

Satsing på å videreutvikle og opprettholde kompetanse på primærkomponentene i fremtidens kraftnett

Et rammeverk for videre arbeid – april 2020



Bidragstere:

- *Sonja Monica Berlijn (FoU-direktør Statnett)*
- *Oddgeir Kaspersen (Programleder FoU, Statnett)*
- *Hans Kristian Høidalen (Professor NTNU Institutt for Elkraftteknikk)*
- *Dag Eirik Nordgård (Forskningsjef SINTEF Energi)*

Statnett

 **NTNU**

 **SINTEF**

Sammendrag

Pålitelige komponenter i transmisjons- og distribusjonssystemet er en forutsetning og en muliggjørere for framtidens full-elektriske energisystem – som skal gi samfunnet sikker, bærekraftig, konkurransedyktig og rimelig energi.

Framtidens nettkomponenter må tåle nye typer påkjenninger og mer variable driftsmønstre enn tidligere. Dette på grunn av positive endringer som økt elektrifisering (og dermed endrede forbruksmønstre), og en større andel varierende, fornybar energiproduksjon, men trusler fra blant annet cyberangrep og ekstremvær.

Målsettingen med dette notatet er å beskrive en strategisk retning på Statnetts FoU-satsing på komponentene i kraftnettet. Dette legger grunnlag for relevante prosjekter og tematiske satsinger som sikrer kunnskap og kompetanse som bygger opp under Statnetts overordnede strategiske retning: *Smart, Effektivt og Sikkert*. Som første ledd i dette arbeidet er det laget et rammeverk som skal brukes for å lage en strategi for kompetanse på primærkomponenter.

Arbeidet skal legge grunnlag for strategisk dialog og samarbeid med andre relevante aktører innenfor denne tematikken.

Rammeverket som blir presentert i dette notatet identifiserer følgende gjennomgrepene tema som realiserer fremtidens sikre og kostnadseffektive kraftnett:

- Fremtidens miljøvennlige materialer
- Påkjenninger i fremtidens nett
- Digitaliserte komponenter
- Anleggsforvaltning
- Komponenter i fremtidens system

Satsingen skal realiseres gjennom å identifisere, utvikle og utføre en prosjektportefølje som adresserer viktige utfordringer og muligheter knyttet til komponentenes rolle i fremtidens kraftnett, og understøtter Statnetts prioriterte FoU-område for perioden 2020-2023 innen *Digitale, sikre og kosteffektive anlegg*.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	3
1 Bakgrunn og utfordringer	5
1.1 Fremtidens dekarboniserte energisystem	5
1.2 Komponentenes rolle i energisystemet	6
1.3 Statnetts og FoU-aktørens behov.....	6
2 Mål for satsingen	7
3 Tematiske prioriteringer	8
3.1 Fremtidens miljøvennlige materialer	9
3.2 Påkjenninger i fremtidens nett.....	10
3.3 Digitaliserte komponenter	10
3.4 Anleggsforvaltning.....	11
3.5 Komponenter i fremtidens system.....	11
4 Forventede resultater	13
5 Realisering av FoU-satsingen på komponenter	14

