

Konklusjoner og anbefaling til endring av Teknisk regelverk

Alle identifiserte farer lar seg håndtere uten bruk av det vi frem til nå har kalt for sonegrensebryter (dvs. effektbryter utstyrt med dødseksjon og vern mellom to matepunkter). Derfor foreslår vi følgende endringer i Teknisk regelverk

(<https://trv.banenor.no/wiki/Banestr%C3%B8mforsyning/Prosjektering/Sonegrensebryter>):

Gammelt	Nytt forslag
For automatisk seksjonering ved feil, samt for effektivisering av strømbrudd i kontaktledningsnettet, monteres en effektbryter inn i nettet på egnede steder. Effektbryteren med omliggende utrustning kalles sonegrensebryter. En sonegrensebryter forbedrer også verndekningen for kontaktledningsanlegget ved tilbakemating fra tog.	<i>Læreboksstoff:</i> For automatisk seksjonering ved feil, samt for effektivisering av strømbrudd i kontaktledningsnettet, <i>har det tidligere vært vanlig å</i> montere en effektbryter inn i nettet på egnede steder. <i>En slik</i> effektbryter med omliggende utrustning kalles “sonegrensebryter”. En sonegrensebryter forbedrer også verndekningen for kontaktledningsanlegget ved tilbakemating fra tog.
Sonegrensebryter med dødseksjon bør plasseres i kontaktledningsnettet på strekninger hvor det er:	Sonegrensebryter med dødseksjon <i>kan</i> plasseres i kontaktledningsnettet på strekninger hvor det er:

Sammenkobling når matespenningen i de to endene ikke er i fase

For å håndtere fare 1 (sammenkobling når matespenningen i de to endene ikke er i fase) vil følgende tiltak redusere risikoen til et akseptabelt nivå:

- Sonegrensebryter (opprinnelig dødseksjon og fasesperre og lastskillebryter)
- Rutiner for innkobling mellom elkraftsentral og Energis driftsentral

Derfor foreslår vi følgende endringer i Teknisk regelverk

(https://trv.banenor.no/wiki/Banestr%C3%B8mforsyning/Prosjektering_og_bygging/Kraftsystem#Egenskaper):

Gammelt	Nytt forslag
---------	--------------

<p>c) Koblingsmuligheter: Kraftsystemet skal ha tilstrekkelige hurtige koblingsmuligheter for å sikre tilgjengelig effekt, selektiv vernutkobling, feilsøking og -klarering, tilstrekkelig fleksibilitet i togfremføringen og tilstrekkelig tilgjengelighet for vedlikehold.</p>	
<p>1. Utførelse: Koblingsmulighetene i kraftsystemet skal koordineres med sporplan, signalanlegg og matestasjoner for sikker og effektiv drift, vedlikehold og håndtering av avvikssituasjoner.</p>	
<p>2. Utførelse: Matestasjoner skal kobles til kontaktledningsanlegget ved hjelp av koblingsanlegg som beskrevet i Banestrømforsyning/Prosjektering og bygging/Koblingsanlegg</p>	
<p>3. Utførelse: Ved sammenkobling av flere baner, linjer eller hovedspor skal eget koblingsanlegg som beskrevet i Banestrømforsyning/Prosjektering og bygging/Koblingsanlegg vurderes.</p>	
<p>4.</p>	<p>Utførelse: På strekninger der det forventes faseulikhet på grunn av brudd i samkjøringen i overliggende trefasenett skal det etableres faseskilleseksjoner (dødseksjoner) som beskrevet i Kontaktledning/Prosjektering/Seksjonering for å tillate togpassering uten å kortslutte faseulikheten og bør det etableres sonegrensebryter som beskrevet i Banestrømforsyning/Prosjektering/Sonegrensebryter for enkel betjening</p>
<p>5. Utførelse: Se forøvrig krav i</p>	
<p>1. Kontaktledning/Prosjektering/Seksjonering</p>	
<p>2. Kontaktledning/Prosjektering/Autotransformatorsystem med seksjonert kontaktledning</p>	
<p>3. Banestrømforsyning/Prosjektering/Sonegrensebryter</p>	

<p>6. Dokumentasjon: Det bør utføres en systematisk oversikt som beskriver mulige og lovlige koblingssituasjoner, verninnstillinger, eventuelle operative tiltak, etablering av arbeidsområder, mulige korridorer gjennom store stasjoner og restriksjoner basert på tilgjengelighetsanalyse og risikoanalyse for et større område (eksempel Oslo-området, Stavangerområdet etc.) som input til retningslinjer for elkraftoperatør.</p>	
<p>7. Operative tiltak: Det bør utarbeides beskrivelse av operative tiltak (for eksempel tiltakskort) til bruk på elkraftsentralen for mulige og lovlige koblingssituasjoner.</p>	

