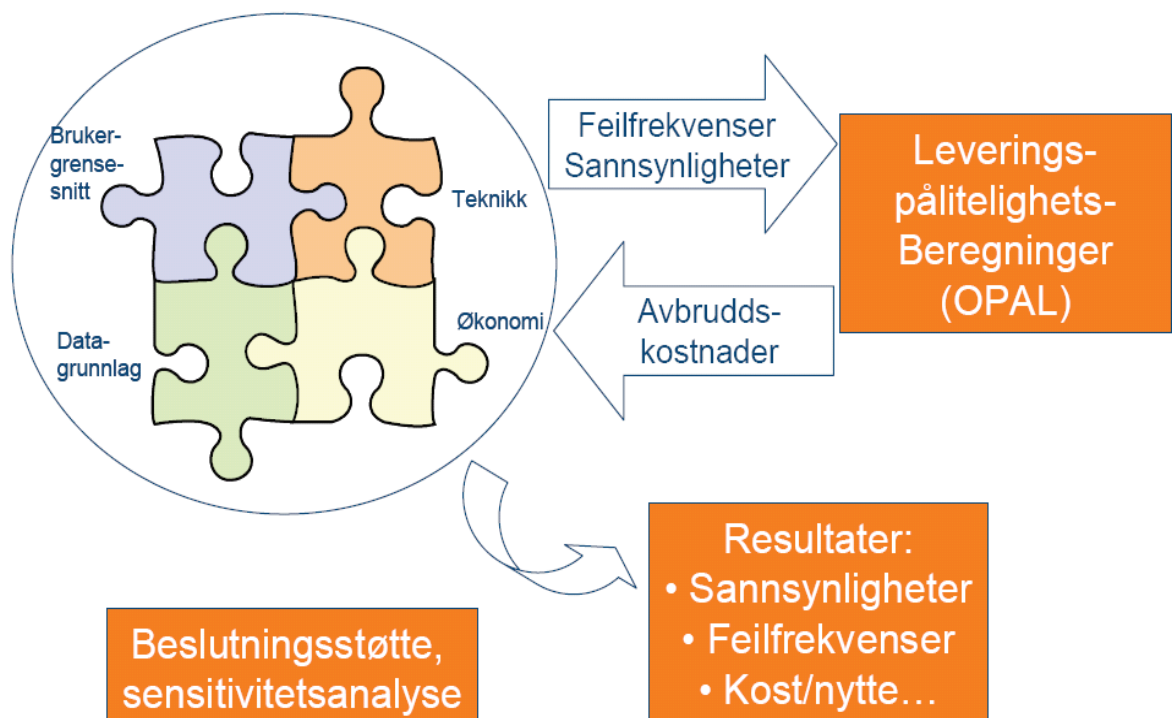


# Optimale løsninger for vern, kontroll og automatisering i kraftsystemet

## *Et bransjestyrt FoU-prosjekt innen leveringspålitelighet*



- Feilstatistikk og analyser av feil på VKA-utstyr 1 – 420 kV.
- Studier av muligheter og potensialer ny teknologi gir ved operativ drift og vedlikehold i kraftnettet.
- Modeller og metodikk for beregning av påliteligheten til vern- og kontrolløsninger.
- Modeller og metodikk for å beregne innvirkningen av vern- og kontrollutstyr på leveringspåliteligheten.

## Bakgrunn og utfordring

Økende vektlegging av leveringskvalitet og kostnader, kombinert med at kraftsystemet stadig presses hardere, medfører økt behov for å vurdere vern-, kontroll- og automatiseringsløsninger (VKA-løsninger).

Prosjektet ble etablert i 2002 med målsetting om å bidra til å redusere kostnader knyttet til investeringer, drift og vedlikehold, og til å kontrollere avbruddskostnader.

Feilstatistikken i Norge viste for eksempel at ukorrekte VKA-funksjoner medførte avbruddskostnader (KILE) på om lag 30 millioner kroner pr år, omtrent 6 % av total avbruddskostnad i Norge, i perioden 2001 - 2003. Det ble identifisert utfordringer knyttet til å finne modeller og metoder som kunne håndtere hvordan VKA i kraftsystemet innvirket på leveringspåliteligheten og til å finne optimale løsninger for VKA i kraftsystemet.

En annen utfordring var å utnytte ny teknologi for vern, kontroll og automatisering til å påvirke leveringspåliteligheten og til å forbedre drift og vedlikehold av kraftnettet. Numerisk teknologi var i liten grad tatt i bruk, og i den grad den var tatt i bruk ble ikke de muligheter teknologien gir utnyttet.

