

# FoU

Statnett  
Forskning og Utvikling  
Research and Development

2019

## Et utvalg FoU-prosjekter i programperioden 2015–2019



### Bærekraftig systemutvikling

Planlegge fremtidens energisystem  
samfunnsmessig optimalt

### Innovativ teknologi

20 prosent raskere, 20 prosent  
sikrere, 20 prosent rimeligere

### Smarte nett

Forbereder kraftsystemet for en  
mer kompleks framtid



## For seks år siden lanserte Statnett slagordet «Fremtiden er elektrisk». Nå ser vi konturene av et fullelektrisk samfunn.



og skape nytt, og innsatsen som gjøres gjennom forsknings- og utviklingsmiljøene blir en drivende kraft.

Forskningsrådet presenterte i januar 2019 en rapport som konkluderte med at energiforskningen siden 2008 har skapt verdier for 16 milliarder kroner for Norge. Samme rapport anslår verdiskapingspotensialet til 100 milliarder kroner i årene som kommer. Våre erfaringer er i tråd med dette, og i årene som kommer mener vi at FoU-innsatsen blir enda viktigere.

Forskning og utvikling skal bidra til å etablere et kraftsystem, som skal legge til rette for at klimautslippene reduseres, verdiskaping øker og forsyningssikkerheten opprettholdes. FoU skal også spare samfunnet for store kostnader, slik at regningen for energiomleggingen blir lavest mulig, samtidig som det utvikles nye og forbedrede HMS-løsninger.

Som en konsekvens av dette øker Statnett FoU-innsatsen med 30 prosent i perioden 2020 til 2023. Innsatsen rettes inn mot tre sentrale utviklingstrender. Dette handler om datarevet beslutningsstøtte og automatisert beslutning som skal skje i sanntid. Det handler om å utvikle digitale, sikre og kostnadseffektive anlegg. Og det handler om samhandling i energisystemet på tvers av landegrensener, internt i Norge, og mellom kraftsektoren og andre deler av samfunnet. For som FN slår fast, gjennomsnittstemperaturen er allerede på vei opp. Skal den begrenses, trenger vi kollektiv innsats.

I dette magasinet kan du lese mer om de nye satsingsområdene, og få smakebiter på resultater fra siste periode. God lesing.

*Auke Lont*

Hilsen Auke

Mye har skjedd siden EU vedtok fornybardirektivet og EU 20-20-20-målene i desember 2008. Men det er fra i dag og fram til 2030 og videre til 2050, at utviklingen og endringer i samfunnet og kraftsystemet virkelig vil skyte fart.

Fremover forventer vi store endringer i forbruks- og produksjonsmønstre. Andel av fornybar energi øker drevet av sterkt fallende kostnader, mens elektrifiseringen drives videre av nye behov, økt klimarisiko og høyere karbonpriser. Vi vil også påvirkes av det som skjer i landene rundt oss. I årene som kommer vil vi eksempelvis merke at kjernekraftverk avvikles i Sverige, kullkraft fases videre ut i Danmark, mens andelen vindkraftproduksjon økes, både i våre naboland og i Norge.

Statnett skal legge til rette for utviklingen, og vi forbereder oss nå på at dette vil medføre nye måter å planlegge, dimensjonere, vedlikeholde og drifte kraftsystemet på. Dette er endringer som kun er mulig med vilje og evne til å innovere



**19** Kjemper mot flere verdensrekorder på Ålvikfjellet



**17** Alternativ til stål i fremtidens master



**23** Bedre rammeverk for grønnere inngrep



**38** Å forutsi ubalanse i nettet med kunstig intelligens



**28** Fremtidens anleggsplass er elektrisk



**40** Hyppige målinger gir uvurderlig informasjon

### INNHOOLD

- 2** Leder v/ Auke Lont
- 4** Tittel: FoU for et helelektrisk Norge
- 12** Innovativ teknologi  
Digital stasjon – fra stasjonsbuss til prosessbuss
- 16** Aluminium og kompositt som alternativ til stål i fremtidens master
- 19** Kjemper mot flere verdensrekorder på Ålvikfjellet
- 23** Bærekraftig systemutvikling  
Nytt rammeverk for grønnere inngrep ved anleggsarbeid
- 26** Alternativer til nett er et mer effektivt kraftsystem
- 28** Fremtidens anleggsplass er elektrisk
- 32** Forsker på risiko og kostnader ved de største strøbruddene
- 33** Smarte nett  
Fremtidens droner klarer seg selv
- 36** Analyserer data fra droner med kunstig intelligens
- 38** Å forutsi ubalanse i nettet med kunstig intelligens
- 40** Hyppige målinger gir uvurderlig informasjon om tilstanden i kraftsystemet



# FoU for et helelektrisk Norge

Statnett arbeider for tiden med innholdet i nye FoU-program for kommende fireårs FoU-periode. Hovedmålsettingen er å fremme innovasjon fram mot en full elektrifisering av Norge.

Foto: Morten Brakestad



– Ifølge IPCC må vi kutte karbonutslippene med 45 prosent innen 2030 og redusere dem til null innen 2050 for å oppfylle klimamålene. Dette sier Sonja Monica Berlijn, direktør for FoU hos Statnett. – Vi står midt i en klimakrise. Studier har vist at det er mulig å gjøre fastlands-Norge helelektrisk. Hvis vi greier dette, bidrar vi til å nå målet i 2050 så lenge all produksjon baseres på fornybar energi. For de neste fire årene har vi som mål å stimulere og oppmuntre norske forskningsmiljøer til å bidra til at denne visjonen realiseres.

## Ny teknologi

– For at Norge skal bli helelektrisk, trenger vi ny teknologi og nye løsninger, kunnskaper og innovasjoner, forteller Berlijn. – I tillegg vil digitalisering være en viktig del av utviklingen. Disse perspektivene ønsker Statnett å følge opp i den kommende programperioden 2020 til 2023.

Tre nye FoU-program har blitt fremhevet, med arbeidstitlene Datadrevet beslutningsstøtte i sanntid, Digital, sikker og kosteffektive anlegg og Samarbeide i fremtidens energisystem. I tillegg vil vi jobbe kontinuerlig for å utvikle kunnskapen som kreves for å møte denne utfordringen.

– Vi ser frem til å jobbe mot det ambisiøse målet med å gjøre Norge helelektrisk, sier

**– Siden vi står overfor så store utfordringer fremover og resultatene av FoU er så positive, er det ikke overraskende at ambisjonene har økt for neste programperiode.**

**SONJA MONICA BERLIJN**  
FOU-DIREKTØR  
STATNETT

Berlijn. – Dette målet kan realiseres på mange forskjellige måter, og det reiser en rekke interessante og spennende problemstillinger for oss.

Hun fortsetter: – Hva slags markeds mekanismer vil være hensiktsmessige i et slikt scenario? Hvordan sikrer vi god anleggsforvaltning, godt vern og god kontroll av fremtidens kraftsystem? Hva slags anlegg og (digital) teknologi trenger vi? Hva er det som står igjen for å oppnå dette målet? Hvordan balanserer vi lokale naturhensyn med globale klimamål, og hvor bør det nye forbruket plasseres?

## Store besparelser for Norge

Det systematiske fokuset på forskning i Norge de siste årene har ført til et stort antall potensielle kostnadsbesparende teknologier, metoder og løsninger. Statnett FoU har foretatt beregninger som viser at forskningen de siste tyve årene samlet har gitt besparelser på minst 10 milliarder kroner.

– Dette viser at FoU er et strategisk verktøy, og at måten vi organiserer vår FoU på, faktisk fungerer, sier Berlijn. – Vi vil fortsatt prioritere kostnadsbesparelser, HMS, sikkerhet og digitalisering, utvikling av kunnskap og verdiskaping for Norge som nasjon. Jeg tror fremdeles det er mulig å hente ut ytterlige store kostnadsbesparelser i årene som kommer.

Siden vi står overfor så store utfordringer fremover og resultatene av FoU er så positive, er det ikke overraskende at ambisjonene har økt for neste programperiode. Statnetts forskningsbudsjetter vil øke betydelig i perioden, fra ca. 90 millioner kroner i 2018 til 110–120 millioner kroner i de kommende årene.

## Samarbeider om å skape gode løsninger

Berlijn er tydelig på hva den største utfordringen i neste programperiode blir. – Det er viktig at vi fortsetter å involvere linjeorganisasjonen i Statnett sterkt, sier hun. – Samarbeidet mellom eksterne

forskningspartnere og oss selv er en viktig faktor for et målrettet FoU-arbeid. Dette er avgjørende for resultatene. Videre må vi identifisere gode nordiske prosjekter siden TSO-ene har mye å tjene på å samarbeide tettere over grensene.

I Norge har vi gode FoU-mekanismer. Dette er ikke tilfelle i samme grad i mange andre land. Derfor må vi også jobbe med nordiske finansieringsordninger og gode innovasjonsmodeller. Den typen produktutvikling vi trenger, blir vanligvis ikke levert av små entreprenørmiljøer siden det ofte krever større og mer etablerte virksomheter for å oppnå en gevinst. Derfor er det viktig å arbeide med utviklingens «gylne trekant» av leverandører, universiteter og oss selv, kombinert i ett og samme prosjekt. Det har allerede forekommet en rekke anledninger der dette har vært vellykket.

Det er nødvendig med mangfold. For at vi skal nå de ambisiøse målene vi har satt oss, er det ikke bare viktig å samarbeide, men vi må også jobbe med mangfold. Det er godt kjent at dette fremmer utviklingen. Vi trenger også en balansert portefølje. Vi må benytte både langsiktig og kortsiktig innsats, og vi trenger et mangfold i hvordan vi arbeider, noe som inkluderer både klassiske innovasjonsmetoder og smidigere arbeidsmetoder.

– Vi opplever at det skapes nye produkter, markeder, kunnskaper og verdier når vi jobber sammen, noe som alltid har vært et viktig mål, sier Berlijn. Det er en viktig utfordring for så vel bransjen som forskningsinstitusjonene, å sikre et tilstrekkelig stort antall nye medarbeidere med riktig kompetanse ved at vi arbeider tett sammen med høyskoler og universiteter.