Og i <https://trv.banenor.no/wiki/Banestr%C3%B8mforsyning/Prosjektering/Sonegrensebryter#Plassering>:

<p>Sonegrensebryter med dødseksjon bør plasseres i kontaktledningsnettet på strekninger hvor det er:</p>	<p>Sonegrensebryter med dødseksjon <i>kan</i> plasseres i kontaktledningsnettet på strekninger hvor det er:</p>
<p>* mulighet for store vinkelforskjeller i matende 3-fasenett på grunn av utfall av linjer i hovednettet til Statnett. Dette er per 1.1.2006 vurdert til å gjelde strekningene Fåberg – Fron, Fron – Otta og Otta - Dombås (se EK.800204)</p>	<p>[uendret]</p>

Overstrømsvernet ikke dekker hele strekningen

Fare 2 og 3 hører hjemme i vernkonsept 2 (overstrømsvernet ikke dekker hele strekningen) vil følgende tiltak redusere risikoen til et neglisjerbart nivå:

- Selvovervåking av hovedvern og rutiner på elkraftsentral for å håndtere denne
- Distansevern som reservevern
- Sonegrensebryter som tilleggsreservevern for reservevern
- Strømsprang som tilleggsfunksjon i reservevern

Siden hvert tiltak for seg reduserer restrisikoen til neglisjerbar, er det ikke nødvendig å kombinere flere tiltak. Dette innsynet har gitt oss mulighet til å slå sammen vernkonsept 1 og vernkonsept 2 til ett enhetlig vernkonsept. Derfor foreslår vi følgende endringer i Teknisk regelverk (https://trv.banenor.no/wiki/Banestr%C3%B8mforsyning/Prosjektering_og_bygging/Vern#Verninndeling):

Gammelt	Nytt forslag
<p>b) Vernkonsept 1: Avganger skal normalt vernes med pålitelighetsklasse «M2» iht. NEK EN 50633:2016 punkt 5.2.2 og 6.2.3.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Utførelse: Distansevern skal benyttes som hovedvern med så stor dekning av anleggsdelen som mulig. 2. Utførelse: Overstrømsvern skal benyttes som reservevern med full dekning av anleggsdelen. 3. Unntak (til 2): Distansevern kan benyttes som reservevern i stedet for overstrømsvern der det kan gi bedre dekning av anleggsdelen, seksjonsselektivitet, lastselektivitet eller deteksjon av feil ved samtidig tilbakemating. <div style="background-color: #e0e0e0; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>Bruk av samme type vern både som hovedvern og reservevern øker risiko for fellesfeil. En av grunnene til å velge distansevern som hovedvern og overstrømsvern som reservevern er nettopp å redusere denne risikoen.</p> </div> <ol style="list-style-type: none"> 4. Utførelse: For utgående linjer med fare for hurtig nedsmelting av kontaktledningen skal hovedvernet i tillegg inneholde et hurtig overstrømsvern. 5. Unntak: For avganger som mater veldig korte strekninger (f.eks. stasjonsområde) kan også hovedvernet være overstrømsvern (uten distansevern). 6. Unntak: Se Vernkonsept 2. <p>c) Vernkonsept 2: For avganger med moderat til lav kortslutningsytelse og lange matestrekninger som gir lav kortslutningsstrøm kan</p>	<p>b) Vernkonsept: Vern av utgående linjer skal utformes etter et konsept i samsvar med EN 50633:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Utførelse: Distansevern skal benyttes som hovedvern med full dekning av anleggsdelen 2. Unntak (til 1): Der overstrømsvern kan gi full dekning av anleggsdelen og der avstand til feil ikke er viktig (f.eks. stasjonsområde) kan hovedvernet være overstrømsvern. 3. Utførelse: For utgående linjer med fare for hurtig nedsmelting av kontaktledningen skal hovedvernet i tillegg inneholde et hurtig overstrømsvern. 4. Utførelse: Overstrømsvern skal benyttes som reservevern med så stor som mulig (helst full) dekning av anleggsdelen uten at selektiviteten mot laststrømmer kompromitteres (EN50633 pålitelighetsklasse M2). 5. Unntak (til 4): Hvis overstrømsvern som reservevern ikke kan stilles inn slik at det dekker hele strekningen samtidig som det skiller mellom kortslutningsstrøm og normal laststrøm skal det gjøres minst ett av følgende risikoreduserende tiltak: <ol style="list-style-type: none"> a. Der kun en liten del av strekningen (under 15%) ikke dekkes av reservevernet, er det tilstrekkelig at selvovervåking av hovedvern skal varsle elkraftsentral om teknisk svikt på hovedvernet og elkraftsentral skal ha rutiner for å håndtere dette uten unødig opphold. (EN50633 pålitelighetsklasse M2 limited supported by M4) b. Distansevern skal benyttes som reservevern i stedet for overstrømsvern der det kan gi bedre dekning av anleggsdelen,