1 Bakgrunn og utfordringer

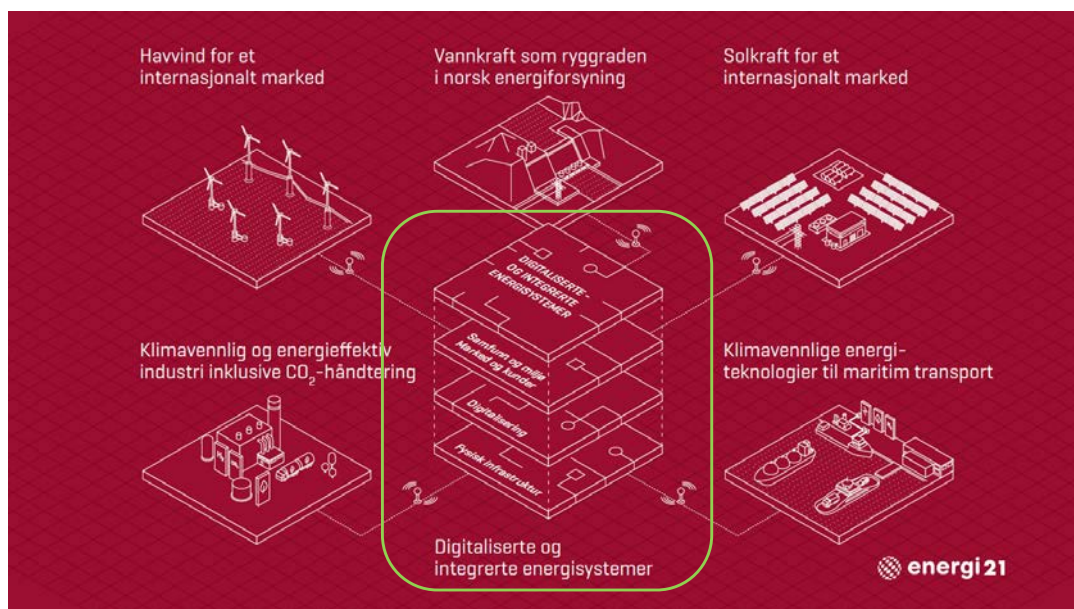
1.1 Fremtidens dekarboniserte energisystem

Statnett og de andre nettselskapene har som hovedoppgave å gi samfunnet tilgang til sikker, bærekraftig, konkurransedyktig og rimelig energi. Hovedmålet med satsingen på forskning, utvikling og demonstrasjon på energiområdet er å bidra til økt verdiskaping og en sikker, kostnadseffektiv og bærekraftig utnyttelse av de norske energiresursene.

Den fysiske infrastrukturen i sentralnettet er ryggraden i fremtidens energisystem, og for å opprettholde denne samfunnskritiske funksjonen innenfor bærekraftige rammer, kreves smarte løsninger og kostnadseffektive komponenter og systemer, uten at det går på bekostning av helse, miljø og sikkerhet (HMS).

Energisystemet står overfor gjennomgripende endringer som følge av økt elektrifisering av samfunnet, endrede forbruksmønstre, digitalisering og ny teknologi, samt innfasing av fornybare energikilder.

De viktigste eksterne rammebetingelsene for en strategi innen forskning og utvikling for Statnett og partnere, finner vi i **Energi21 - Norges nasjonale strategi for forskning, utvikling og kommersialisering av ny klimavennlig energiteknologi**. Energi21-strategien anbefaler en solid vekst innen ny energiteknologi og en prioritert innsats rettet mot seks definerte satsingsområder, som er vist i Figur 1.



Figur 1: De seks prioriterte satsingene i Energi21-strategien. Kjernesatsingen "Digitaliserte og integrerte energisystemer" er av overordnet betydning som infrastruktur og bindeledd mellom de andre satsingene.¹

¹ www.energi21.no

Satsingsområdet "Digitaliserte og integrerte energisystemer" ligger som en overordnet prioritering på grunn av viktige oppgaver som sikring av fremtidig forsyningsikkerhet, tilrettelegging og integrasjon av klimavennlige energiteknologier og samfunnets verdiskaping.

1.2 Komponentenes rolle i energisystemet

Energi21s *digitaliserte og integrerte energisystem* omfatter:

- En fysisk infrastruktur hvor komponentene i kraftnettet spiller sammen i et nettverk.
- Koordinerte komponenter i et system der digitalisering muliggjør effektiv ressursbruk.
- Systemtjenester for samfunn og miljø, marked og kunder.

Pålitelige komponenter i transmisjons- og distribusjonssystemet er både en forutsetning og en muliggjører for det digitaliserte og integrerte energisystemet. Framtidas nettkomponenter må tåle nye typer påkjenninger og mer variable driftsmønstre enn tidligere, grunnet positive endringer som økt elektrifisering og dermed endrede forbruksmønstre, og en større andel varierende, fornybar energiproduksjon. Men det skal også tåle trusler fra blant annet cyberangrep og ekstremvær.

