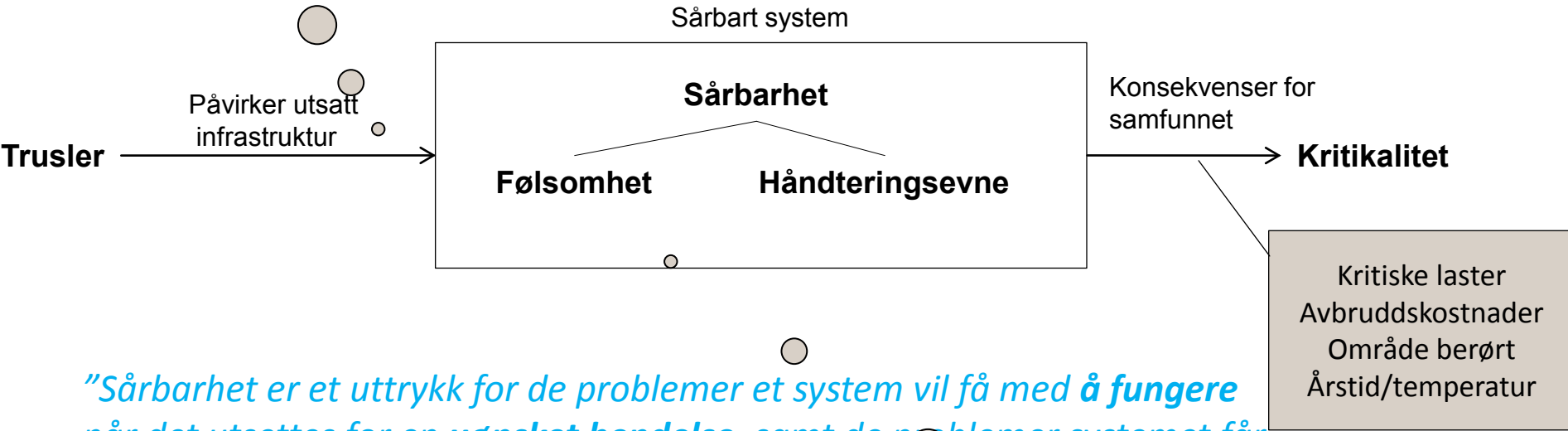


# Analyse av blackouts/ ekstraordinære hendelser



Vær-  
påkjenninger

# Sårbarhet – en definisjon



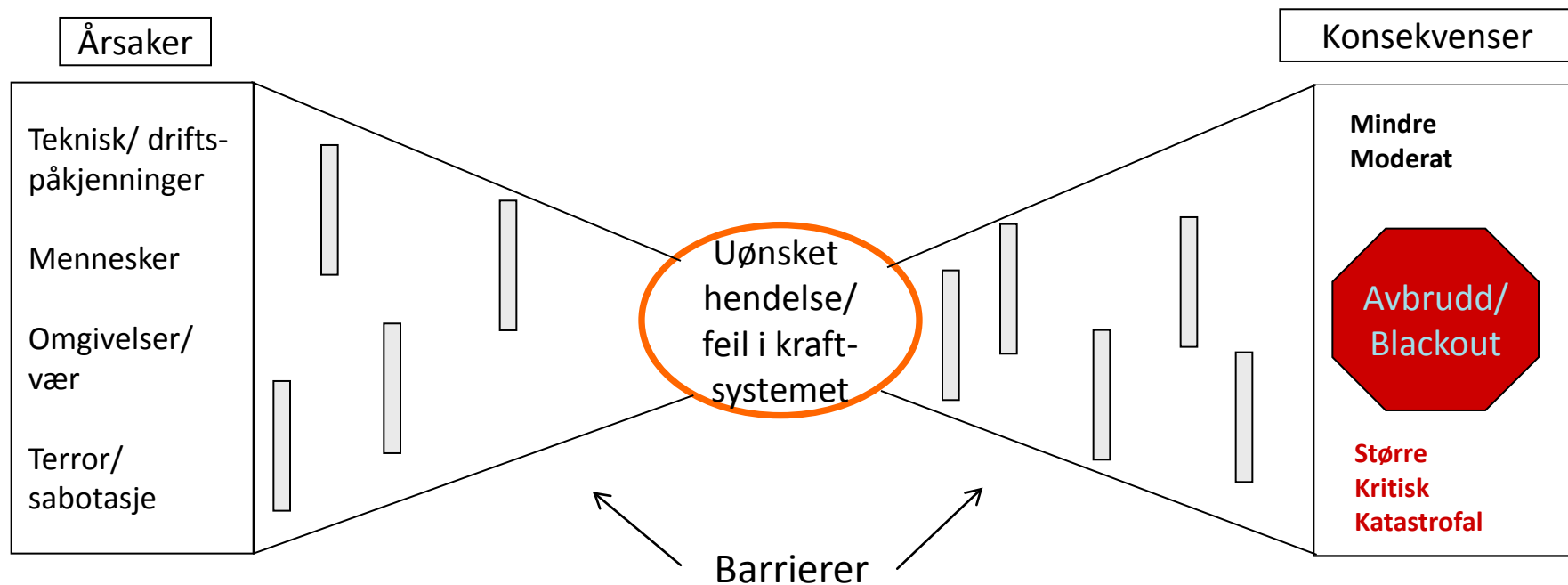
*”Sårbarhet er et uttrykk for de problemer et system vil få med å **fungere** når det utsettes for en **uønsket hendelse**, samt de problemer systemet får med å gjenoppta sin virksomhet etter at hendelsen har inntruffet.”*  
(Sårbarhetsutvalget, 2000)

”Liten tue  
velter stort  
lass”

Sårbarhet er en intern egenskap til selve systemet

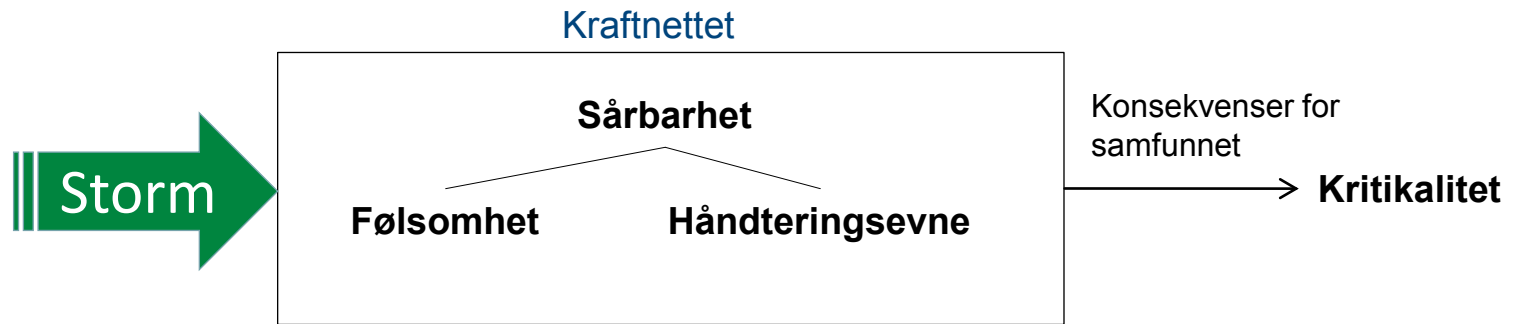
# Analysere og identifisere sårbarhet (bow tie)