pålitelighetsklasse «M2 limited supported by M4» iht. [NEK EN 50633:2016](#) punkt 5.2.2 og 6.2.3 implementeres.

1. Utførelse: Distansevern med selvovervåkning skal benyttes som hovedvern med full dekning av anleggsdelen
2. Utførelse: Overstrømsvern skal benyttes som reservevern med så stor som mulig dekning av anleggsdelen uten at selektiviteten mot laststrømmer kompromitteres.
3. Unntak (til 2): Distansevern kan benyttes som reservevern i stedet for overstrømsvern der det kan gi bedre dekning av anleggsdelen, seksjonsselektivitet, lastselektivitet eller deteksjon av feil ved samtidig tilbakemating.

Bruk av samme type vern både som hovedvern og reservevern øker risiko for fellesfeil. En av grunnene til å velge distansevern som hovedvern og overstrømsvern som reservevern er nettopp å redusere denne risikoen.

4. Utførelse: Underspenningsvern skal fungere som tilleggsreservevern mot feil nær koblingsanlegget ved lav kortslutningsytelse
5. Utførelse: Sonegrensebryter bør fungere som reservevern for kortslutninger langt fra koblingsanlegget

Både [NEK EN 50633:2016](#) og etablert praksis i JBV tilsier at restrisikoen ved manglende full dekning fra overstrømsvernet er akseptabel.

seksjonsselektivitet, lastselektivitet eller deteksjon av feil ved samtidig tilbakemating. (EN 50633 pålitelighetsklasse M1)

Samme type vern både som hovedvern og reservevern øker potensiale for fellesfeil (feil innstilling, feil parameter, teknisk feil, svakhet ved algoritmer etc.). En av grunnene til å velge distansevern som hovedvern og overstrømsvern som reservevern er nettopp å redusere denne risikoen.

- c. På strekninger med sonegrensebryter bør sonegrensebryteren fungere som tillegg til reservevernet for kortslutninger langt fra koblingsanlegget. (EN 50633 pålitelighetsklasse M3)
- d. Strømsprang som tilleggskriterium i overstrømsvern som reservevern hvis dette gjør det mulig å stille inn overstrømsvernet slik at dette likevel dekker hele strekningen samtidig som det skiller mellom kortslutningsstrøm og normal belastningsstrøm.

6. Utførelse: Underspenningsvern skal fungere som tilleggsreservevern mot feil nær koblingsanlegget ved lav kortslutningsytelse.

Manglende verndekning ved forbikobling av omformerstasjon

For å håndtere fare 4 (manglende verndekning ved forbikobling av omformerstasjon, f.eks. ved reparasjon av matekabel) har vi identifisert følgende tiltak som hver for seg reduserer restrisikoen til neglisjerbart nivå:

- T-mating og bruk av sone 3 i naboomformerstasjoner
- Spenningssette gjennom stasjonsavgang i stedet der det er mulig, med tilsvarende innstilling av vern
- Bruk av eget parametersett for vern i nabostasjoner OG etablere rutine for å bruke det ved slike koblinger.
- Dødseksjon mellom utgående linjer til samme matestasjon
- Dødseksjon på begge sider av samme matestasjon

Derfor foreslår vi følgende endringer i Teknisk regelverk

(https://trv.banenor.no/wiki/Banestrømforsyning/Prosjektering_og_bygging/Koblingsanlegg#Redundans):