I dette bildet gir digitalisering nye muligheter for optimal levetidsutnyttelse av komponentene i nettet gjennom feil- og aldringsmodeller, tilstandskontrollmetoder, overvåking og styring. Drifts- og tilstandsmålinger genererer store datamengder som sammen med digitale modeller gjør det mulig å ha bedre kontroll over komponentenes belastning og tilstand, noe som gir grunnlag for mer treffsikre og kostnadseffektive reinvesteringer i nett.

Optimal levetidsutnyttelse utløser store økonomiske gevinster for samfunnet, men forutsetter omfattende fysisk forståelse av elektrotekniske materialer og deres aldringsmekanismer, kombinert med lang erfaring fra lokale og regionale driftsforhold, samt et funksjonelt grensesnitt mellom IKT og komponentene.

1.3 Statnetts og FoU-aktørens behov

Det er viktig for Statnett å ha en FoU-strategi for komponenter som bidrar til relevant kunnskaps- og kompetanseutvikling, og som understøtter langsiktig rekruttering av kompetent personell.

FoU-aktørens hovedoppgave er kunnskapsutvikling gjennom forskning, innovasjon og utdanning, som bidrar til bærekraftige energiløsninger og fremtidens verdiskaping. FoU-aktørene fungerer også som langsiktige kunnskapsbærere for nettselskap og industri gjennom forskningsbasert utdanning, kompetansebygging og innovasjon i koordinerte prosjekter med næringslivet.

Forutsigbarhet gjennom strategisk og langsiktig forskning og utvikling er en forutsetning for å sikre at norske FoU-aktører skal kunne videreutvikle internasjonalt ledende fagkompetanse.

2 Mål for satsingen

Hovedmål

Gi retning for en felles koordinert og langsiktig FoU-aktivitet rettet mot komponentene i fremtidens kraftnett.

Delmål:

- Identifisere behov for kunnskaps- og kompetanseutvikling, samt frembringe idéer for å utvikle og konkretisere FoU-prosjekter som bygger og videreutvikler kompetanse innenfor primærkomponentene i fremtidens kraftnett.
- Legge grunnlag for strategisk dialog mellom Statnett, distribusjonsnettselskaper, FoU-aktører og andre industripartnere på nasjonalt, nordisk og europeisk nivå.
- Gi forutsigbarhet for Statnett, nettselskaper og FoU-aktørene med tanke på retning for den langsiktige satsingen på FoU rettet mot komponentene.



Figur 2: Elementer i fremtidens kraftnett

3 Tematiske prioriteringer

Statnetts overordnede strategi identifiserer: Smart, Effektivt og Sikkert som hovedretninger. Når det gjelder FoU på komponentene i kraftsystemet, så kan dette eksemplifiseres med:

Smart:

- Digitalisering (sensorer, digital tilstandskontroll, mm.)
- Innsamling, bearbeiding og tolking av data (sensorer, overvåking, mm.)
- Modellering og simulering (digitale tvillinger, mm.)

Effektivt:

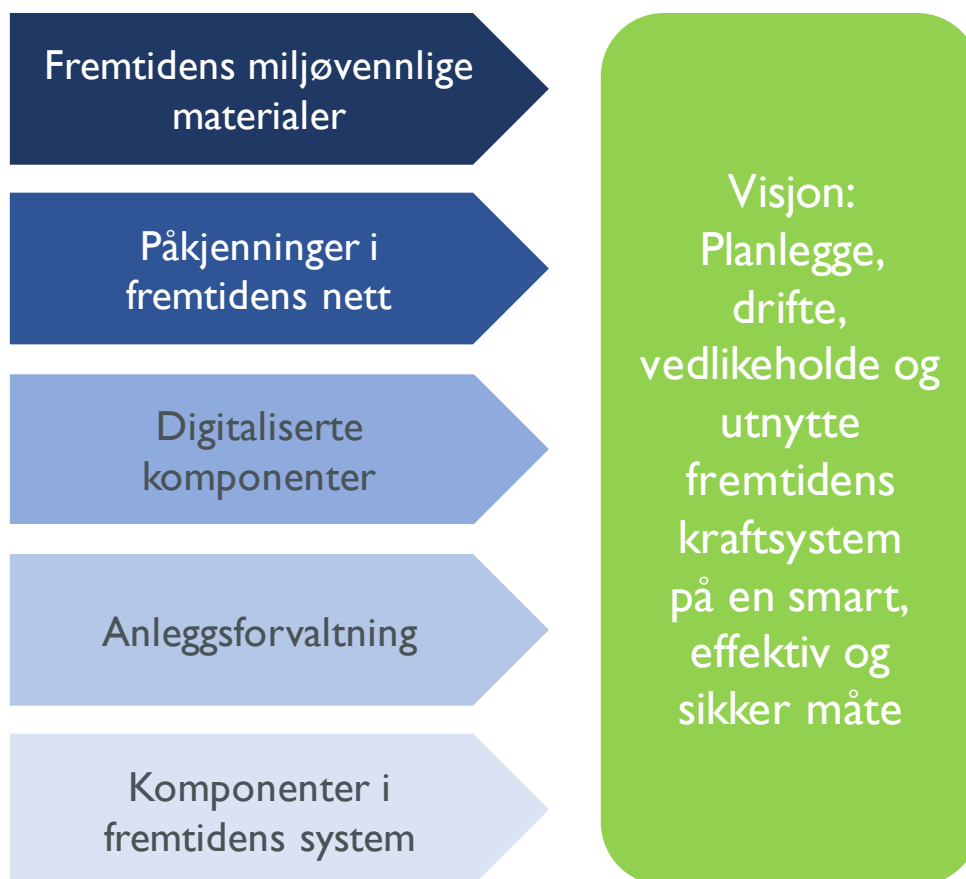
- Svært god forsyningssikkerhet til lavest mulig total kostnad.
- Optimal levetidsutnyttelse (tilstandskontroll, kostnadseffektive utskiftningsstrategier, mm.)
- Design for optimal levetid, innkjøpskompetanse, spesifikasjonskompetanse, optimal kapasitetsutnyttelse.

Sikkert:

- Miljø- og klimavennlige løsninger (konstruksjoner, materialvalg, mm.)
- Risikohåndtering for komponenter, nye arbeidsmetoder, nye overvåkingsteknologier.
- Komponentkunnskap og -kompetanse, aldringsmodeller.

Dette kan aggregeres som fem gjennomgrepene hovedtema som er relevante for alle komponenttyper i nettet, men med ulik grad av prioritering:

- Fremtidens miljøvennlige materialer
- Påkjenninger i fremtidens nett
- Digitaliserte komponenter
- Anleggsforvaltning
- Komponenter i fremtidens system



Figur 3: Fem gjennomgripende hovedtema som underbygger Statnett sin overordnede strategi

Innretningen for hvert av disse temaene er kort beskrevet i det følgende.

3.1 Fremtidens miljøvennlige materialer

Kunnskap om materialer er nødvendig bl.a. for valg av riktig design for komponenter og langsiktig anleggsforvaltning, f.eks. gjennom forståelse av aldriingsmekanismer i komponentene.

Temaet *Fremtidens miljøvennlige materialer* inkluderer grunnleggende og avansert kompetanse innen fysikk, kjemi og materialteknologi for relevante gasser, væsker og faste stoffer som utgjør de kritiske delene av komponentene. Dette omfatter både isolasjonsmaterialer, halvleder- og ledermaterialer og konstruksjonsmaterialer (som stål og betong).