- knyttet til ekstraordinære hendelser



Identifisere kritiske anleggsdeler, lokasjoner, funksjoner, driftssituasjoner mm.

# Sårbarhet overfor storm – eksempel



## Skogsutsatt område



- Flere linjer i samme trasé
- Teknisk tilstand for kritiske kraftledninger
- Mangelfull skogrydding

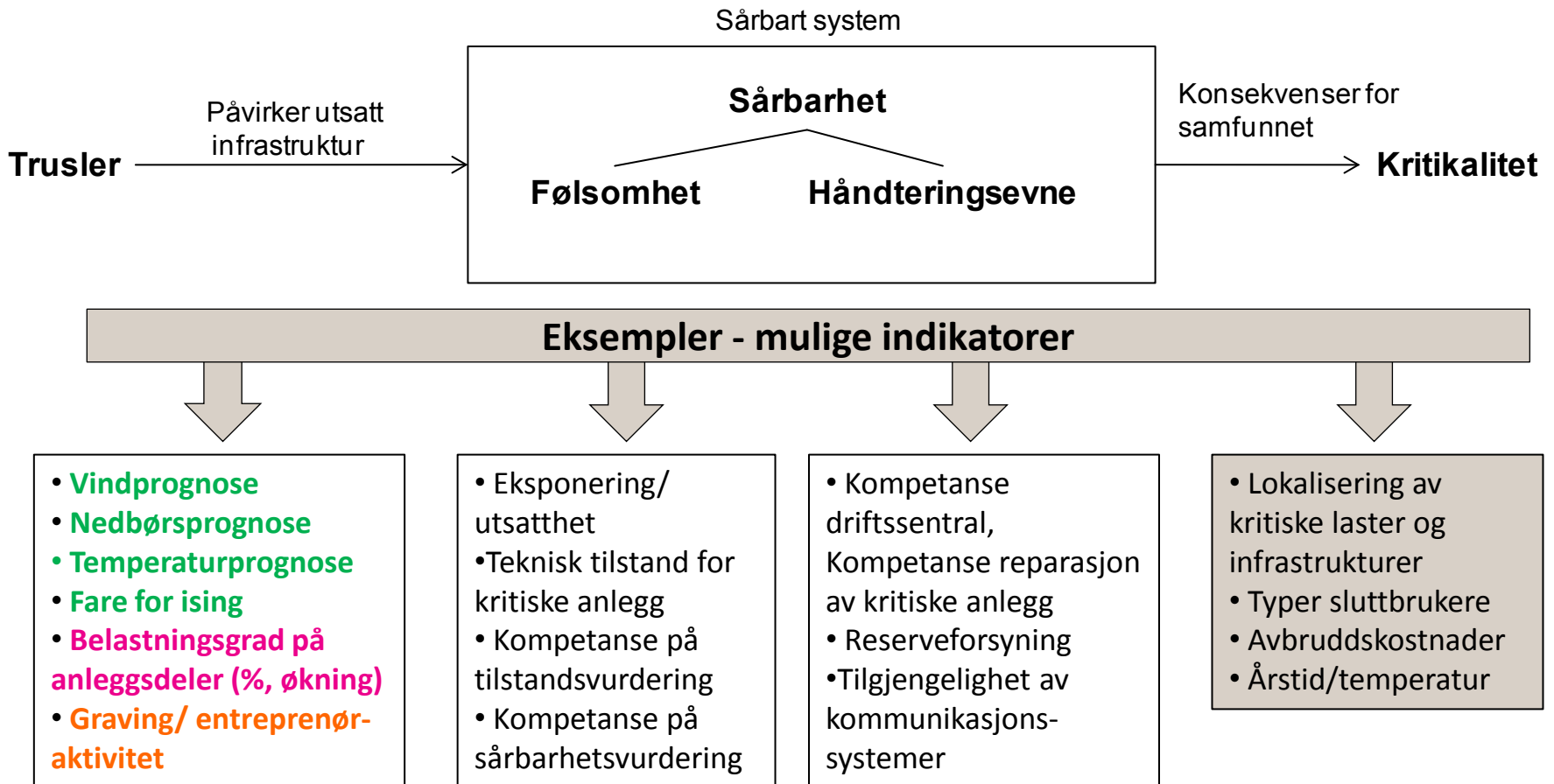
## Gjenopprettingstid

- Mannskaper
- Reparasjonskompetanse og -utstyr
- Reservedeler
- Reserveforsyning
- Koordinering/oversikt

Hemmende faktorer/trusler:

Været (storm, mørke)  
Transportsystem  
utilgjengelig  
Kommunikasjonsnett  
utilgjengelig