<p>a) Omkoblingsmulighet: For at brytere, vern og kontrollutrustning skal kunne frigjøres for vedlikehold (både korrektivt og forebyggende) uten at tilhørende spor mangler mating ihht. n-1-kriteriet, skal hver utgående avgang ha minst én fjernstyrt omkoblingsmulighet med nødvendig og tilstrekkelig verndekning.</p>	<p>a) Omkoblingsmulighet: For at brytere, vern- og kontrollutrustning skal kunne frigjøres for vedlikehold (både korrektivt og forebyggende) uten at tilhørende spor mangler mating ihht. n-1-kriteriet, skal hver utgående avgang ha minst én fjernstyrt omkoblingsmulighet med nødvendig og tilstrekkelig verndekning.</p>
<p>1. Utførelse: Funksjonen skal normalt realiseres ved bruk av reserveavgang(er) (reservebryter(e) sammen med reservesamleskinne(r)) som gjør det mulig å forbikoble hvilken som helst avgang. Se tilhørende krav under.</p>	<p>[uendret]</p>
<p>2. Unntak: Ved eventuell stasjonsavgang kan denne erstatte en egen reserveavgang dersom det finnes tilstrekkelige omkoblingsmuligheter i kontaktledningsanlegget.</p>	<p>[uendret]</p>
<p>3. Unntak: For frittstående koblingsanlegg med i størrelsesorden tre til fire brytere og matestasjons koblingsanlegg med i størrelsesorden én til to brytere kan funksjonaliteten ivaretas gjennom koblinger i kontaktledningsanlegget.</p>	<p>[uendret]</p>
<p>4.</p>	<p>4. Utførelse (til 3): Ved T-mating skal det gjøres minst ett av følgende tiltak:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Distansevernets sone 3 i nabostasjonenes avganger som forsyner til omkoblet del av kontaktledningsanlegget skal stilles inn for å detektere elektriske feil i denne delen. • Alternativt skal det stilles inn et eget parametersett for vern i nabostasjon og en rutine for å bruke den ved slike omkoblinger.
5.	5. Utførelse (til 3): Hvis en slik omkobling fører til at togets strømvogter kan sammenkoble to seksjoner med betydelig spenningsforskjell, skal det etableres dødseksjon som beskrevet i regelverket for seksjonering av kontaktledningsanlegg [https://trv.banenor.no/wiki/Kontaktledning/Prosjektering/Seksjonering#D.C3.B8d-seksjoner]
6. Verifikasjon: Vurderingene som legges til grunn for valgt løsning skal dokumenteres.	
7. Operative tiltak: Koblingsprosedyrer skal utarbeides sammen med elkraftscentral og overleveres før idriftsettelse.	
8. Dokumentasjon: Koblingsmuligheter i koblingsanlegg og kontaktledningsanlegg skal tegnes inn i samme koblingsskjema.	

Forsinkelser pga. for lang feilsøkingstid

For å håndtere fare 4 (forsinkelser pga. for lang feilsøkingstid) har vi identifisert følgende tiltak som hver for seg reduserer restrisikoen til neglisjerbart nivå:

- Funksjon «avstand til feil» i moderne vern
- Sonegrensebryter

I denne vurderingen går vi ut fra at funksjonen «avstand til feil» i moderne vern er langt billigere enn sonegrensebryter. På strekninger hvor funksjonen «avstand til feil» ikke er tilgjengelig og der det allerede finnes sonegrensebryter fra før kan denne likevel bidra til noe raskere feilsøking.

Derfor foreslår vi følgende endringer i Teknisk regelverk

<https://trv.banenor.no/wiki/Banestr%C3%B8mforsyning/Prosjektering/Sonegrensebryter#Plassering:>

Sonegrensebryter med dødseksjon bør plasseres i kontaktledningsnettet på strekninger hvor det er:	Sonegrensebryter med dødseksjon <i>kan</i> plasseres i kontaktledningsnettet på strekninger hvor det er:
* mer enn 40 km mellom utgående linjebrytere i matestasjoner og koblingshus. (Dette for å oppnå tilfredsstillende verndekning og automatisk seksjonering ved feil)	* mer enn 40 km mellom utgående linjebrytere i matestasjoner og koblingshus <i>hvis dette er nødvendig for å oppnå nødvendig selektivitet ved feil.</i>

https://trv.banenor.no/wiki/Banestr%C3%B8mforsyning/Prosjektering_og_bygging/Vern#Distansevern:

	<p>h) Feillokalisering. Funksjonen «avstand til feil» bør brukes når den er tilgjengelig (for å forenkle feilsøking og raskere reetablere strømforsyning på den delen av strekningen som ikke er feilbelagt).</p> <ol style="list-style-type: none">1. Signalet fra feillokalisator skal overføres til elkraftscentral og gjøres synlig for operatøren.2. Elkraftscentralen skal ha rutine for å håndtere og nyttegjøre signalet fra feillokalisator,
--	---