Temaet favner både eksisterende materialer som benyttes i komponenter i nettet i dag, samt nye og uprøvde materialer som for eksempel høytemperaturmaterialer, nanomaterialer og nye miljø- og klimavennlige materialer (nye isolasjonsoljer, alternativer til SF₆, mm.).

Målsetting for temaet *Fremtidens miljøvennlige materialer* omfatter bl.a.:

- Videreutvikle en solid og anvendbar kompetansebase for eksisterende og nye materialer.
- Utvikle relevant materialkompetanse for innkjøp, drift og forvaltning av komponentene i kraftnettet.

3.2 Påkjenninger i fremtidens nett

Kunnskap om påkjenninger i nettet og virkningen av dem, er helt sentralt for å kunne håndtere de ytre rammebetingelsene for drift av kraftnettet, og likevel opprettholde forsyningssikkerheten.

Temaet *Påkjenninger i fremtidens nett* favner klima- og miljømessige påkjenninger på komponentene i systemet.

Dette inkluderer ytre påvirkninger på komponenter forårsaket av for eksempel konsekvenser av ekstremvær, vind, is, salt, fuktighet og ulike mekaniske påkjenninger. Spesielle forhold i Norge som må tas hensyn til er blant annet arktisk klima. Inkludert i dette er kunnskap om korrosjon og korrosjonsbeskyttelse.

En annen potensiell påvirkning er geoindusterte strømmer fra solstormaktivitet, som påkjenner nett og komponenter.

Målsetting for temaet *Påkjenninger i fremtidens nett* omfatter bl.a.:

- Videreutvikle en solid og anvendbar kompetanse om klimatiske påvirkninger på primærkomponentene.
- Bygge kunnskap om hvordan solstormer, is, forurensning, brann, og annet ekstremvær påvirker komponenter og gir systemmessige påvirkninger.

3.3 Digitaliserte komponenter

Fremtidens nett vil i større grad bestå av digitaliserte komponenter, der nye teknologier gir nye muligheter innen overvåking og tilstandskontroll, og nyttiggjøring og tolking av data i stor skala.

Temaet *Digitaliserte komponenter* favner bruk av nye digitale teknologier og metoder rettet mot komponenter – f.eks. etablering av digitale tvillinger og modellering av komponentenes oppførsel ved forskjellige typer påkjenninger. Herunder kommer kunnskap om sensorer og måleteknikk, beregningsmodeller og avanserte dataanalyser og maskinlæring for effektiv behandling av store datamengder.

Utnyttelse av digitale tvillinger for komponentene må ha sitt fundament i solid komponentkunnskap for å kunne ta gode beslutninger i bruk og gi kvalitetssikrede resultater. Algoritmer og informasjon for bruk i en digital tvilling vil variere ut fra hvilket system og apparategenskaper som skal beskrives.

Målsetting for temaet *Digitaliserte komponenter* omfatter bl.a.:

- Bygge kompetanse og gi innhold til hva en digital beskrivelse av oppførselen til komponenter innebærer og hvilke muligheter som ligger i dette.
- Videreutvikle strategier for digitaliserte komponentene (bl.a. måling, overvåking, tolking av data) med målsetting om kostnadseffektiv forvaltning av komponentenes levetid.

3.4 Anleggsforvaltning

Kunnskap om anleggsforvaltning og optimal levetidsutnyttelse er av stor økonomisk betydning, gjennom å gi grunnlag for rettidige investeringer, samtidig som man har kontroll på risiko knyttet til uønskede hendelser.

Temaet *Anleggsforvaltning* favner bl.a. optimal levetidsutnyttelse gjennom bruk av data fra overvåking og tilstandskontroll, kombinert med kunnskap om aldring og restlevetid.

Bedre feilstatistikk kan identifisere treffsikre tiltak for å øke forsyningssikkerheten, unngå avbrudd, forbedre HMS (reduere personsikkerhetsrisiko), etc. Et annet viktig bruksaspekt er kunnskap og kompetanse i forbindelse med anskaffelser, som for eksempel underlag for spesifisering, standarder og testmetoder.