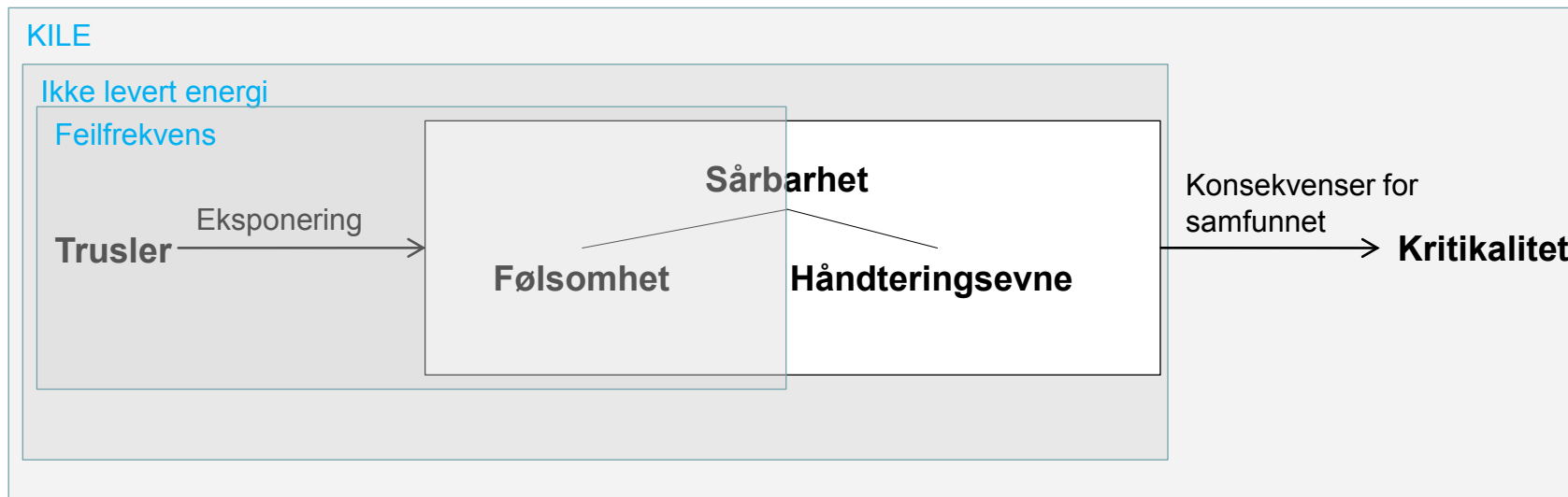
# Sårbarhet i flere dimensjoner



Mennesker – Teknologi – Organisasjon

# Hvordan kan vi overvåke sårbarhet

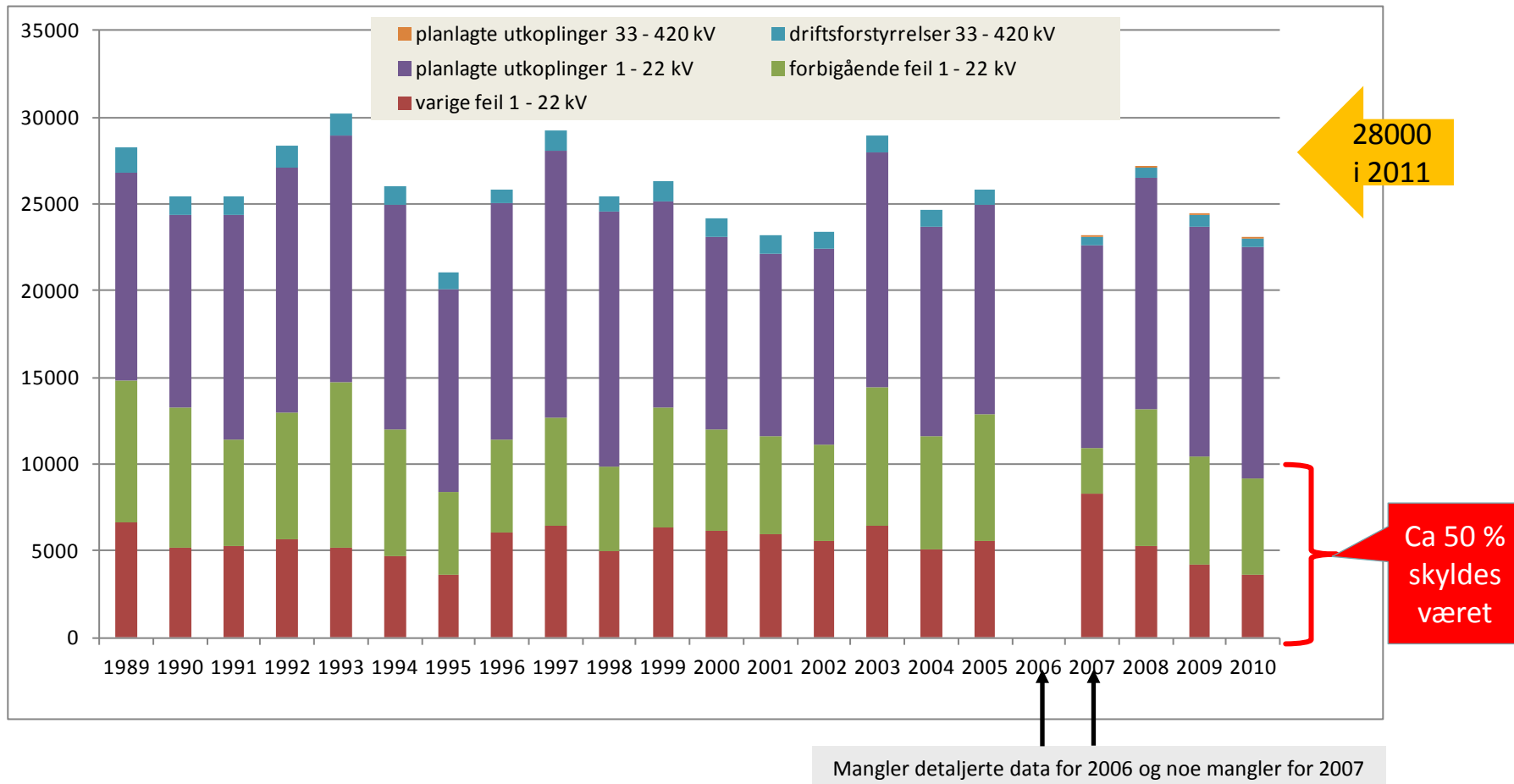
## Eksempler på indikatorer vi bruker i dag



Hvor gode er disse indikatorene til å beskrive sårbarhet?