– Vi må utvikle den kunnskapen vi trenger i fremtiden, videre. Vi representerer et tverrfaglig miljø som spenner fra de klassiske elkraft-fagene til IT og samfunnsvitenskap. Det er i møtet mellom disse feltene at vi skaper verdier for fremtiden, avslutter Berlijn.



# Kraftsystemet som selv gir beskjed når det trenger ettersyn

FoU-prosjektet SAMBA viser at det kan være mulig å basere anleggsforvaltningen på anleggets faktiske tilstand – snarere enn på rutinemessig intervall-service.

SAMBA har forsket på metodene og metodikken som trengs for å legge om anleggsforvaltning fra rutinemessig vedlikehold og utskiftingsintervaller, til en anleggsforvaltning basert på faktisk tilstand på komponenter i kraftsystemet. Det kan sammenlignes med at en bil sier ifra når den har behov for service, i stedet for at dette skjer på rutinemessige intervaller. SAMBA har resultatet i 12 innovasjoner. Resultatene og konklusjonene fra SAMBA vil bli en viktig del av arbeidet videre med å etablere fremtidens anleggsforvaltning i Statnett.

– Nøkkelen ligger i å samle inn, håndtere og agere på store mengder data, sier prosjektleder Arne Smisethjell. Det kan etableres dashboard, helseindekser og etableres automatiske responser. Forutsetningen er at dataene er indeksert på en måte som gjør det mulig å knytte dem sammen, enten de samles fra sensorer, værdedata, droner, historiske data, eller andre kilder.

### Overvåker helsetilstanden til kraftsystemet

Siden oppstarten i 2016 er det gjennomført omfattende forskning på hvordan Statnett kan identifisere helsetilstanden på ulike

komponenter i kraftsystemet. Arbeidet har vært ledet av Sintef Energi, i samarbeid med ABB, GE, IBM og Statnett.

– Det ligger et stort potensial for innsparing og effektivisering knyttet til overvåkning og oppfølging av de ulike komponentene i kraftsystemet. I tillegg er potensialet knyttet til å øke kunnskapen om hvordan komponentene reagerer på ulik belastning betydelig. Dette kan også gi oss muligheten til å utnytte kraftsystemet mer effektivt, forklarer prosjektlederen.

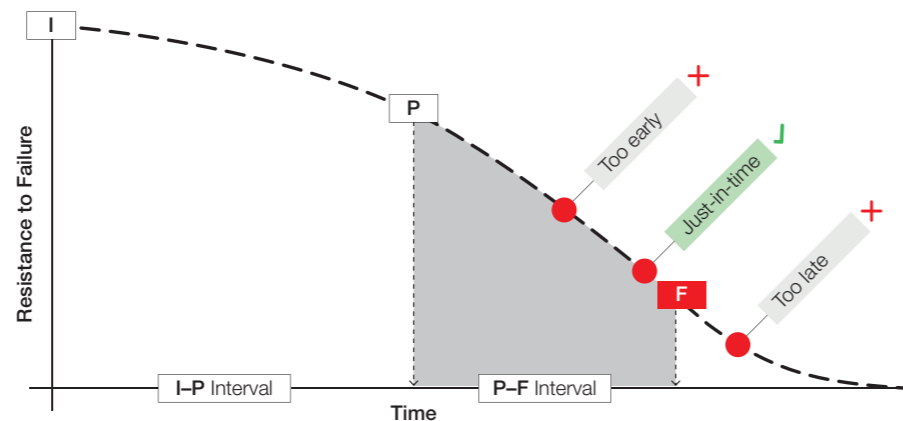
SAMBA har tatt utgangspunkt i de fire hovedområdene transformator, ledning, kabel og effektbryter. Deretter er det forsket på 19 konkrete områder, deriblant aldring i transformatorviklinger, tilstanden til et stort antall lineskjøter og temperatur på høyspentkabler. De fire hovedområdene er knyttet sammen i en overgripende del som har forsket på innsamling, håndtering, bearbeiding og bruk av data, samt anbefalinger knyttet til smartere anleggsforvaltning for Statnett.

SAMBA er støttet av Norges Forskningsråd som et innovasjonsprosjekt i næringslivet (IPN) gjennom ENERGIX. Prosjektet ble offisielt avsluttet i januar 2019.



– Nøkkelen ligger i å samle inn, håndtere og agere på store mengder data.

ARNE SMISETHJELL  
PROSJEKTLEDER  
STATNETT



# Innovasjon og nytenkning ligger bak Statnetts første patent

– Å søke om dette patentet var viktig for å sikre oss, og andre, retten til å bruke metoden, forteller ingeniør i Statnett, Ivar Brovold. Løsningen det er tatt patent på er utviklet for å skape en god fordeling av kreftene i tynt komposittmateriale.

Metoden ble utviklet som en del av FoU-arbeidet med komposittmaster og består av en brakett festet til mastebeinet tilpasset utforming av traversen som boltes til denne.

– At vi har fått godkjent et patent bekrefter at vi er en innovativ bedrift. Det er jeg stolt over, forteller FoU-direktør Sonja Berlijn.

### Konkluderte med å søke patentet selv

For di flere selskaper jobber med kompositt som materiale, var det viktig å unngå at andre fikk et patent på en tilsvarende løsning med mulighet for å hindre andre aktører i å bruke den. Statnett konkluderte

derfor med at det var viktig å søke patentet selv.

– Samtidig har det vært en krevende prosess å få dette patentet godkjent og strategien vår for å sikre oss retten til å bruke metoder og teknologi vi utvikler fremover vil nok gå i motsatt retning. Vi vil prioritere å tilgjengeliggjøre metoder og teknologi som vi utvikler slik at alle kan bruke dem – eller videreutvikle dem. På den måten hindrer vi at andre firmaer får patent på det vi har utviklet, samtidig som vi bidrar til å øke konkurransen blant leverandørene, forteller Berlijn.

# Gratulerer til FoU med SIKKER-prisen 2018

Den 18. desember ble årets interne SIKKER-pris delt ut for femte gang. Dette året gikk prisen til FoU for deres systematiske HMS-arbeid over lang tid.

– Det motiverer oss til videre arbeid, og vi er veldig glade for prisen, takket en fornøyd FoU-direktør Sonja Berlijn på prisutdelingen. SIKKER-prisen ble opprettet for å anerkjenne og rette søkelyset på gode HMS-prestasjoner internt i Statnett, som bidrar til å fjerne de høyeste risikoene Statnett er utsatt for. I år ble prisen delt ut av konsernsjef Auke Lont på allmøtet den 18. desember.

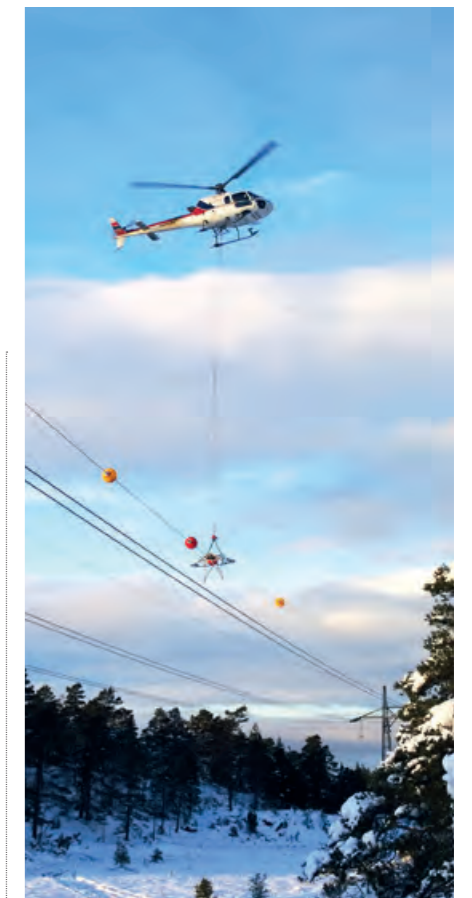
### FoU utfordrer de vante løsningene

«En viktig oppgave for FoU er å utfordre eksisterende måter å gjøre ting på. Det har blitt gjennomført en rekke prosjekter som reduserer og fjerner HMS-risiko gjennom tekniske løsninger. Fokuset har særlig vært arbeidsoperasjoner med høy HMS-risiko, slik som arbeid i høyden og med

helikopter», heter det i begrunnelsen for SIKKER-prisen 2018.

I tillegg til personsikkerhet er klima, miljø, informasjonssikkerhet og kvantifisering av HMS-risikovurderinger og -gevinster områder der Statnetts FoU-aktivitet har løftet nivået i selskapet.

– Det er viktig at alle er trygge på jobb, og det er viktig at vi har et sikkert energisystem både når det gjelder forsyningssikkerhet og cybersikkerhet. Samtidig må vi bidra med løsninger som både reduserer vårt miljømessige fotavtrykk og reduserer klimautslipp, samtidig som vi sikrer våre anlegg for klimaendringer, påpekte Berlijn under prisutdelingen.





# Ny utmerkelse til AutoDig

AutoDig stakk nylig av med andreklassen i Smartgridsenterets innovasjonskonkurranse. Prisen er ny av året, og den er opprettet for å øke oppmerksomheten om prosjekter som viser vei innenfor smarte nett. Dette er ikke første gangen AutoDig blir lagt merke til.

Foto: Jørgen Braastad

– Det er utrolig mye spennende som skjer i kraftbransjen under overskriften «digitalisering», og det er gøy for teamet, og Statnett, å utvikle et produkt som stikker seg frem blant disse, forteller produkteier Christian Sundal Melaaen.

Hvert år vil Smartgridsenteret plukke ut ett eller flere temaer i forbindelse med konkurransen. Årets tema har vært «Foregangsprosjekt som benytter smartgridteknologier for å øke driftssikkerhet og kostnadseffektivitet i nettet». Første- og tredjeplassen gikk henholdsvis til Agder Energi Nett for «Digitalisering for optimal bygging og drift av strømnettet» og eSmart for «Connected Drone». I fjor kom AutoDig på tredjeplass i Innovation

Challenge, og Jørn Schaug-Pettersen har tidligere mottatt Statnetts egen innovasjonspris for prosjektet.