Bransjen så videre behovet for mer automatiserte løsninger, og for mer helhetlige løsninger mht. sammenheng mellom stasjonsløsninger og løsninger på kraftsystemnivå. Dette sammenfalt med at man forventet behov for reinvesteringer i VKA-utstyr i løpet av de neste 10 år.

## Hovedresultater

Prosjektet har svart på utfordringene gjennom fremskaffelse av følgende hovedresultater:

- Feilstatistikk og analyser av feil på VKA-utstyr, 1 – 420 kV.
- Studier av muligheter og potensialer ny teknologi gir ved operativ drift og vedlikehold i kraftnettet.
- Modeller og metodikk for beregning av påliteligheten til vern- og kontrolløsninger.
- Modeller og metodikk for å beregne innvirkningen av vern- og kontrollutstyr på leveringspåliteligheten.

## Nytteverdi

Analyser av feil på VKA-utstyr har gitt økt forståelse og kunnskap om hvilke feiltyper og feilårsaker som er fremtredende. Resultatene kan relativt direkte utnyttes av et nettselskap som ønsker å redusere antall og varighet av VKA-feil.

Det samme gjelder studiene av muligheter og potensialer ved ny teknologi og funksjonalitet, som peker på en rekke elementer som må vurderes om en ønsker å hente ut gevinster i operativ drift eller vedlikehold.

Når det gjelder beregning av påliteligheten av vern- og kontrolløsninger er det i prosjektet utarbeidet en prototype som finansørene har adgang til å benytte for å beregne påliteligheten av gitte konfigurasjoner. Dette innebærer at en er i stand til for eksempel å sammenligne påliteligheten av gitte vern- og kontrolløsninger, enten som underlag for å velge mellom alternative løsninger eller for å sjekke om påliteligheten oppfyller gitte krav. Metodikken som er utarbeidet krever en implementeringsfase fremover i tid dersom den skal gjøres kommersielt tilgjengelig.

Metodikken for leveringspålitelighetsberegninger der VKA-utstyret hensyntas kan benyttes for å beregne forventet leveringspålitelighet, og dermed forventede avbruddskostnader, i et kraftnett. Beregningene innebærer i dag bruk av flere verktøy og manuelle beregninger, men resultat kan tas fullt i bruk når en eller flere programvareleverandører har implementert metodikken i et dataprogram.

Resultatene fra pålitelighets- og leveringspålitelighetsanalyser kan videre inngå i en økonomisk analyse av levetidskostnader. Alt i alt gir dette nettselskapene et godt beslutningsunderlag for å finne optimale VKA-løsninger.

I det følgende presenteres hovedresultatene fra prosjektet.

## Feil på vern, kontroll- og automatiseringsutstyr

Status mht dagens VKA-løsninger ble kartlagt i en spørreundersøkelse blant nettselskapene. Spørreundersøkelsen viste for eksempel at av de nettselskapene som deltok, mente 60 % at de totalt sett ikke hadde god nok kompetanse knyttet til VKA-utstyr og de oppgavene dette omfatter.

Det ble også gjennomført grunnleggende analyser av tilgjengelige data om feil på VKA-utstyr 1 – 420 kV. Analysene viser blant annet at VKA er nest største bidragsyter til ILE på spenningsnivåene 33 – 420 kV og at uønskede funksjoner utgjør mer enn halvparten av ILE på grunn av VKA-feil. Det fremgår også at numeriske vern har like mye feil som konvensjonelle, men feil knyttet til numeriske vern har oftest menneskerelaterte årsaker (feil innstilling/ justering og feil under arbeid/

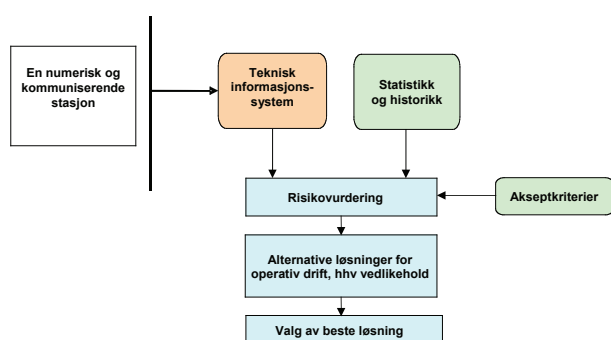
prøving) mens feil knyttet til konvensjonelle vern ofte har tekniske årsaker.