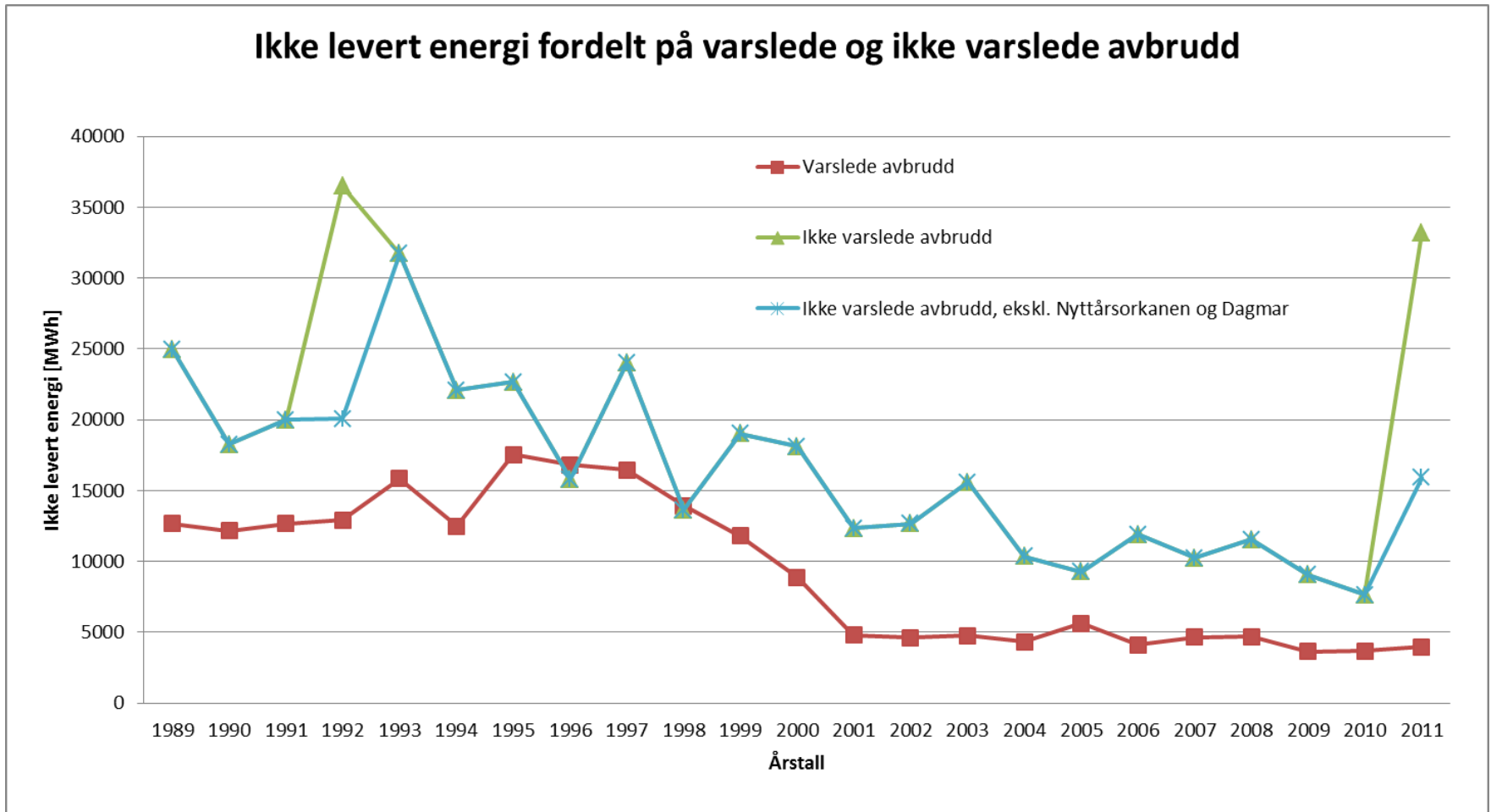


# ca 25000 feil og planlagte utkoplinger i kraftsystemet hvert år (1 – 420 kV)



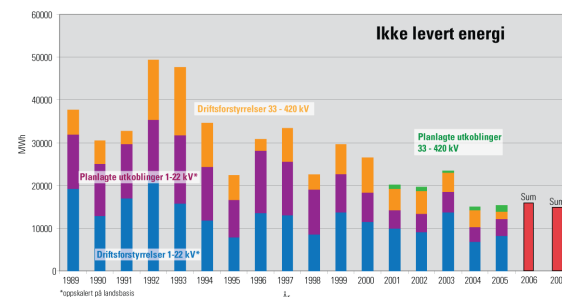
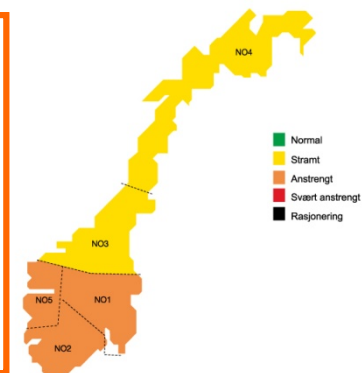
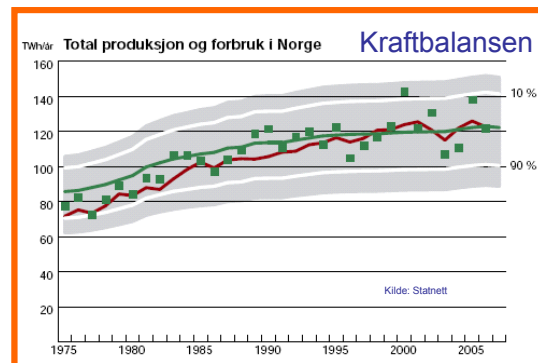
> 95 % i distribusjonsnettet, ca 50 % av hendelsene skyldes feil

# Utviklingen i ikke levert energi



# Hvordan overvåker vi sårbarhet og forsyningsikkerhet i dag?

- Kraftbalansen (energi, effekt)
- Målinger av spenningskvalitet
- Feilanalyse
- Feil- og avbruddsstatistikk (**FASIT**)
- KILE-kostnader
- Aldersutvikling på komponentene
- Investeringer
- Vedlikehold og reinvesteringer
- Værvarsel (ekstremvær-)
- Overholdelse av forskriftskrav
- Statistikk over ulykker med elektrisitet, med personskade
- Lære av tidligere (ekstraordinære) hendelser
- Risiko- og sårbarhetsanalyser
- Kraftsystemutredninger
- Myndighetstilsyn (NVE, DSB)



# To typer indikatorer for å måle sårbarhet

## 1. Leading og lagging



- Sårbarhet til systemet
  - **Lagging** indikator: Sier noe om hvordan sårbarheten til et system **har vært eller er**
  - **Leading** indikator: Sier noe om hvordan sårbarheten til et system **vil utvikle seg i framtida**