– Vi er stolte over denne anerkjennelsen for AutoDig, det er veldig hyggelig å være med på at en innovativ, viktig og langsiktig satsing også blir lagt merke til utenfor Statnett, sier data scientist Gunnhild Svandal Presthus.

**Automatisk diagnose av driftsforstyrrelser i kraftsystemet**  
AutoDig, som startet som et FoU-prosjekt allerede i 2009, identifiserer og rapporterer automatisk driftsforstyrrelser i kraftnettet. Gjennom å «lytte» på ulike datastrømmer kan AutoDig levere en oppsummering av

driftsforstyrrelsen, mindre enn 60 sekunder etter utfallet skjedde. Oppsummeringen brukes av de operative miljøene i Statnett til å treffe riktig tiltak. Første versjon av AutoDig ble tatt i bruk i 2016, og allerede året etter startet videreutviklingen opp med AutoDig 2.0.

– Det er klart at den økte oppmerksomheten som følge av prisen gjør oss enda mer sultne på å gripe de mulighetene som ligger foran oss. Vi har store forventninger til hva vi skal skape fremover sammen med brukerne våre. Det ligger stor verdi i å utnytte data smartere, det ser vi allerede, og det vil vi se mer av etter hvert som vi lærer mer. Denne prisen legger ingen demper på disse forventningene, forteller Melaaen.

Utviklingen av AutoDig tas videre av et autonomt team i Statnett. Dette er et team med en stor grad av frihet og myndighet til å løse oppgaven. Teamet er tverrfaglig sammensatt med både elkraft- og IT-kompetanse. Til sammen dekker det store deler av verdikjeden fra en sensor installeres til sensordataene, via AutoDig, benyttes som beslutningsstøtte i operativ drift.

Melaaen forteller at de jobber i korte sprinter og tilgjengeliggjør ny funksjonalitet for brukerne kontinuerlig. Dette muliggjør hyppige forbedringer og bidrar til et tett integrert samarbeid mellom brukere og team.

– Autoteam er et godt eksempel på hvordan vår satsing på digitalisering har gitt resultater, og alt tyder på at vi fortsatt har mange nødvendige digitaliseringer foran oss i driften av kraftsystemet, avslutter FoU-direktør Sonja Berlijn.



AutoDig identifiserer og rapporterer automatisk driftsforstyrrelser i kraftnettet.

# – Det er fullt mulig å realisere enda flere milliard-gevinster

Statnetts forsknings- og innovasjonsarbeid har levert milliarder i kostnadseffektiviseringer i løpet av de siste årene. – Det er ingen grunn til å tro at potensialet er tatt ut. Snarere tvert imot, sier Statnetts tre programledere.

Foto: Christian Søgaard



Forskningsprosjektene i Statnett har i snart 20 år bidratt til smartere, sikrere, mer bærekraftige og mer effektive løsninger. Den norske energiforskning har endret fokus flere ganger i løpet av denne perioden, fra energibruk, energioptimalisering og tekniske løsninger til marked, innovasjon, klimatilpasning og digitalisering i de siste årene. Forskningsaktivitetene har blitt tematisk bredere og omfanget har økt.

Ifølge en fersk rapport fra Forskningsrådet har energiforskningen spart det norske samfunnet milliarder av kroner i direkte kostnadsbesparelser. Statnetts beregninger viser at FoU-arbeidet i perioden 2014 til 2018 har levert prosjekter med en potensiell besparelse på mer enn 7 milliarder kroner for Statnett og bransjen. I tillegg har FoU-arbeidet bidratt til økt sikkerhet, bedret miljø og økt kompetanse.

De tre programlederne Oddgeir Kaspersen, Jørn Egil Johnsen og Ingeborg Buchalik i Statnetts FoU-avdeling leder henholdsvis forskningen på innovativ teknologi, smarte nett og bærekraftig systemutvikling. De tror alle tre at forskningen vil spille en enda viktigere rolle i årene som kommer, særlig for å legge grunnlaget for de forandringene som kraftmarkedet vil gjennomgå.

**– Syv milliarder er et imponerende høyt tall, betyr det at de store gevinstene nå er tatt ut?**







Programleder for Innovativ teknologi, Oddgeir Kaspersen og for Bærekraftig systemutvikling, Ingeborg Buchalik.

← **Oddgeir:** – Nei, jeg tror ikke potensialet er hentet ut, jeg mener vi kan realisere vel så store kostnadsbesparelser og sikre nye verdier i de kommende årene. Det er heller ikke slik at vi bare har fokusert på områder eller felt der vi mente av utsiktene til kostnadsbesparelser var høyest. Enkelte prosjekter, som bruk av robot til montering, leverer også veldig godt på hms.

**Jørn:** – Det skjer en masse spennende innenfor områdene digitalisering, automatisering og kunstig intelligens. Vi har mye mere å hente. Fremtidens kraftsystem kommer til å se ganske annerledes ut, takket være forskningen.

Ingeborg Buchalik peker på at med den økende graden av elektrifisering i samfunnet, øker også mulighetsrommet for å ta nye effektive og innovative løsninger i bruk. Dermed blir innsparings- og verdiskapingspotensialet i kroner og øre større.

– Aktørene som kan nyttiggjøre seg av innovasjonene favner bredere og er større enn tidligere. Jeg tror ikke potensialet er mindre. Snarere tvert imot, sier hun.

En utfordring for alle som arbeider med forskning og innovasjon er at ingen vet

hvilke ideer eller prosjekter som vil skape resultater, og hvilke som vil strande underveis. Et grunnprinsipp hos Statnett er derfor å sikre et tilstrekkelig stort tilfang med ideer og prosjektforslag til enhver tid. Programlederne sammenligner prosessen fra idé til resultater med en trakt; et stort tilfang av ideer munner til slutt ut i en håndfull lovende innovasjoner.

#### – Hvordan involveres resten av organisasjonen i FoU-arbeidet?

**Jørn:** Vi kan være stolte av at vi har greid å innlemme såpass mange fra linjen i forskningsarbeidet, og jeg mener det er en styrke og en forklaring på hvorfor vi får resultater fra forskningen i så stor grad. Det er mange ildsjeler her som har bidratt stort.

**Oddgeir:** Linjen er viktig for å sikre tematisk riktig retning på forskningen. Det kommer kanskje inn 150 prosjektsøknader ved hver utlysingsrunde og vi har nok hatt nærmere 600 ideer til løpende vurdering de siste 4–5 årene. Etter hvert som vi arbeider med kvalifisering og testing faller noe ut, andre prosjekter kombineres. Våre egne folk er viktige for å sikre relevans i forhold til spesifikke problemstillinger vi står overfor. Dette er det bare våre egne folk som ser, derfor er det så viktig å involvere egne ansatte. Vi hadde ikke kunnet levere

forskning og utvikling i samme grad uten linjen.

Statnetts FoU-arbeid er innrettet mot fire mål: Digitalisering, kostnadsbesparelser, kompetanseheving og bærekraftig utvikling.

#### – Har dere eksempler på forskningsprosjekter som leverer godt på alle fire målbilder?

**Jørn:** De fleste prosjektene treffer godt på to eller tre målsettinger. Men det er viktigere at prosjektene samlet sett leverer godt på alle fire målbilder. Noen eksempler, prosjektene SAMBA og digital stasjon treffer på kompetanseheving og kostnadseffektivisering, og icebox-prosjektet treffer godt på besparelser, bærekraftig utvikling og kompetanseheving. Prosjektet Alternativer til nett leverer også veldig godt på alle fire målsettinger.

**Oddgeir:** Utviklingen av en ny mastetype i aluminium er også et godt eksempel på innovasjoner som gir mange og sammensatte gevinster.

#### – Hvor viktig er miljø-, naturvern og klimahensyn i forskningen?

**Ingeborg:** Det er et helt avgjørende perspektiv. Vi jobber for å minimere de negative konsekvensene våre anlegg har på naturmangfold og landskapsverdier, samt redusere klimagassutslipp fra utbygging og drift.

#### – Men naturen taper ofte til menneskets behov for vekst og fremskritt?

**Ingeborg:** Det er ikke slik at det er enten – eller. Vi kan ivareta naturhensyn og samtidig bygge fremtidens kraftsystem. Vi skal skape aksept for at det tas naturvernensyn, klimahensyn og miljøhensyn i all vår drift. Det er jo også en grunn til at vi har samfunnsøkonomer i Statnett og ikke bare bedriftsøkonomer – for å fremme løsninger for samfunnets beste.

**Jørn:** Jeg opplever ofte at målene er sammenfallende. Flere ganger ser vi at mer miljøvennlige løsninger også er kostnadsbesparende. Ta robotmontasje av flymarkører for eksempel. Langt mindre bruk av helikopter gir kostnadsbesparelser, bedre sikkerhet og miljøgevinster. Vår satsning på drone- og sensorteknologi vil gi lignende effekter.

#### – Hvilke utfordringer vil forskningen stå overfor i fremtiden?

**Ingeborg:** Utviklingen i samfunnet går stadig raskere og det stiller både forskningen og Statnett overfor nye utfordringer. Vi må levere innovasjoner og løsninger innenfor kortere tidsperpektiver og tilpasse metodikk etter en verden som endrer seg stadig raskere.

Lange linjer vil fortsatt være viktig, da det ligger i forskningens natur at resultater kan ta tid å realisere. Men forskningsmiljøene må tilpasse seg kortere tidshorisonter enn tre, fire år, da verden skifter raskere enn før.

– Dette vil særlig være viktig innenfor digitalisering og IT. Vi vil nok se en dreining mot å rapportere delresultater hyppigere, går det fire år mellom hver gang kan jo hele grunnlaget for forskningen være falt bort, sier Jørn.

En siste utfordring som hele forskningsmiljøet deler er en generell knapphet på fagpersoner innenfor fagfeltet. På enkelte områder er det færre enn ti personer i hele Norden som besitter nødvendig kompetanse. Det skaper en sårbarhet som Statnett håper å kunne adressere gjennom et sterkere samarbeid med andre forskningsmiljøer og universitetene i årene fremover.



Programleder for Smarte nett, Jørn Egil Johnsen.

#### FAKTA

##### Offentlig støtte

Offentlig forskningsstøtte spiller en viktig rolle i FoU-prosjektene Statnett er involvert i. Av om lag 60 aktive FoU-prosjekt bidrar Forskningsrådet/Skattefunn, NVE og ENOVA i mer enn halvparten.