Rapportering:

**Feilstatistikk for vern, kontroll- og automatiseringsutstyr 1 – 420 kV, EBL-K 98-2002**

## Muligheter og potensialer ved ny teknologi

Det foregår en kontinuerlig utskifting til numeriske vern og datamaskinbaserte kontrollanlegg i kraftsystemet og tilgangen til informasjon i systemet øker. Ny teknologi gjør det mulig å utveksle store mengder informasjon mellom de enkelte enheter i systemet. Ved å endre filosofien for drift og vedlikehold kan kostnadene ved dette reduseres, se figur 1.



Figur 1 Analyse av driftsdata og tilstandsdata som basis for risikovurderinger

VKA-løsningene påvirker kostnader i nettet, både direkte og indirekte. Eksempelvis gjennom investeringskostnader, vedlikeholdskostnader og avbruddskostnader. Den grunnleggende ideen er at informasjon fra VKA-utstyret kan utnyttes for:

- Å unngå driftsforstyrrelser
- Mer effektiv gjenoppretting av forsyningen etter driftsforstyrrelser
- Risikobasert vedlikehold.

Potensialene er undersøkt gjennom studier av eksempler knyttet til operativ drift i sentral-, regional- og distribusjonsnettet, samt vedlikehold i en transformatorstasjon.

I sentralnettet kan for eksempel følgende tiltak vurderes for å oppnå reduserte avbruddskostnader:

- Forbedret beslutningsgrunnlag og beslutningsstøtte
- Økt tilgang på informasjon i systemet
- Utnyttelse av selvovervåking
- Systemrettet testing ved idriftsettelse og endringer
- Automatikk for feilhåndtering
- Økt kompetanse.

Beregninger viser at KILE-kostnadene i sentralnettet kunne være redusert med om lag

60 %. Dette anslaget er basert på en gjennomgang av alle driftsforstyrrelser 132 – 420 kV i 2003.

I regional- og distribusjonsnettet kan tilsvarende gevinster hentes ut ved enklere tiltak:

- Automatisering
- Fjernstyring
- Innføring av flere effektbrytere
- Utnyttelse av selvovervåking.

Vedlikehold av primæranlegg og VKA-utstyr kan legges opp med basis i systemfokus og risikotenkning. Eksempler som er studert tyder på at metodikken har mest for seg i nett med mindre grad av redundans, og at tankegangen er berettiget ved nybygging eller reinvesteringer. Man ser for seg at tekniske løsninger kan forenkles og at nødvendig pålitelighet og sikkerhet kan oppnås ved et risikobasert vedlikehold fremfor høy grad av redundans.

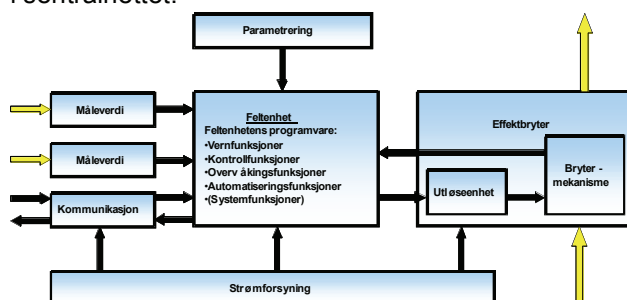
Rapportering:

**Utnyttelse av numerisk teknologi for vern, kontroll og automatisering – En konseptuell beskrivelse, EBL-K 191-2005**

## Pålitelighet av VKA-utstyr

I denne delen av prosjektet er det etablert modeller og metodikk for å beregne påliteligheten til VKA-utstyr. Modellene dekker enkle og dublerede distansevern, overstrømvern og fjernkontroll, og er basert på anleggsdeler som byggeklosser, slik de er definert i FASIT. Metodikken kan utvides til å dekke andre typer vern og kontrollutstyr. Metodikken egner seg til å beregne påliteligheten av vern- og kontrollsystemer, for eksempel for å sammenligne ulike løsninger eller å sjekke at påliteligheten er innenfor gitte krav.

Pålitelighetsanalyser av et vernsystem med enkle og dublerede distansevern viser at ved å dublere vernene blir det flere uønskede utløsninger, men færre uteblitte. Uteblitt utløsning vil som regel gi større konsekvenser ved feil i nettet, og dublerede vern er derfor vanlig i sentralnettet.



Figur 2 Utløsekjeden

Videre er det utviklet modeller og metodikk for å beregne påliteligheten av utløsekjeden (se figur 2). Påliteligheten av utløsekjeden gir underlag

for beregning av leveringspålidelighet i kraftnettet, hensyntatt virkningen av VKA-utstyr.