Målsetting for temaet *Anleggsforvaltning* omfatter bl.a.:

- Bygge og inneha kunnskap om komponentenes tilstand for å kunne utnytte dem best mulig og imøtekomme behov for forsyningssikkerhet og fleksibilitet.
- Tilgjengeliggjøre kunnskap om tilstand for primærkomponentene i nettet som inngangsdata til probabilistiske metoder og risikovurdering i forvaltningen av nettet.

3.5 Komponenter i fremtidens system

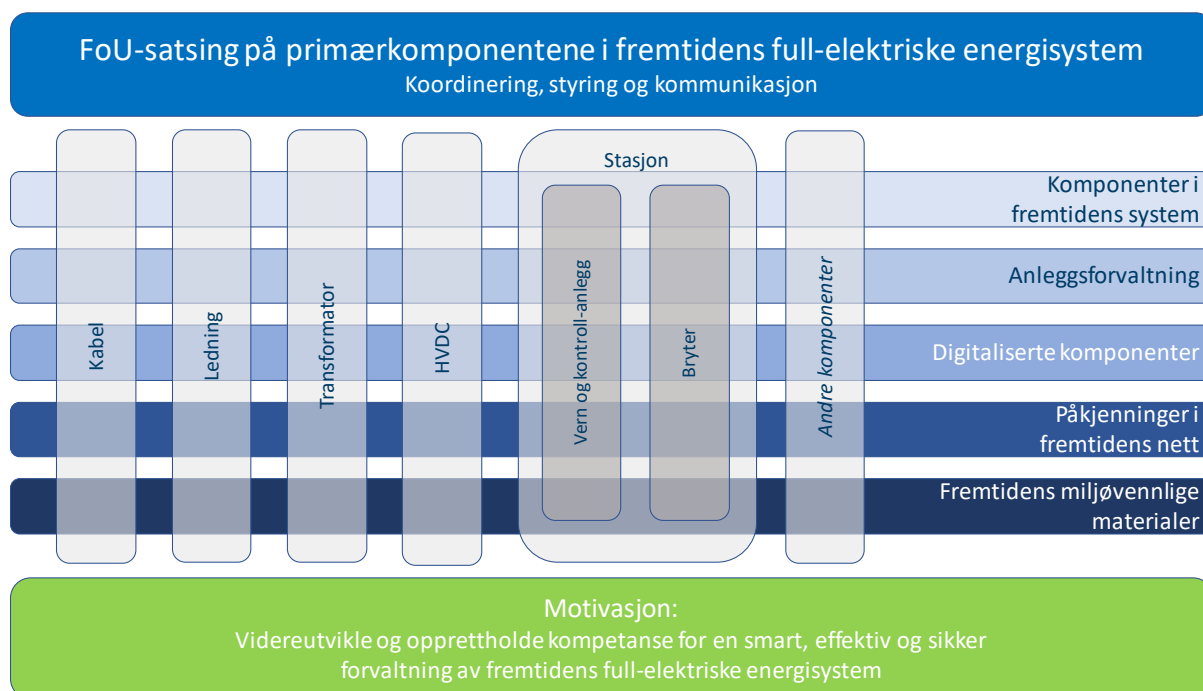
Kunnskap om samvirkningen mellom komponenter og systemet som helhet er sentralt for å sikre forsyningssikkerheten.

Temaet *komponenter i fremtidens system* omfatter bl.a. mekaniske forhold (bl.a. kortslutningskrefter), elektriske forhold (bl.a. overspenninger og resonanser fra koplinger, raske transienter fra kraftelektronikk og bryteranlegg), og termiske påkjenninger (bl.a. dynamiske laster og overbelastbarhet). Interoperabilitet mellom ulike typer komponenter er annet relevant tema.

Relevante problemstillinger er hvordan vi kan øke overføringsevnen ved å ta i bruk ny komponentkunnskap, og hvordan nye driftsmønstre påvirker restlevetid for komponentene. Et relevant spørsmål er om forbedret design av komponentene eller utskifting av enkeltkomponenter kan gi bedre kapasitetsutnyttelse.