#### – Flere ganger ser vi at mer miljøvennlige løsninger også er kostnadsbesparende.

**JØRN EGIL JOHNSEN**  
PROGRAMLEDER, SMARTE NETT  
STATNETT





# Digital stasjon – fra stasjonsbuss til prosessbuss

– Smartere, sikrere og mer kompakt. Hvis vi skal formulere målet med forskningen på digital stasjon med noen få ord, så er det disse som best beskriver gevinstene vi mener det er mulig å realisere.

Foto: Terje Borud

Vi hadde tatt oss til Furuset stasjon nord for Oslo Gryta for å se på FoU-prosjektet «Digital stasjon» og blitt sluppet inn i den ikoniske bygningen fra 60-tallet av Rannveig Løken, prosjektleder og Nargis Hurzuk, fagressurs og teknisk ansvarlig. Og de tre ordene – smartere, sikrere og mer kompakt – skulle vise seg å være en svært god oppsummering av et prosjekt som er såpass banebrytende og komplekst at selv oppegående skribenter med over gjennomsnittet innsikt i teknologi og digitalisering, sliter med å henge med i svingene.

## Miljøvennlig og kostnadseffektiv

Og nettopp digitalisering, på samfunns-, virksomhets- og prosessnivå, er rammen rundt når Løken og Hurzuk entusiastisk og fremoverlent forklarer hvor spennende prosjektet «Digital stasjon» er for Statnett, for Norge og for dem. – «Digital stasjon» handler naturlig nok om å digitalisere prosesser og utstyr på transformatorstasjonene til Statnett, forklarer Rannveig Løken. – På et overordnet nivå vil arbeidet vi gjør i dette prosjektet sette både Statnett og Norge bedre i stand til å håndtere utfordringene vi møter i fremtiden. Da tenker jeg for eksempel på fornybare energikilder, nye datasentre og behovet for økt sikkerhet.

– Vi jobber med andre ord for å gjøre nettene smartere, fortsetter hun. – Samtidig har også dette prosjektet et bærekrafts- og livsløpsperspektiv. Statnett jobber hele tiden for å finne frem til de miljøvennlige og kostnadseffektive løsningene. En digital stasjon vil for eksempel ta mye mindre plass, med mindre kabling og redusert montasjetid enn dagens analoge motstykker. Dette er også viktige faktorer vi har med oss i forskningen.

## Digitalisering mot primæranlegget

Å kalle dagens stasjoner analoge, er strengt tatt ikke en presis beskrivelse. – Kontrollanlegget på dagens stasjoner kommuniserer på et TCP/IP-basert nettverk med IEDer (intelligent electronic devices) som utveksler data digitalt både innbyrdes og med driftssentralen. Det er dette nettverket som kalles en stasjonsbuss. Samtidig er grensesnittet mellom kontrollanlegget inne og primæranlegget ute analogt og trådbundet. Så mye som 800 ledere eller kobbertråder er fysisk strukket mellom primæranlegget og kontrollrom, forklarer Løken og peker på baksiden av svingrammen i kontrollskapet i rommet der vi står for å vise hvordan dette ser ut i praksis. Forskjellen mellom de gamle og nye skapene på Furuset er slående, ikke minst

– På et overordnet nivå vil arbeidet vi gjør i dette prosjektet sette både Statnett og Norge bedre i stand til å håndtere utfordringene vi møter i fremtiden. Da tenker jeg for eksempel på fornybare energikilder, nye datasentre og behovet for økt sikkerhet.

RANNVEIG LØKEN  
PROSJEKTLEDER  
STATNETT







På Furuset er det satt opp en realistisk pilot i parallell til den eksisterende stasjonen.



når du vet at en enkelt fiberoptisk kabel kan erstatte hundrevis av kobberledninger.

– Det sier seg selv at arbeidet som kreves for å bygge en stasjon av den typen som er standard i dag, er omfattende. Lederne må trekkes gjennom kulverter fra utsiden i primæranlegget til innsiden av kontrollbygget der de termineres på vern og kontrollanlegget. Kontrollrom blir store fordi mye utstyr skal få plass, og skalerbarheten er begrenset av nye tilgjengelige ledere for å utvide med nye signal. Dette er rett og slett en lite fleksibel løsning.

**Fra en buss til en annen**

På Furuset har de to forskerkollegaene satt opp en pilot i parallell til den eksisterende stasjonen. Denne er realistisk, selv om Nargis Hurzuk forteller at de har jukset litt. – På en hundre prosent digital stasjon vil utstyret inne i kontrollrommet bli koblet til primæranlegget på utsiden som kommuniserer over et fiberbasert nettverk. Vi har i stedet koblet oss rett på det eksisterende kontrollanlegget i samme

rom og henter våre data derfra og over i vår digitale stasjon.

– På en digital stasjon er kablene mot primæranlegget erstattet av prosessbuss; et digitalt grensesnitt mellom kontrollanlegget og primæranlegget. Selv om Furuset ikke er verdens første digitale stasjon, så er vi tidlig ute med å benytte en standardisert buss som muliggjør overføring av data og kommunikasjon mellom enheter fra mange forskjellige leverandører som benytter den samme standarden. Dette er en av fordelene med fremtidens stasjon; vi er i mindre grad avhengig av én leverandør og kan sette sammen mer fleksible løsninger enn vi har vært i stand til tidligere.

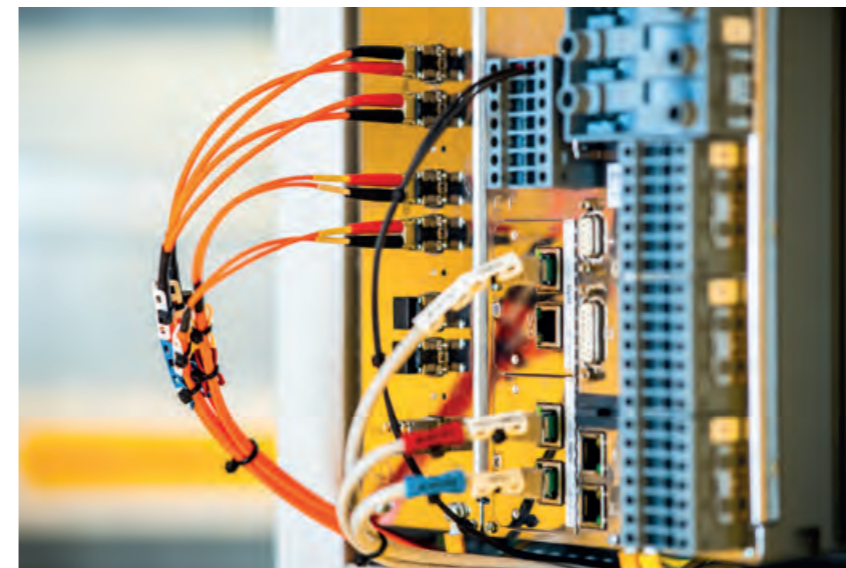
– Selv om dette prosjektet har pågått en stund, er vi i realiteten i starten av en spennende utvikling. Bare det å se hvordan forskjellige komponenter fungerer sammen, eller å teste om vi kan bruke én IED til å kontrollere to linjer, gir verdifull kunnskap. At den digitale stasjonen er enklere å bygge og tar mindre plass, ser vi jo selv hver gang



Forskerkollegaene Nargis Hurzuk (t.v.) og Rannveig Løken regner med 30 prosent kortere montasjetid for den digitale stasjonen, sammenlignet med dagens stasjoner.

**– Vi regner med 30 prosent kortere montasjetid sammenlignet med dagens stasjoner, både fordi utstyret blir enklere å montere og fordi mer av testingen kan skje på fabrikk, før levering på stasjon.**

**NARGIS HURZUK**  
TEKNISK ANSVARLIG  
STATNETT



vi er her oppe. Vi regner med 30 prosent kortere montasjetid sammenlignet med dagens stasjoner, både fordi utstyret blir enklere å montere og fordi mer av testingen kan skje på fabrikk, før levering på stasjon, sier Nargis Hurzuk.

**Gevinster med digital stasjon**

– Vi har jobbet med piloten på Furuset stasjon siden 2016, og har lært mye om hvordan konseptet digital prosessbuss fungerer i praksis; om kompatibilitet og sameksistens med eksisterende kontrollanlegg og primæranlegg og om potensialet som ligger i standarden vi har brukt, sier Rannveig Løken. Gevinstene ved denne teknologiske stasjonsløsningen er flere:

- Mer arbeid kan utføres fra fjernt. Et eksempel er rutinemessig testing av vern. Mindre arbeid på stasjon innebærer også forbedret personsikkerhet.
- Kompakt anlegg.
- Prosessbuss og mindre kabling gir større fleksibilitet og skalerbarhet og reduserte kostnader.
- Kortere montasjetid og mindre behov for å teste utstyr på stasjonen. Mer kan gjøres på fabrikk.
- Enklere innhenting av data fra primæranlegget i forbindelse med vedlikehold og digitalisering.
- Større grad av selvovervåking vil gi høyere kvalitet på anlegget.
- Økt mulighet for fjerntilgang og fjern-diagnose reduserer også driftskostnader.
- Redusert elektromagnetisk støy på grunn av overgangen til fiberoptiske koblinger.
- Optiske strømtransformatorer fjerner HMS risikoen for høye spenninger i strømkretsen ved brudd/åpning av disse kretsene.

– Å jobbe med partnere i et slikt prosjekt er alfa og omega, understreker Løken og Hurzuk. – I det første prosjektet har vi jobbet sammen med blant annet Jacobsen Elektro, Sprecher, Siemens, ABB, Omicron, Cisco, Meinberg og Landis+Gyr. I neste fase, der en av problemstillingene handler om hvordan TSO-er (Transmission System Operator) og DSO-er (Distribution System Operator) kan dele eierskapet til å utveksle informasjon i en digital stasjon, er Hafslund, NVE, Skagerak Energi, Agder Energi, Sintef, NTNU og Eidsiva samarbeidspartnere, avslutter prosjektleder Rannveig Løken og teknisk ansvarlig Nargis Hurzuk.