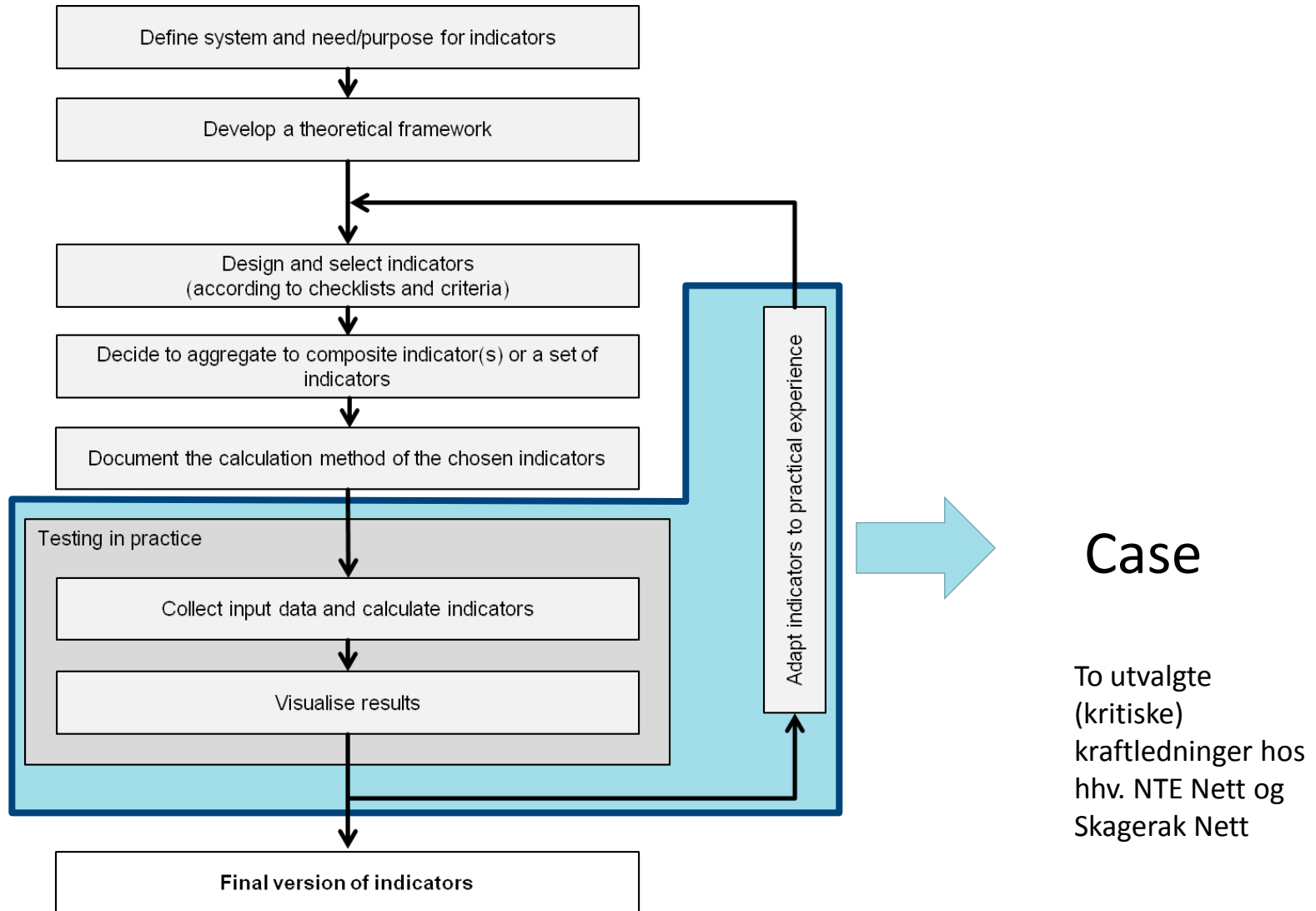
## 2. Activity og outcome



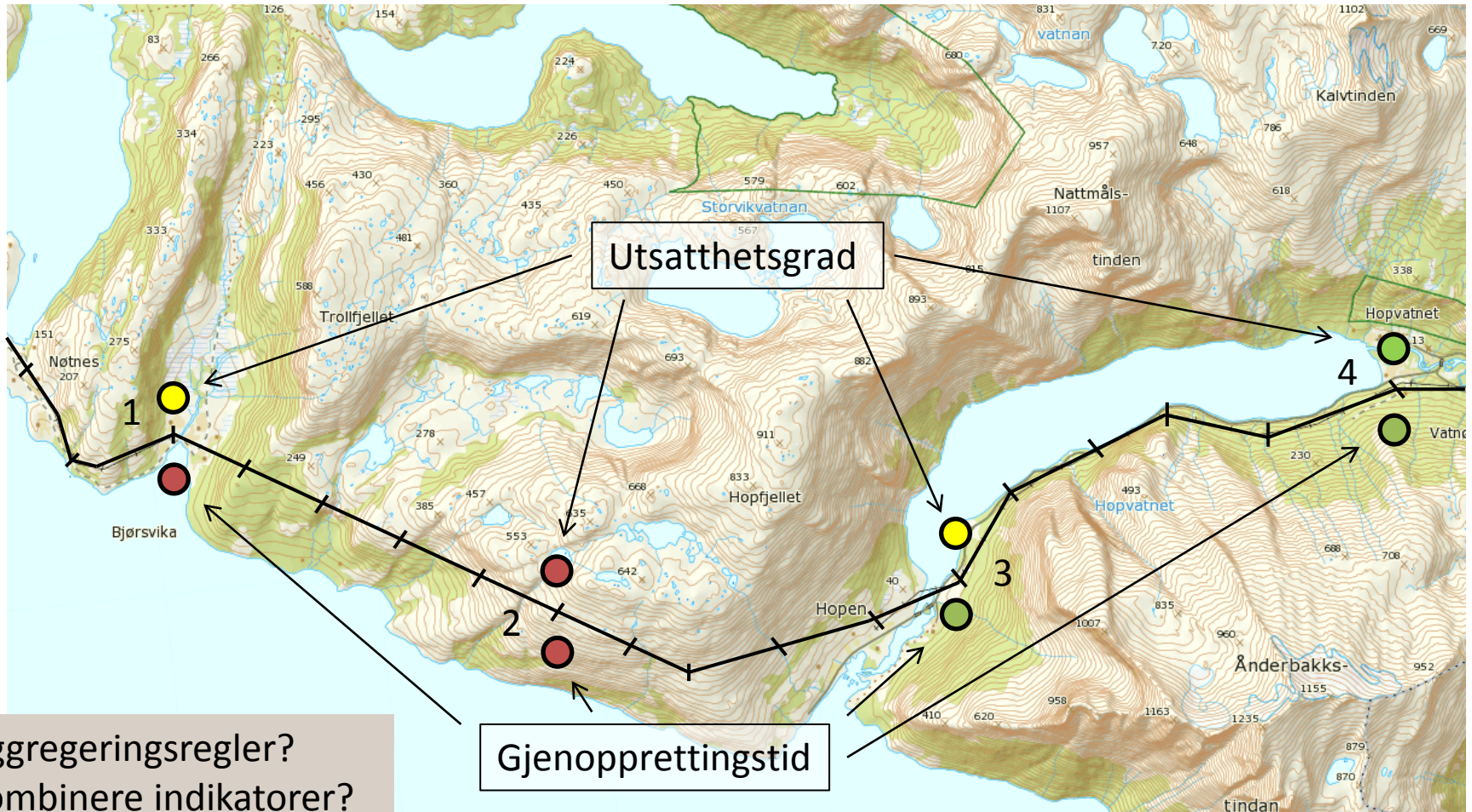
- Aktiviteter for å redusere sårbarhet
  - **Activity** indikator: Sier noe om **aktivitetsnivået** for å redusere sårbarheten
  - **Outcome** indikator: Sier noe om en målrettet aktivitet **har ført** til en reduksjon i sårbarhet