Målsetting for temaet *Komponenter i fremtidens system* omfatter bl.a.:

- Øke overbelastbarhet under utfall.
- Øke systemets overføringsevne.
- Unngå ukontrollerte overspenninger.
- Tilpasse spesifikasjoner og datagrunnlag for systemkrav.
- Redusere muligheter vendor lock-in
- Øke kontrollerbarhet i et AC / DC hybrid nett



Figur 4: Tematisk innretning for FoU-satsing på komponentene.

Figur 4 illustrerer strukturen der de fem hovedtemaene skisseres som gjennomgrepende tema (horisontalt) som er relevante for de ulike komponenttyper (vertikalt) i nettet, men som vil ha sine spesifikke innretninger for hver av komponentene.

For et prioritert utvalg av treffpunkt mellom hovedtema og komponenttyper vil man identifisere de viktigste FoU-utfordringene. Prioritering av disse områdene, og utvikling av prosjekter som dekker behovene, vil være en hovedoppgave for den koordinerte FoU-satsingen.

4 Forventede resultater

Rammeverket som presenteres i dette notatet er et første skritt i prosessen mot en helhetlig FoU-strategi for komponenter, som vil gi nytte gjennom å planlegge, drifte, vedlikeholde og utnytte fremtidens kraftsystem på en smart, effektiv og sikker måte.

Videre er det nødvendig med prioritering av de viktigste forskningsområdene og konkretisering av spesifikke prosjekter som adresserer spesifikke problemstillinger. Resultat vil komme bl.a. gjennom rett-tidig investeringer og målrettet innføring av digitaliseringsteknologier, basert på solid domenekunnskap innen komponenter og -materialer.

Prosjektene som utgår fra strategien, skal samlet dekke Statnetts behov for kompetanseutvikling innen komponentene. Det forventes at et helhetlig og langsiktig perspektiv på prosjektutvikling skaper synergier mellom prosjekter som initierer nye prosjektidéer i grensesnittet mellom involverte fagmiljø.

Hvert av prosjektene i satsingen skal konkretisere egne resultater i form av bl.a. antall publikasjoner, samarbeid med internasjonale miljø, utdanning av ph.d. og MSc-kandidater, innovasjoner, osv.

Satsingen vil:

- Sikre morgendagens kompetanse for Statnett og andre aktører, bl.a gjennom å utdanne relevante kandidater og bygge sterke kompetansemiljø internt og eksternt
- Gi grunnlag for mer langsiktige, forutsigbare og strategiske FoU-satsinger
- Gi retning for FoU innen komponenter med målrettet prosjektutvikling
- Bidra til å få frem innovasjoner som gir verdiskaping for Statnett og andre aktører
- Gi samarbeid med internasjonalt ledende kompetansemiljø på prioriterte områder

5 Realisering av FoU-satsingen på komponenter

Rammeverket som er etablert danner grunnlaget for å diskutere og prioritere områder som er viktige for videre satsing mot FoU på komponenter – på kort og lengre sikt.

Satsingen realiseres gjennom å etablere og utføre en prosjektportefølje som adresserer viktige utfordringer og muligheter knyttet til komponentene i fremtidens kraftnett.

En forutsetning for å skape synergier mellom prosjektene i porteføljen er at resultatene produseres, kommuniseres og tas i bruk allerede under prosjektperioden.

Satsingen understøtter Statnetts prioriterte FoU-område for perioden 2020-2023 innen *Digitale, sikre og kosteffektive anlegg*, og skal følges opp bl.a. gjennom strategiske møter (2 ganger i året) der Statnett, gjerne sammen andre aktører, diskuterer og identifiserer prioriterte temaene for utvikling av prosjekter.

Videre operasjonalisering og utdyping skjer i dedikerte arbeidsmøter innenfor de prioriterte temaene der eksperter fra Statnett og andre interessenter deltar.