Helse, miljø og sikkerhet, kvalitet og kostnader blir vurdert under ett når nye alternativer til masteløsninger blir analysert, forteller Andreas Istad Lem og Øyvind Welgaard.

# Aluminium og kompositt som alternativ til stål i fremtidens master

Lettere, tryggere og enklere å frakte og montere. Færre helikopterturer og bedre utnyttelse av værvinduer i byggeperioder. Halvert CO<sub>2</sub>-utslipp. Og reduserte kostnader. Forskningen på nye master i Statnett får konsekvenser for norsk infrastruktur, miljøet og ressursbruken i fremtiden.

Foto: Christian Søgaard

– Arbeidet med å utvikle nye masteløsninger som skal erstatte eller supplere dagens stålbaserte konstruksjoner tar utgangspunkt i utfordringene disse representerer i et helhetlig perspektiv, forteller prosjektansvarlig Andreas Istad Lem. Vi tenker helse, miljø og sikkerhet, kvalitet og kostnader under ett og når vi analyserer et alternativ er det «total cost of ownership» (TCO) og livsløpsperspektivet som gjelder.

– Med det som utgangspunkt har vi utviklet en ny aluminiumsmast som er klar til pilot kommende sommer. Men veien dit har ikke vært uten utfordringer.

## Avgjørende med samarbeidspartnere

Dagens standardmast er laget av stål. I jakten på nye materialer er aluminium nærliggende, men også komposittmaterialer basert på glassfiber prøves i dag ut i et eget FoU-prosjekt som følger aluminiumsmasten hakk i hæl.

– Arbeidet med aluminiumsmasten startet med dagens standard stålmaster og utfordringene den representerer, fortsetter Istad Lem. – Da tenker jeg for eksempel på tyngde – den veier grovt sett fra 10 til 30 tonn og må i de fleste situasjoner transporteres av helikopter – og på sikkerhetsrisikoen som hengende last innebærer. Stålmaster er avhengig av et veldig stort antall skruer og bolter og den er mer tidkrevende å montere enn det en lettere aluminiumsmast ville være. I tillegg er materialenes egenskaper forskjellige; stål egner seg svært godt til lange, slanke staver mens aluminium trives best som litt kortere eller bredere staver. Så visste vi jo også fra før at det er enklere å få tak i store stålprofiler, altså brede staver, enn tilsvarende i aluminium og at begrensninger knyttet til produksjon kom til å være en faktor.

– Nettopp på grunn av prosjektets kompleksitet har det vært viktig for oss å jobbe med aktører som både har erfaring

– Nettopp på grunn av prosjektets kompleksitet har det vært viktig for oss å jobbe med aktører som både har erfaring på området, og som vil kunne være i stand til å bidra til produksjon av det endelige resultatet.

ANDREAS ISTAD LEM  
PROSJEKTLEDER  
STATNETT







Prosjektlederne Andreas Istad Lem (t.v.) og Øyvind Welgaard vurderte ulike konstruksjoner før de bestemte seg for masten de nå har gått videre med.

← på området, og som vil kunne være i stand til å bidra til produksjon av det endelige resultatet. Her har Raufoss-klyngen vært sentral, sammen med de andre partnerne NTNU, SINTEF og Hydro, men også den svært kompetente gjengen i EFLA. Og Statnett har tatt en aktiv rolle i prosjektet helt fra starten av for å sikre at våre behov ble godt synlige i utviklingsløpet, sier Istad Lem.

#### Motstandsdyktig og miljøvennlig

– Vi vurderte forskjellige konstruksjoner i designfasen og var innom flere løsninger. Masten vi har gått videre med ligner imidlertid mye på den eksisterende stålmasten som har vært i bruk i flere tiår. Det vitner om et godt design på våre nåværende master.

– En 30-meters prototype ble prøvemontert liggende og senere satt opp i Sevilla og utsatt for en rekke harde stresstester. Masten ble vridd, bendt og presset og

over en tredagersperiode utsatte vi den for så store ubehageligheter at den til slutt måtte gi tapt. I prosessen fikk vi bekreftet at konstruksjonen var i stand til å stå imot det den ble designet for med god – men ikke for god – margin, opp mot 20–30 prosent. Dette bekreftet kvaliteten på både materialet og beregningsmetodikken.

Å tenke TCO i utviklingen innebærer også et sterkt fokus på miljøeffektene av en ny mast i et livsløpsperspektiv. – Også her har vi fått veldig positive resultater. Masten som skal installeres nær Kobbelv til sommeren har et 50 prosent mindre CO<sub>2</sub>-fotavtrykk enn dagens løsninger, forutsatt at vi bruker europeisk aluminium og at masten blir resirkulert når den skal pensjoneres.

#### Kompositt følger hakk i hæl

I Statnett sitt andre FoU-prosjekt på master, er prosjektleder Øyvind Welgaard ansvarlig for utviklingen av en løsning der materialet er kompositt. – Vårt utgangspunkt er det

samme som for Andreas og gruppen som har jobbet med et aluminiumsdesign; vi jobber for en lettere løsning som er mer kostnadseffektiv, tryggere og enklere å montere og med et så lite miljøavtrykk som mulig. Vi er nå på den tredje versjonen av designet, der vi bruker glassfiber med et godt forhold mellom styrke, vekt og pris.

– Vi vet det finnes komposittløsninger for master som skal bære 132 kV ledninger, men ingen på 420 kV. Også vår løsning, som vi satser på å produsere en prototype av og teste tidlig i 2020, og så sette i pilot i 2021, ligner på dagens stålmast; selvbærende og med fire ben. Kravene til kostnadseffektivitet og TCO er like høye og resultatene av en livsløpsanalyse må være minst like gode som for aluminiumsmasten. Så langt gir det vi har gjort av tester grunn til å være optimistisk, avslutter prosjektleder for komposittmast, Øyvind Welgaard.

# Kjemper mot flere verdensrekorder på Ålvikfjellet

Med sine høye fjell, kystklima og minusgrader er Norge spesielt utsatt for ising på kraftledninger. Den uoffisielle verdensrekorden ble satt i 1961 på fjellet Lønahorgi i Voss kommune. Nå kjemper Icebox mot nye rekorder. Vi ble med opp til den utsatte målestasjonen på Ålvikfjellet for å fjerne is og montere sensorer på ledningene. →

Foto: Christian Søgaard







De nye sensorene som blir montert sender data om hvor mye høyspentledningen veier, og når de må avises, direkte via 4G-nettet.

← – Ålvikfjellet er egentlig selve grunnen til at vi jobber med dette prosjektet, forteller sivilingeniør i Statnett og prosjektleder for Icebox, Øyvind Welgaard.

Klokken har så vidt bikket åtte på morgenen. Det er fremdeles mørkt ute når vi kjører langs de svingete veiene mot Ålvikfjellet i Kvam kommune i Hardanger.

I 2014 skjedde det som ble begynnelsen på prosjektet *FRonTLINES*, og som *Icebox* senere ble fortsettelsen på; Kun to uker etter at en kraftledning var satt i drift, knakk toppspiret. Årsaken var nesten tre ganger så høye islaste som ledningen var dimensjonert for.

– Da skjønte vi at vi hadde for lite informasjon om ising på kraftledninger, forteller Welgaard.

**En risikofylt operasjon**

De åtte partnerne i IceBox-prosjektet, i tillegg til Statnett, er Kjeller Vindteknikk,

Efla Norge og Efla Island, Independent Insulation Group (I2G), Universitetet i Tromsø, Ucar, Cicero og Landsnet. Prosjektet startet i fjor, og varer frem til 2021.

Målet med prosjektet er å finne nye løsninger på problemet med ising, som i tillegg til å skape store reparasjons- og vedlikeholdskostnader, innebærer en stor risiko for montørene som i dag utfører operasjonen med å fjerne islastene.

Vi ankommer helikopterstasjonen, og Petter Aker fra Kjeller Vindteknikk kommer oss i møte for å slå av en prat mens helikopteret gjør seg klar til takeoff.

– Dette er litt spesielt, for det er jo ikke langt til målestasjonen, det er bare noen få kilometer, men så er det også 1 000 meter over havet og når været kommer inn fra fjorden er det et skikkelig værutsatt område, forteller Petter.



– Vi tror det finnes et større potensiale når det gjelder oppvarming av ledningene enn det vi utnytter i dag, men metoden egner seg best om vi begynner når vi har små mengder is.

**ØYVIND WELGAARD**  
PROSJEKTLEDER FOR ICEBOX  
STATNETT

Selv har han vært på Ålvikfjellet tre ganger før. Den ene gangen ble han sittende værfast på fjellet. Da hadde de ikke noe annet valg enn å trosse det utfordrende landskapet, og spenne på skiene. Siden den tid har det blitt laget nye sikkerhetsrutiner for de ansatte, i tilfellet været snur. I dag finnes det en nødbrakke på fjellet som de ansatte kan oppholde seg i.

**Moderate ismasser**

På bakkenivå skinner solen og himmelen er fri for urovekkende skyer. Det ser ut til at vi har været på vår side, enn så lenge.

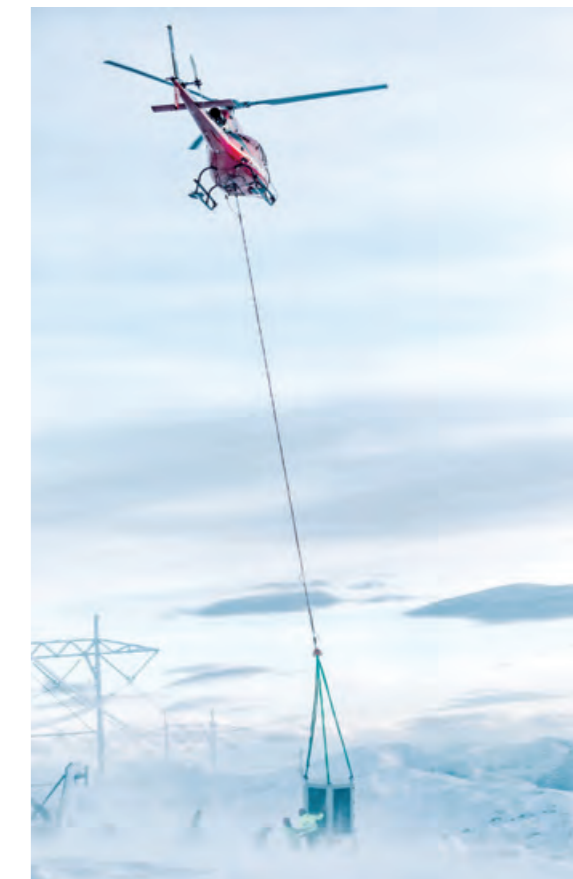
Etter en luftig helikoptertur ankommer vi målestasjonen på toppen av fjellet, og det storslåtte vinterlandskapet åpner seg foran oss.