Rapportering:

**Metodikk for beregning av pålidelighet av vern og kontrollutstyr**, EBL-K 233-2007

## Hvordan virker VKA inn på leveringspålideligheten?

I prosjektet er det utviklet en metodikk for å hensynta innvirkningen fra vern og kontrollutstyr ved beregning av leveringspålidelighet i maskenett. Dette resultatet inngår i en kravspesifikasjon som er utarbeidet i samarbeid med prosjektet "Optimalisering av leveringspålidelighet i kraftnett" (EBL Kompetanse, 2002 – 2006).

Ukorrekte funksjoner fra VKA-utstyr utgjøres hovedsakelig av uønskede og uteblitte utløsninger. For å kunne beregne pålideligheten til VKA-utstyr og påvirkning på leveringspålideligheten er det etablert modeller for følgende feiltyper:

1. Feil på primæranlegg der vern og effektbrytere klarer feilen korrekt.
2. Uønsket spontan utløsning av effektbryter på grunn av feil på vern.
3. Feil på primæranlegg, der samtidig feil på effektbryter eller vern medfører uteblitt utløsning av effektbryter.
4. Feil på primæranlegg, der samtidig feil på vern medfører uønsket uselektiv utløsning av effektbryter.

Leveringspålidelighetsanalyser viser at feil på vern og brytere kan ha en betydelig innvirkning på leveringspålideligheten og avbruddskostnadene. Virkningen er størst der det er flere utfall samtidig som får avgjørende betydning. For leveringspunkt med ensidig forsyning er det enkeltutfall som betyr mest, det vil i hovedsak si enkeltfeil på primæranlegg. Dette er også i tråd med feilstatistikken som viser at ikke levert energi som følge av feil på vern og kontrollutstyr øker med økende nettnivå.

Rapportering:

**Requirement specification for reliability analysis in meshed power networks**, EBL-K 228-2006

## Kompetanseformidling og resultatspredning

Resultater fra prosjektet har vært presentert for bransjen i ulike fora, blant annet på Teknas vernkonferanser i 2002 og 2004, ABB-500 brukermøte og på FASIT-dagene 2007.

Høsten 2006 ble det arrangert en egen temadag i regi av EBL Kompetanse basert på

resultater fra dette prosjektet og prosjektet "Optimalisering av leveringspålidelighet i kraftnett" under overskriften "Beregning av fremtidige KILE-kostnader". Rundt 40 deltakere fra ulike nettselskap deltok på seminaret.

Internasjonalt ble resultater fra prosjektet presentert på CIGRE 2002 og CIGRE 2004 i Paris, CIRED 2003 i Barcelona, CIRED 2005 i Torino, IEEE Powertech 2005 i St. Petersburg, PMAPS 2006 i Stockholm, og det planlegges også en artikkel til IEEE Powertech 2007 i Lausanne.

## Organisering og utførelse

Prosjektet ble utført av SINTEF Energiforskning i perioden 2002 – 2006. Det har vært samarbeid med doktorgradsprojekter ved Helsinki University of Technology og Lunds Tekniska Högskola vedrørende VKA-utstyrs innvirkning på driftssikkerhet og pålidelighet.

Prosjektet ble ledet av en brukergruppe bestående av Ketil Sagen (EBL Kompetanse), Bjørn Tore Hjartsjø og Torun Hegg (Statnett), Sverre Pettersen (SKS Nett), Svein Almås (Helgelandskraft), Johnny Kjørnås (Hafslund Nett), Vidar Berg (Skagerak Nett), Jan Helmen (Energiselskapet Buskerud) og Lars Hofstad (Trønderenergi Nett).

## Finansiering

Prosjektet ble finansiert av Norges forskningsråd, EBL Kompetanse, Statnett, Salten Kraftsamband Nett, Helgelandskraft, Hafslund Nett, Skagerak Nett, Energiselskapet Buskerud, BKK Nett og Trønderenergi Nett. Finansieringen for hele perioden var på 5,975 mill. NOK, i tillegg til ca 15 % i egeninnsats hos prosjektdeltakerne.

For ytterligere informasjon vises det til prosjektets internettsider:

<http://www.energy.sintef.no/prosjekt/VKA>

eller kontakt:

Oddbjørn Gjerde  
SINTEF Energiforskning AS  
+47 73597211  
[oddbjorn.gjerde@sintef.no](mailto:oddbjorn.gjerde@sintef.no)

Ketil Sagen  
EBL Kompetanse AS  
+47 23205714  
[ks@ebl-kompetanse.no](mailto:ks@ebl-kompetanse.no)