Lagging	Leading	Activity	Outcome
Technical condition of power line	Prognosis for technical condition of power line based on ageing model	Number of replaced joints of poor quality	Reduction in number of power line faults related to joints

# Utvikling av indikatorer

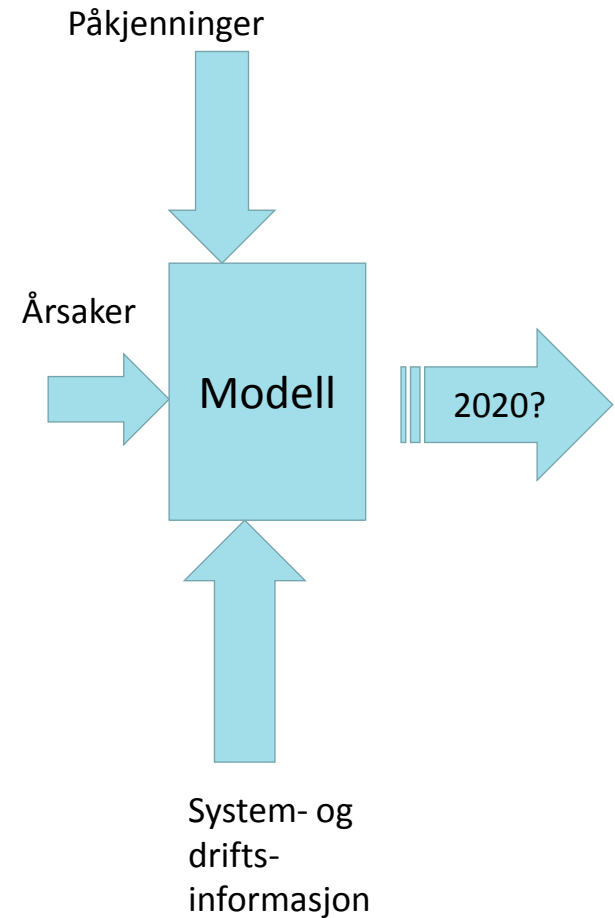
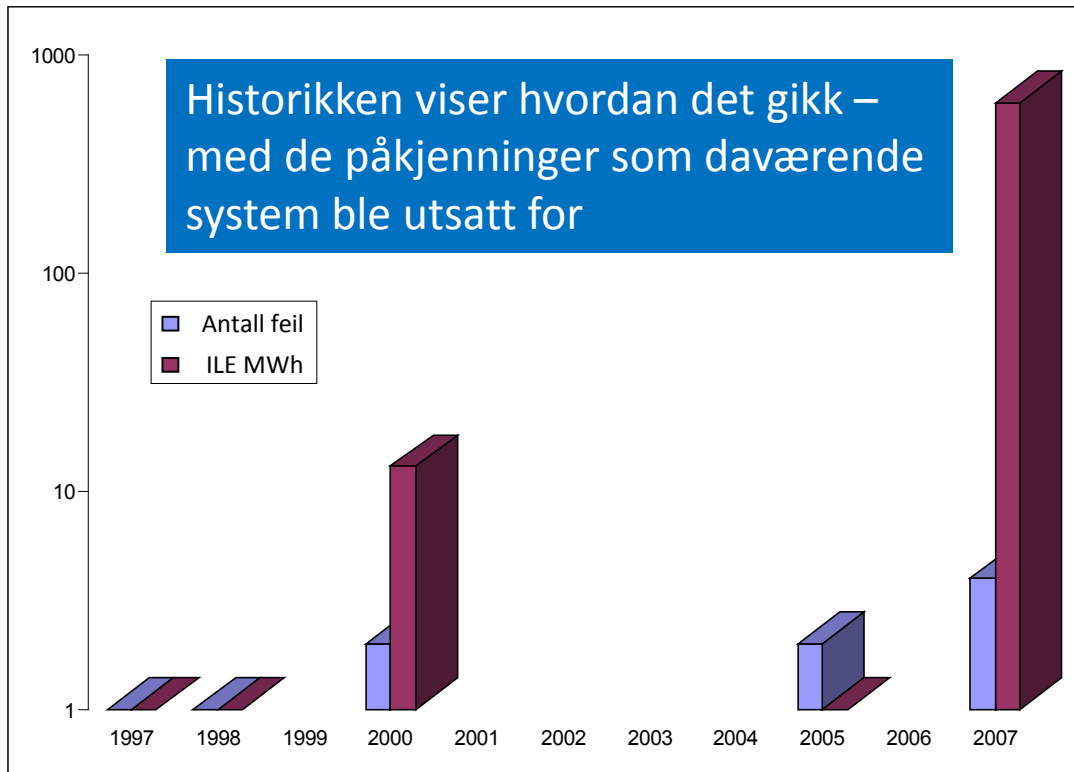


# Eksempel – tilstandsindikator(er) for kraftledning



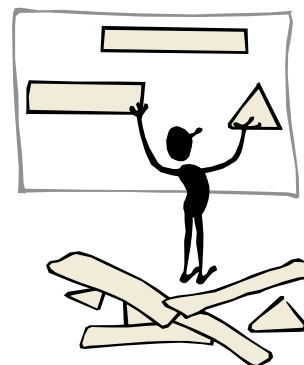
Aggregeringsregler?  
Kombinere indikatorer?  
Skala?