Petter peker ned mot fjorden.

– Det som skjer når været tar med seg fuktigheten i lufta, som treffer på siden av høyspentene, er at ledningen sakte men



Ved hjelp av et helikopter og en tømmerstokk blir isen banket vekk fra kraftledningen.



Den miljøvennlige strømforsyningen skal levere strøm til et webkamera, som gjør det mulig å følge med på vær-situasjonen på fjellet.



sikkert begynner å rotere etter hvert som det bygges på med is, fordi det blir tungt på den ene siden, og da vrir den seg. Pølsene med is er ofte helt runde, og islaget blir så sterkt at det ikke knekker av så lett, sier han.

Han peker opp på måleinstrumentet som henger i den ene tremasten.

– Så det er derfor måleinstrumentet roterer, for å måle hvor mye is som legger seg på jernstanga, på samme måte som det vil gjøre på ledningen.

– Det er ikke noen voldsom installasjon, men i fremtiden blir det kanskje mulig å bruke mindre og bedre instrumenter, sier han engasjert.





Petter Aker fra Kjeller Vindteknikk har selv opplevd å bli sittende værfast på Ålvikfjellet. Siden da har det blitt opprettet nye sikkerhetsrutiner for de ansatte, i tilfellet været snur.

å fylle drivstoff eller drive vedlikehold i det hele tatt, forteller Øyvind.

**Isingsprognoser**

I dag bruker Statnett hovedsakelig to metoder for å fjerne isen – ved hjelp av et helikopter som banker vekk isen med en tømmerstokk, eller ved oppvarming av ledningene.

– I tillegg til å få informasjon om hvor mye is det er på ledningen skal vi ha isingsprognoser som kan fortelle oss hvor mye is det er forventet på ledningen om for eksempel 48 timer, forteller Øyvind.

På den måten kan Statnett gjøre noe med problemet før det er for sent. De periodene da det iser som mest er det ikke mulig å fly helikopter på grunn av vinden og den dårlige sikten.

– Vi tror det finnes et større potensiale når det gjelder oppvarming av ledningene enn det vi utnytter i dag, men metoden egner seg best om vi begynner når vi har små mengder is, legger han til.

**En vellykket operasjon**

Lyden av helikopteret bryter stillheten på Ålvikfjellet, idet det letter fra bakken med tømmerstokken hengende under seg. Snøen og isen fyker av kraftledningen for hvert slag den tar. Det kreves presisjon og tålmodighet for å få vekk alt sammen.

Ismengden er heldigvis betraktelig mindre enn da Øyvind var her en kald januar dag i fjor – da en av kraftledningene kun hang 2,5 meter over bakken grunnet enorme mengder is og snø.

– Da kunne vi stå der borte, hoppe opp og ta på den, forteller Øyvind, og peker på den isfrie ledningen som nå henger høyt over bakken.

De to erfarne montørene har tatt på seg truger og gjør seg klare til å klatre opp i masta for å montere de nye sensorene.

– Været er upåklagelig, sier en av dem, før han beveger seg bortover snøen.

– Det er ikke noen voldsom installasjon, men i fremtiden blir det kanskje mulig å bruke mindre og bedre instrumenter.

**PETTER AKER**  
TEKNIKER  
KJELLER VINDTEKNIKK

**Vedlikehold under tøffe klimatiske forhold**

Helikopteret flyr flere runder for å frakte opp alt utstyret som trengs for å montere de nye sensorene som skal sende data om hvor mye høyspentledningen veier, og når de må avises. De nye sensorene sender data direkte via 4G-nettet, og batteriet varer i ca. ett år. Etter hvert skal de over på Narrowband som gir opp til 10 års batteritid.

Ifølge Øyvind er planen å montere nye sensorer i flere ledninger til høsten, etter at de har fått kartlagt hvor de har størst problemer med ising.

– I tillegg til sensorer skal det monteres en helt ny type miljøvennlig strømforsyning for å levere strøm til et webkamera, som gjør det mulig å følge med på vær-situasjonen på fjellet, og hvor mye is det er på høyspentlinjene, forteller Petter.

– Tanken er jo å skape en mer miljøvennlig målestasjon, som kanskje kan være selvforsynt i to til fire år, slik at vi ikke trenger

# Nytt rammeverk for grønnere inngrep ved anleggsarbeid



Ellen Torsæter Hoff er ansvarlig for GRAN-prosjektet som ble startet i 2018. Målet med prosjektet er å utvikle en metodikk for bedre planlegging og gjennomføring av anleggsarbeid.

Det sier Ellen Torsæter Hoff, areal- og miljørådgiver i Statnett og ansvarlig for GRAN-prosjektet. – Endringer i arealbruk er utvilsomt en av de største truslene mot naturmangfoldet, med potensielt store konsekvenser for arter knyttet til naturlige habitater. Ved utbygging av fornybare energiresurser og kraftledningsnett må det være et mål at byggeprosjekter gjør minst mulig skade på sårbar natur, og at forbruket av ulike ikke-fornybare ressurser som går med til byggingen blir så lavt at det totale miljøregnskapet ikke går i minus.

**Et rammeverk som skal brukes**

Statnett jobber hele tiden aktivt med forskningsprosjekter som skal bidra til å minimere de negative konsekvensene som anleggene har på naturen. – GRAN-prosjektet, som ble igangsatt i 2018, skal

blant annet samle inn data om inngrepene i Statnett sine utbyggingsprosjekter og på den måten gi kunnskap om konsekvenser og et utgangspunkt for å utvikle en metodikk for bedre planlegging og gjennomføring av anleggsarbeid.

– Det finnes allerede mange generelle føringer og retningslinjer for avbøtende tiltak og miljøhensyn. Det er også samlet mye kunnskap om gjennomføring og effekter av konkrete tiltak, men denne er fragmentert og tar sjelden hensyn til utfordringer knyttet til våre spesifikke anlegg. Klimaendringer medfører også at naturen er i stadig endring, og kunnskapen må oppdateres. I tillegg er det et viktig mål at miljøtiltak tilpasses utbyggingsprosjektets gjennomførbare rammer og standarder for prosjektering, kontrakter og oppfølging.

– Naturinngrep og habitatødeleggelse er den største trusselen mot naturmangfoldet – i Norge og i resten av verden. For Statnett, som aktivt jobber for å minimere de negative konsekvensene av anleggsarbeid og arealbruk for både naturen og samfunnet, er det naturlig å forske frem et bedre rammeverk for grønnere inngrep.

Foto: Terje Borud



Litt forenklet; det er ingen vits i å ha et rammeverk som ingen klarer eller ønsker å bruke, forklarer Torsæter Hoff.

**Klima og miljø – sett i sammenheng**

Et nytt rammeverk må inkludere alle fasene i et utbyggingsprosjekt, fra tidlig planleggingsfase, via selve anleggsarbeidet til drift og en eventuell avvikling av et nedlagt anlegg. GRAN har som mål å fremskaffe kunnskap som er relevant gjennom hele avbøtingshierarkiet. – I planfasen har vi mulighet til å unngå sårbare områder og legge gode føringer for avbøtende tiltak, mens det under og etter utbygging er viktig å se på muligheten for å avbøte, restaurere og som siste utvei kompensere.



GRAN-prosjektet benytter seg av eksisterende utslippstall per naturtype og konkrete planer for arealbruk ved blant annet transformatorstasjoner, for å kartlegge hvor store arealer av ulike naturtyper som blir berørt.



– Et nytt rammeverk må inkludere alle fasene i et utbyggingsprosjekt, fra tidlig planleggingsfase, via selve anleggsarbeidet til drift og en eventuell avviking av et nedlagt anlegg.

ELLEN TORSÆTER HOFF  
AREAL- OG MILJØRÅDGIVER  
STATNETT



– Det er behov for en systematisk gjennomgang av et stort antall tiltak og en analyse av disse basert på miljø- og anleggsdata. Slik kan vi dokumentere gode og dårlige løsninger – for på den måten å begrense både de kortsiktige og langsiktige konsekvensene. Denne kunnskapen og systematiske gjennomgangen er viktig blant annet fordi det finnes eksempler på tiltak som er effektive i noen områder, men som kan ha negativ effekt under andre forhold, forklarer Torsæter Hoff.

– Vi må utvikle rutiner for å begrense arealbruk i anleggsprosjektene, spesielt i myr og våtmark. Den totale karbonmengden i alle verdens myrer er omtrent like stor som i atmosfæren. Også andre naturtyper fungerer som karbonlager, så all nedbygging av naturområder bidrar til klimagassutslipp i tillegg til habitatødeleggelsen. Begrensning av arealbruk er derfor et godt miljøtiltak. I GRAN vil vi benytte eksisterende utslippstall per naturtype sammen med konkrete planer for arealbruk i et utvalg av anleggstyper – blant annet transformatorstasjoner, tilførselsveier og mastepunkter. Ved bruk av GIS-analyser og prosjektplaner kan vi kartlegge hvor store arealer av ulike naturtyper som blir berørt og på den måten beregne karbonutslipp for ulike løsninger.

– Miljøkrav og planer som benyttes som underlag for prosjektering, kontrakter og oppfølging er ofte generelle, og følger ikke samme form og standard som tekniske/økonomiske krav. Dette gjør dem

vanskelig å implementere og følge opp. For at kunnskapen om skademinimering og restaurering skal bli tatt i bruk helt ute på det enkelte anlegget, må systemet for samarbeid og implementering forbedres. I GRAN vil vi gjennomføre dokumentanalyser, inkludert forskrifter, veiledere/håndbøker, anbudspapirer, kontrakter og byggemøtereferater for å evaluere hvordan tiltak og planer omsettes til løsninger ute i felt, avslutter areal- og miljørådgiver i Statnett, Ellen Torsæter Hoff.