# Hvordan utvikler sårbarheten seg? Fra lagging til leading



# Sårbarhetsindikatorer – ønsket resultat

- Trinn 1:
- Indikatorer som beskriver sårbarhet
  - Overfor gitte typer trusler
  - For ulike aspekter av sårbarhet
  - For ulike formål
  - Prioritering: hva kjenner tegner en god indikator?
- Trinn 2 og senere:
- Fra lagging til leading indikator
- Målestokker og skala for indikatorene
- *Datagrunnlag – hvilke data må registreres*
- Beregning av indikatorene
  - Modeller og metoder
- Aggregering, kombinasjon av indikatorer/informasjon



Neste generasjon FASIT?



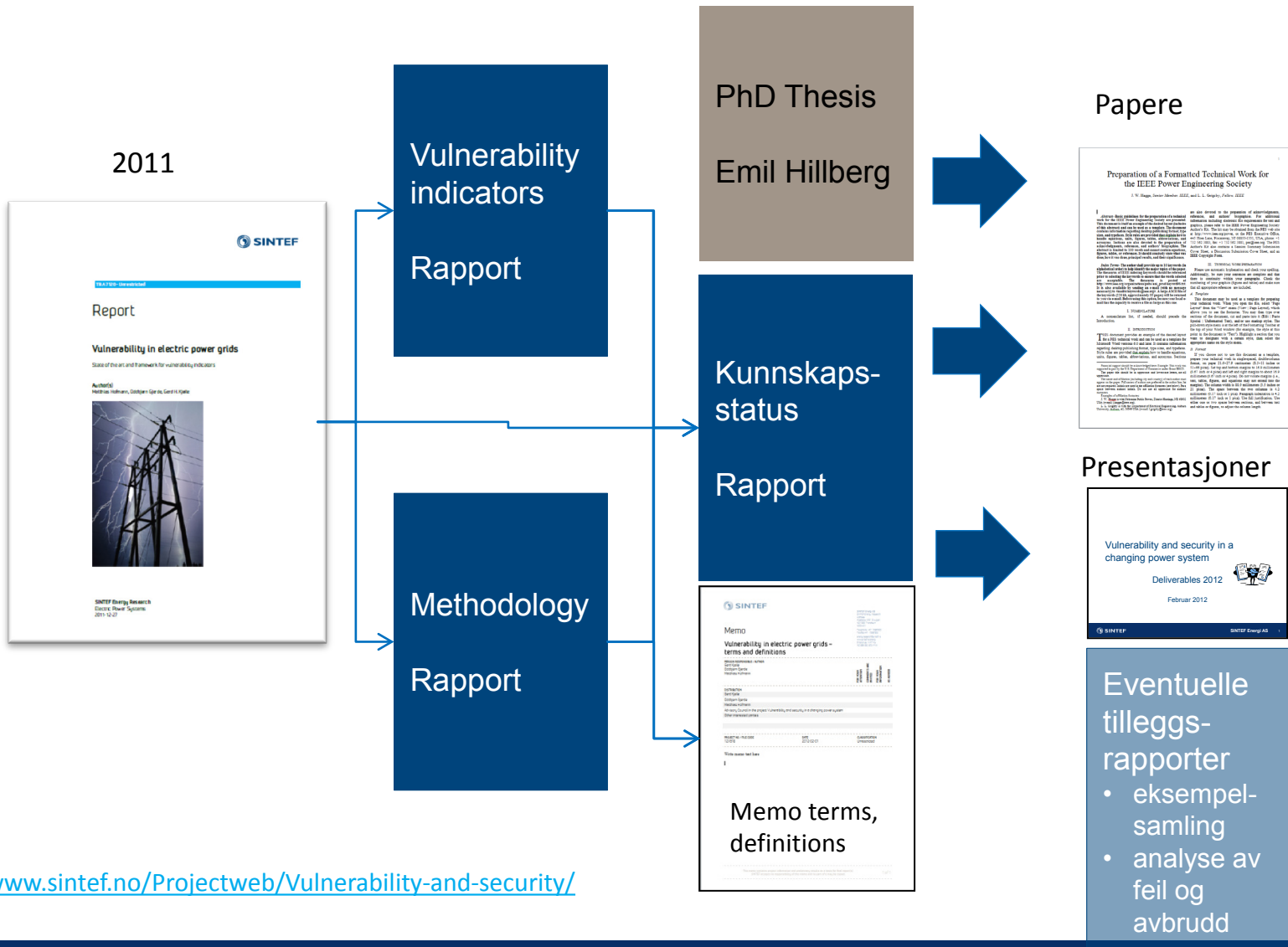
# Skisse til hovedprosjekt "Neste generasjon FASIT"

- Mål
  - Resultatmål: Utvikle neste generasjon FASIT for å møte bransjens behov gjennom utnyttelse av ny teknologi og kunnskap.
  - Effekt mål: Effektivisere FASIT-arbeidet, øke motivasjon og kompetanse, heve kvaliteten på datagrunnlaget og øke anvendelsen av feil- og avbruddsdata til ulike formål.
- Varighet
  - 2013-2015
  - "Flertrinnsrakett" - dvs. implementere delresultater underveis i prosjektperioden
- Ramme
  - I størrelsesorden 6-8 mill. NOK over 3 år
- Aktuelle partnere / finansierer
  - Energi Norge (prosjekteier)
  - Statnett
  - NVE
  - DSB
  - Nett- og produksjonsselskap
  - FASIT programleverandører
  - The Norwegian Smart Grid Center
  - Store industriaktører
  - REN
  - Forskningsrådet



## Utkast

# Avslutning Sårbarhetsprosjektet 2012: Leveranser



<http://www.sintef.no/Projectweb/Vulnerability-and-security/>

# Flere eksempler på indikatorer

- Steigen
- Oslo S
- BKK-området

# Steigen: Samtidig utfall av to 66 kV kraftledninger



Sårbart system

Påvirker utsatt infrastruktur

Konsekvenser for samfunnet

Trusler

Sårbarhet

Kritikalitet

Følsomhet

Håndteringsevne

## Mulige indikatorer - eksempler

- **Vindprognose**
  - Styrke
  - Retning
  - Forventet varighet
- **Nedbørsprognose**
- **Temperaturprognose**
- **Fare for ising**
- **Økning i belastningsgrad på 66 kV kraftled.**
- Graving/ entreprenøraktivitet

- **Eksponering av kritiske systemer og anlegg (vind, ising)**
- **Belastningsgrad 66 kV kraftledning**
- **Teknisk tilstand for 66 kV kraftledning**
- **Kompetanse på tilstandsvurdering av 66 kV kraftledning**
- **Kompetanse på sårbarhetsvurdering**

- Kompetanse driftssentral
- **Kompetanse på reparasjon av 66 kV kraftledning**
- **Tilgang reservemateriell 66 kV kraftledning**
- **Tilgang reserveaggregater**