#### Verdiskapende fornyelse

GRAN ble igangsatt i 2018, og fikk prosjektstøtte fra Norges Forskningsråd som et Innovasjonsprosjekt for Næringslivet (IPN). IPN-prosjekter har som formål å føre til innovasjon (verdiskapende fornyelse) hos bedriftene som deltar i prosjektet. GRAN er ledet av Statnett, i samarbeid med NVE og Statens vegvesen. NINA og NTNU gjennomfører forskningsarbeidet.

Prosjektet har i 2018 hovedsakelig jobbet med konkretisering av mål, plan for videre arbeider, litteraturrennhenting og kommunikasjon med andre aktører som kan bistå til gode løsninger. Det har vært gjennomført en befaring langs Statnetts prosjekt Vestre Korridor i Rogaland. I dette området er det anlegg av ulik alder, størrelse og i variert natur, og vil derfor egne seg svært godt til feltundersøkelser. Feltarbeid planlegges sommeren 2019 og 2020, og vil gjennomføres av NINA i samarbeid med sommerstudenter ansatt av Statnett.



# Hva er alternativene til å bygge ut nettet?

I en oppfølger til FoU-prosjektet «Alternativer til nett» forskes det nå på hvilke alternative løsninger som finnes til nettutbygging. På sikt er målet et mer effektivt kraftsystem.

– Vi ønsker at markedet skal tilpasse seg selv, og at forbruk og produksjon stemmer overens, forteller Harris Utne, prosjektleder for det spennende og nytenkende prosjektet som nå er i ferd med å ta form.

Ifølge Utne er det viktig å se på bruken av de virkemidlene som er tilgjengelig i dag, og hva som konkret kan gjøres for å redusere behovet for ny nettutbygging i Norge, når den videre aktiviteten i prosjektet planlegges.

– Alle ønsker sikker og god strømforsyning. Samtidig er det slik at bygging av nett både er kostbart og tar tid, mens etterspørsel og produksjon av strøm stadig utvikles. Derfor er det viktig å se på hvilke løsninger vi har for å få et mer effektivt kraftsystem, forteller Utne.

## Strømforbruket bestemmer utviklingen

Harris påpeker viktigheten av et godt samarbeid med andre aktører i prosjektet, spesielt med andre nettselskaper.

– Endringer i kraftsystemet kan ikke skje uten omfattende samarbeid i bransjen. Statnett deltar i flere forskningsarbeid, blant annet med CINELDI og Smartgridsenteret, som skal bidra til å utvikle et intelligent kraftsystem basert på informasjons- og kommunikasjonsteknologi. I tillegg skriver Matthias Hofmann i Statnett en doktorgrad om forbrukere og priselastisitet, forteller Utne.

Ettersom strømproduksjonen til enhver tid tilsvarer strømmen som brukes, og strømmettet dimensjoneres ut i fra maksimal bruk, avhenger balansen mellom det som produseres og det som brukes i stor grad av forbrukerne.

– Dersom vi reduserer forbrukstoppene vil behovet for mer nett også være mindre. Dette kan enten skje i markedet ved at forbrukere tilpasser seg spotpriser og nettpriser eller ved at for eksempel Statnett ber om at forbrukere reduserer forbruket sitt i gitte situasjoner og på bestemte tidspunkter, forteller Utne.

## Viktig å følge med i tiden

For å finne de beste alternativene for den fremtidige utviklingen, er vi avhengige av å undersøke og teste ut hvilke muligheter og eventuelle løsninger som finnes. Harris trekker frem tre punkter som er viktig for den videre utviklingen av prosjektet.

– Det første er et tema som mange er opptatt av: elektrifisering av transport, og mulighetene det gir til effektiv systemdrift. Forbrukere kan bidra til et mer effektivt kraftnett ved å tilrettelegge for styring av den delen av forbruket som er fleksibelt. Et eksempel som ofte trekkes frem her er lading av elbiler, men oppvarming av bygg og ventilasjon utgjør nok et større potensiale i dag. Så er det også mulig å inngå avtaler med forbrukerne som styrer etterspørselen. Ved å begrense nytt forbruk eller ny produksjon i gitte situasjoner kan



**HARRIS UTNE**  
PROSJEKTLEDER  
STATNETT

en kanskje unngå investeringer i nytt nett, forteller Utne.

Punkt nummer to handler om det Harris beskriver som priselastisitet og implisitt fleksibilitet; Hvordan forbrukerne tilpasser seg prisene i markedet.

– I storbyer hvor det er høyt forbruk på de kaldeste dagene, med lite strømproduksjon, er det en utfordring å ha nok kapasitet. Spørsmålet er da hvor mye vi justerer ned strømbroken i tråd med økt strømpris, forteller Harris.

Til slutt går punkt tre ut på hvordan vi kan få mest mulig ut av de mulighetene som finnes i dag, og hvordan de kan kombineres for å skape et mer effektivt kraftsystem. Selv er han positiv til prosessen og ikke minst Statnett sin rolle i det fremtidsrettede prosjektet.

– Veldig ofte vil bygging av nett fremdeles være nødvendig. Men vi ønsker å bidra til testing og bruk av nye løsninger for å se hva dette kan bidra med. Uansett blir kraftsystemet mer sammensatt når vi får mer vind- og solkraft og en ny type forbruk, slik som elbiler og datasenter, og ny og billigere teknologi for styring. Da er det viktig at Statnett følger med i tiden, tar i bruk ny teknologi og andre metoder for å styre forbruket og forvalter kraftsystemet til beste for alle, avslutter han.





Under Oslo graver Statnett nå en fire kilometer lang tunell for de nye kabelforbindelsene mellom Smestad og Sogn. Hele anleggsplassen er fossilfri. Boremaskinen på bildet går på strøm når den borer. Når den skal flyttes går den på fossilfritt drivstoff.

## Dette er en fossilfri anleggsplass

Hvordan kan Statnetts anleggsplasser bli helt utslippsfrie? Det er utfordringen for FoU-prosjektet Fossilfri og utslippsfri anleggsplass, som utreder hvordan elektrifisering kan bringe anleggsvirksomhet inn i en ny tidsalder. →

Foto: Christian Søgaard





Seniorrådgiver Marte Bakken er tydelig på at elektrisitet er den langsiktige løsningen for en utslippsfri anleggsplass.

Første del av prosjektet ble avsluttet i januar 2018. Da ble rapporten om hvordan Statnett kan planlegge og gjennomføre fossilfrie anleggsplasser lagt frem.

Resultatene ble brukt i Norges første prosjekt med fossilfritt anleggsarbeid, nærmere bestemt fornying av strømkablene mellom Smestad og Sogn transformatorstasjoner i Oslo. Veidekke er entreprenør for arbeidet. Alt av maskiner og utstyr på anleggsplassen, og anleggstransporten går på fossilfritt drivstoff.

#### To fossilfrie anleggsplasser

– FoU-prosjektet er todelt. Det første skrittet var å utrede hvordan vi kan planlegge og gjennomføre våre anleggsarbeider på en fossilfri måte, altså uten å bruke diesel eller bensin. Det betyr at alle maskiner enten er drevet elektrisk eller går på fornybar,

palmeoljefri og ikke matbasert diesel, sier seniorrådgiver for klima og miljø i Statnett, Marte Bakken.

Statnett har i dag to fossilfrie prosjekter: Smestad-Sogn og Ålfoten stasjon. Gevinsten er stor på mange nivåer. Klimagassutslippene reduseres med om lag 80 prosent. I tillegg er tilbakemeldingene at arbeidsforholdene er bedre med tanke på luftkvalitet.

#### Elektrisk løsning

Men i følge Bakken er heller ikke fossilfri anleggsplass den langsiktige løsningen. Den er et skritt på veien.

– Fossilfritt anleggsarbeid er et viktig og nødvendig skritt, men vi kan ikke slå oss til ro med det. Det er nemlig heller ikke optimalt. Mye fossilfritt drivstoff er for eksempel basert på palmeolje, som



Marte Bakken forteller at utslippsfri anleggsplass vil representere et helt nytt paradigme, samtidig som det innebærer store teknologiske utfordringer.



bidrar til avskoging av regnskogen. I våre prosjekter bruker vi vel å merke palmeoljefri fornybar diesel som er bærekraftsertifisert. Men hvis Norge som land skulle bruke betydelig større mengder fornybar diesel, ville vi rett og slett få et problem med tilgang, forklarer Bakken.

Hun er derfor tydelig på at elektrisitet er løsningen. Det er også der det store skiftet vil komme. For mens fornybar diesel kan fylles på vanlige anleggsmaskiner, krever en 100 % elektrisk anleggsplass en fornyelse av maskinparken.

#### Del 2 av prosjektet

Dét er fokus for del 2 av prosjektet, som gjennomføres i samarbeid med Rambøll. Del 2 hadde oppstart i september 2018, og rapporten skal leveres innen 1. mars 2019.

Marte Bakken fortsetter:

– I arbeidet med utslippsfri anleggsplass må vi ha to perspektiver. Det kortsiktige perspektivet er hva som kan gjennomføres elektrisk allerede i dag. Det er snakk om å ta i bruk tilgjengelig teknologi for elektrifisering av maskiner og utstyr på anleggsplassen. Men så er det det langsiktige perspektivet: når kan vi gjennomføre et helt utslippsfritt anleggsprosjekt.

#### 1 gravemaskin = 165 personbiler

Klimagevinsten ved en elektrifisering av anleggsplasser vil være formidabel. I følge Bakken vil nemlig elektrifisering av én

gravemaskin tilsvare elektrifisering av 165 personbiler som bruker 0,5 liter på mila. Regnestykket tar utgangspunkt i en stor gravemaskin som bruker 100 000 liter drivstoff i året, og at gjennomsnittlig årlig drivstofforbruk er 600 liter drivstoff for norske personbiler.

– Utslippsfri anleggsplass vil representere et nytt paradigme. Men det er også her de største teknologiske utfordringene ligger. De helt utslippsfrie store anleggsmaskinene er nemlig ikke del av den norske maskinparken i dag, og markedet er foreløpig lite. Da er det helt sentralt å finne elektriske løsninger for den tunge maskinparken og det er veldig positivt at mange maskinleverandører utvikler dette nå, sier hun.