- Lokalisering av kritiske laster og infrastrukturer
- Avbruddskostnader
- Typer sluttbrukere
- Temperatur

# Oslo S: Kritisk lokalitet, avhengige infrastrukturer



Sårbart system

**Sårbarhet**

Følsomhet

Håndteringsevne

Konsekvenser for samfunnet

**Kritikalitet**

Påvirker utsatt infrastruktur

**Trusler**

## Mulige indikatorer - eksempler

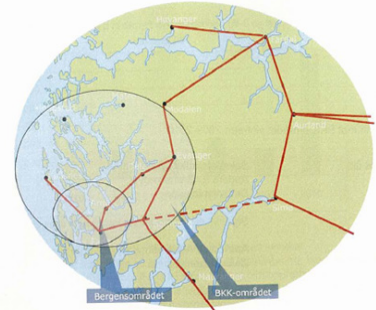
- Vindprognose
  - Styrke
  - Retning
  - Forventet varighet
- Nedbørsprognose
- Temperaturprognose
- Fare for ising
- Belastningsgrad på anleggsdeler
- **Graving/ entreprenør-aktivitet der infrastruktur møtes**

- **Plassering av infrastruktur/ felles kulvert /punkter**
- **Teknisk tilstand kabler**
- **Kompetanse på tilstandsvurdering av kabler**
- **Kompetanse på sårbarhetsvurdering på tvers av infrastruktur**

- **Kompetanse driftssentral koord.**
- **Felles oversikt parallelle føringer**
- **Kompetanse på reparasjon av kabel**
- **Tilgang på reserveaggregater**
- Tilgjengelighet av kommunikasjonssystemer

- Lokalisering av kritiske laster og **infrastrukturer**
- Avbruddskostnader
- Typer sluttbrukere
- Temperatur

# BKK-området: Utfall av kraftledning ved import > 850 MW



Sårbart system

Sårbarhet

Følsomhet

Håndteringsevne

Konsekvenser for samfunnet

Kritikalitet

Påvirker utsatt infrastruktur

Trusler

## Mulige indikatorer - eksempler

- Vindprognose
- ....
- **Grad av anstrengt drift (oppfyllelse av N-1 kriteriet)**
- **Import til området – avstand til importgrense**
- **Lastprognose/ sannsynlighet for anstrengt driftssit.**
- Graving/ entreprenør-aktivitet

- **Overføringsgrenser på kritiske snitt**
- Teknisk tilstand for **kritiske snitt**
- Kompetanse på tilstandsvurdering **kritiske snitt**
- Kompetanse på systemanalyse og sårbarhetsvurdering
- **Godhet av releplan inkl systemvern**

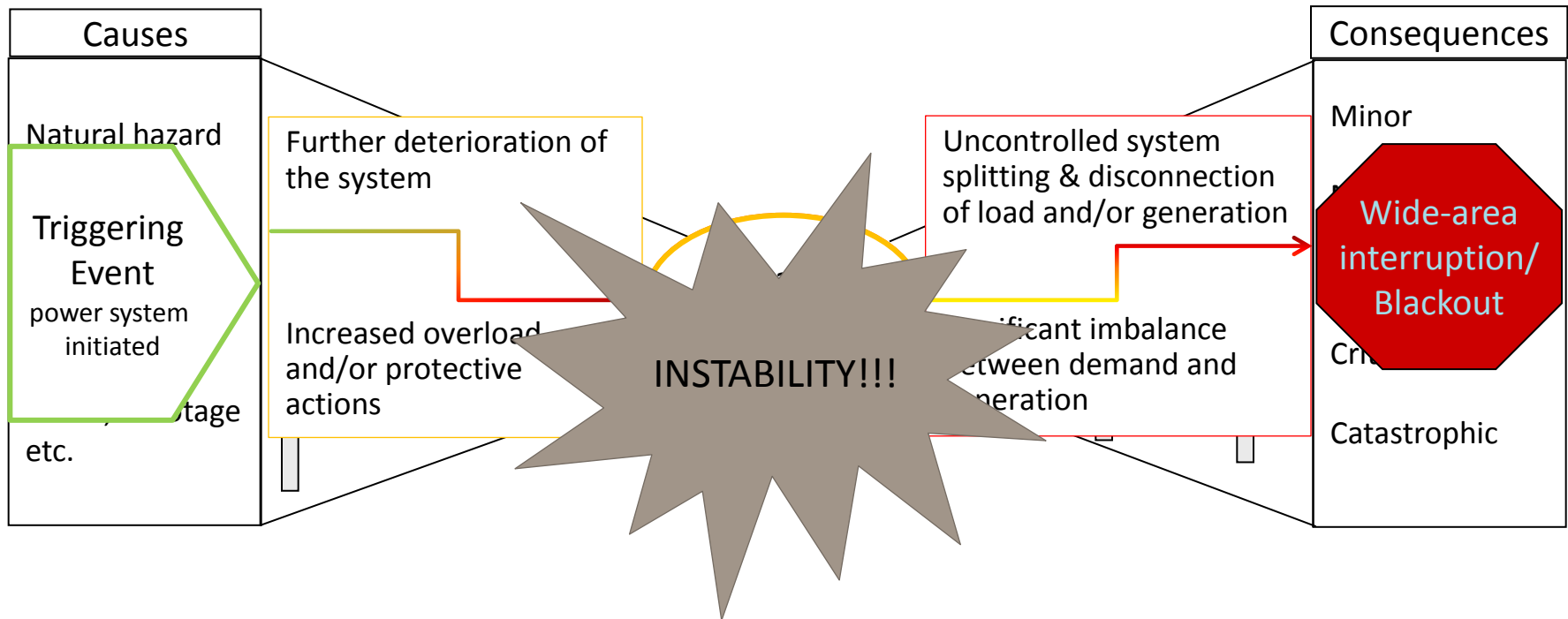
- Kompetanse og **info** driftssentral, **håndtering av utkoblbar last**
- **MW tilgjengelig utkoblbar last**
- **Tilgjengelig produksjon**
- Tilgjengelighet av kommunikasjonssystemer

- Lokalisering av kritiske laster og infrastrukturer
- Avbruddskostnader
- Typer sluttbrukere
- Temperatur

# PhD study – risiko for ekstraordinære hendelser initiert i kraftsystemet

- I driften av kraftsystemet
- Definisjon av uønsket hendelse

# Perceiving Extraordinary Events: Identifying Critical Characteristics



The final phase of a large disturbance is:

- Highly dynamic and
- Unstable