#### Bransjen spiller på lag

Logistikk er en av utfordringene som må løses. Hva skal gå på kabel og hva skal gå på batteri? Hvor skal batteripakkene stå? Og når skal maskinene lades? Bakken forklarer at man må tenke nytt rundt hvordan rutinene og logistikken organiseres. Men entreprenørbransjen er med på laget.

– Deler av bransjen er veldig fremtidsrettet, og ofte mer offensive enn både politikerne og mange av byggherrene. De store bransjeaktørene ser de langsiktige kostnadsbesparelsene som ligger i elektrifisering og ønsker å være med på omstillingen. Bransjen er en viktig del av løsningen, avslutter Marte Bakken.

**– Klimagevinsten ved en elektrifisering av anleggsplasser vil være formidabel. Elektrifisering av én gravemaskin tilsvarer elektrifisering av 165 personbiler som bruker 0,5 liter på mila.**

**MARTE BAKKEN**  
SENIORRÅDGIVER FOR KLIMA OG MILJØ  
STATNETT



# Forsker på risiko og kostnader ved de største strømbruddene

Hva kjennetegner de mest samfunnskritiske bortfallene av strøm, og hvordan skal man investere for å redusere risikoen på en samfunnsøkonomisk lønnsom måte? Det er fokuset for FoU-prosjektene «HILP» og «Avbruddskostnader».

Foto: Johan Wildhagen



Fra venstre: Analytiker Eivind Norum og fagspesialist Rolf Korneliussen.

God forsyningssikkerhet for elektrisitet er kritisk viktig for samfunnet. Det stiller krav til de som planlegger og drifter kraftsystemet. Dette er tema for FoU-prosjektene «HILP» og «Avbruddskostnader».

Prosjektene henger tett sammen. Overordnet handler de om hvordan Statnett best mulig kan forberede seg på bortfall av strøm på et katastrofenivå – og hvordan samfunnets midler investeres optimalt, og samfunnsøkonomisk lønnsomt, for å minske sannsynligheten for at dette skal skje.

## Lav sannsynlighet – store konsekvenser

– Veldig forenklet kan vi si at HILP-prosjektet dreier seg om hendelser med potensielt store konsekvenser med lav

sannsynlighet. Avbruddskostnader plukker opp tråden der HILP slutter, og fokuserer på de samfunnsøkonomiske kostnadene, forklarer analytiker i Statnett, Eivind Ødegaard Norum.

HILP står for «high impact, low probability.» Det er SINTEF som leder prosjektet, men Norum følger opp fra Statnetts side.

## En utvidet verktøykasse

– Store og langvarige strømbrudd vil ha enorme konsekvenser for samfunnet. Men vi trenger mer kunnskap for å forstå de underliggende mekanismene som forårsaker denne typen strømbrudd. HILP gir oss en utvidet verktøykasse for hvordan vi kan beskrive denne typen risiko – og å identifisere, forstå, analysere, avverge og håndtere slike hendelser, forklarer Norum.

Norge har heldigvis stort sett vært spart for denne typen katastrofale hendelser, i motsetning til både Europa og USA, som har sett flere strømbrudd med store samfunnsmessige konsekvenser. Samtidig blir kraftsystemet stadig mer komplekst, blant annet på grunn av økt integrasjon av distribuert fornybar kraftproduksjon, mer ekstremvær og en sterkere kobling mellom det nordiske kraftsystemet og kraftsystemene i Europa.

## – Nytt større enn kostnaden

Det er nettopp de samfunnsøkonomiske sidene ved slike hendelser FoU-prosjektet «Avbruddskostnader» fokuserer på.

– Alle investeringer vi gjør må ha et best mulig beslutningsgrunnlag, og et tilsvarende godt grunnlag for myndighetene når de behandler våre søknader om bygging. Derfor er vi avhengig av å vise at prosjektet er samfunnsøkonomisk lønnsomt, altså at nytten er større enn kostnaden. Man kan jo ikke bruke like mye penger på boligforsikring som det ville koste å bygge et nytt hus, forklarer fagspesialist Rolf Korneliussen.

## Balansekunst

Han utdyper hvorfor prosjektene henger så tett sammen.

– Sakens kjerne er i korthet: hvor store kostnader skal vi bruke på å redusere risikoen for en hendelse som i utgangspunktet er svært lite sannsynlig. Det handler om å finne dette balansepunktet mellom hensynet til forsyningssikkerhet på den ene siden og investeringskostnader på den andre siden.

# Fremtidens droner klarer seg selv

På Aura transformatorstasjon på Sunndalsøra står fremtiden klar i en hangar som til forveksling ligner på en shippingcontainer. – Målet for FoU-prosjektet er å utvikle en ubemannet, selvgående drone som kan gjennomføre inspeksjoner på stasjon – og etter hvert også på linje. Men egentlig handler ikke forskningen først og fremst om å utvikle droneløsninger, men om å sanke informasjon på en mer effektiv og sikrere måte enn i dag.

Foto: Thomas Negård



Det forteller Thomas Negård, til daglig opptatt med å overvåke Statnett sine linjer, men også prosjektleder for FoU-prosjektet «Automatisert flyvning og inspeksjon på stasjon» som er lokalisert på Aura stasjon på Sunndalsøra. Der ligger også Statnett sin droneskole og ikke langt unna finner du Viklandet, enda en av Statnett sine 160 norske transformatorstasjoner.

## Drone, hangar og system

FoU-prosjektet gjennomføres i samarbeid med KVS Technologies, Nordic Unmanned og SINTEF og består av flere komponenter, forklarer Negård. – Selve dronen er en modifisert Camflight FX8 som skal kunne fly i vind på opptil 15 m/s, stå i mot vindkast på 25 m/s og håndtere regn og snø mens den bærer 5 kilo med kamerautrustning i temperaturer ned mot 20 minus.

– Når dronen ikke jobber er den dokket i en mobil hangar som også blir spesialutviklet i dette prosjektet. På innsiden er klima optimalt for parkering etter oppdrag i hardt vær og lading av batteriene. Det er rom for reparasjoner og vedlikehold og alt kommunikasjons- og datautstyr som er

Dronen skal kunne fly i vind på opptil 15 m/s, stå i mot vindkast på 25 m/s og håndtere både regn og snø.







Prosjektet har hittil kommet så langt at dronen er klar og operativ, men farkosten må fintunes og justeres etter hvert.

← nødvendig på bakken for å gjennomføre operasjoner, monteres i hangaren. Dronen, som tar av fra en liten, mobil plattform som beveger seg inn og ut av hangarveggen, betjenes fra et eget kontrollrom som enten er lokalisert i nærheten, eller sentralt i Statnetts egne fasiliteter.

– Den siste komponenten er programvare og systemer for navigasjon og innhenting av data. En transformatorstasjon er et farlig sted for en flyvende farkost, med utallige muligheter for fysiske krasjer eller elektromagnetisk påvirkning. Derfor utvikler vi løsninger for navigasjon og forhåndsprogrammerte flyruter og et avansert «sense and avoid»-system som kontinuerlig skanner miljøet rundt dronen og løpende definerer arealet som sikkert eller farlig. På den måten skal dronen kunne operere mest mulig på egen hånd og overstyring blir bare tatt i bruk i spesielle situasjoner.

#### Godt i gang

Thomas Negård forteller at prosjektet allerede har kommet så langt at dronen er klar og operativ, men at farkosten må fintunes og justeres etter hvert som de gjør seg erfaringer med å bruke den. Den første hangaren er på plass, testet og klargjort på stasjonen og dronen er nettopp tilbake fra et opphold hos en av partnerne der den har blitt oppgradert og fått påmontert nytt utstyr. Arbeidet med testing fortsetter utover våren, mot sommeren.

– I den fasen vi er inne i nå, jobber vi med å programmere såkalte «points of interest» (POIS), spesifikke lokasjoner som vi vil at dronen skal fly til på stasjonen, for så å stille inn kameraene i rett vinkel for å samle inn visuelle data. På vei til POIS'en kan vi utfordre dronen med forskjellige hindre og vi kan fly i varierende værforhold – alt for å lære mer om hvordan den fungerer slik

at vi kan utvikle et mest mulig selvgående system.

– Når dette systemet er ferdig utviklet og forhåpentligvis implementert, ser vi for oss en helt ny måte å drive overvåking og inspeksjon på. En operatør kan enten aktivere en drone ved å velge stasjon og deretter en forhåndsprogrammert rute eller oppgave. Alternativt kan dronen og systemet aktivere seg selv med utgangspunkt i et system med vedlikeholdsintervaller. Når dronen har utført oppgaven drar den tilbake til hangaren der den laster ned informasjon for analyse og gjøres klar for nye oppdrag.

#### Sikkert og lønnsomt

Selv om prosjektet Thomas Negård og Statnett deltar i først og fremst fokuserer på utviklingen av dronen, hangaren og navigasjonssystemene, understreker han



Den virkelige verdien til prosjektet er dataene som samles inn og det disse kan brukes til.



Prosjektleder Thomas Negård har stor tro på prosjektet.

– Når dette systemet er ferdig utviklet og forhåpentligvis implementert, ser vi for oss en helt ny måte å drive overvåking og inspeksjon på.

**THOMAS NEGÅRD**  
SENIORINGENIØR  
STASJONSOVERVÅKING/DRONER

at den virkelige verdien er dataene som samles inn og det disse kan brukes til i overvåkingen og vedlikeholdet av stasjoner og linjenettet.

– Kunnskapen og løsningene vi er med på å utvikle i et av de andre FoU-prosjektene med drone, AI-4-UAS (se egen sak), der visuelle data blir analysert ved hjelp av kunstig intelligens, gjør at vedlikeholdet får en prediktiv kvalitet. Når maskinene lærer mer om feil og slitasje i forskjellige stadier, vil vi stadig tidligere vite når vi må gripe inn. Resultatet er et korrekt vedlikehold der deler blir byttet når vi har fått maksimalt igjen for dem, men før risikoen knyttet til bruken øker på grunn av feil eller slitasje.

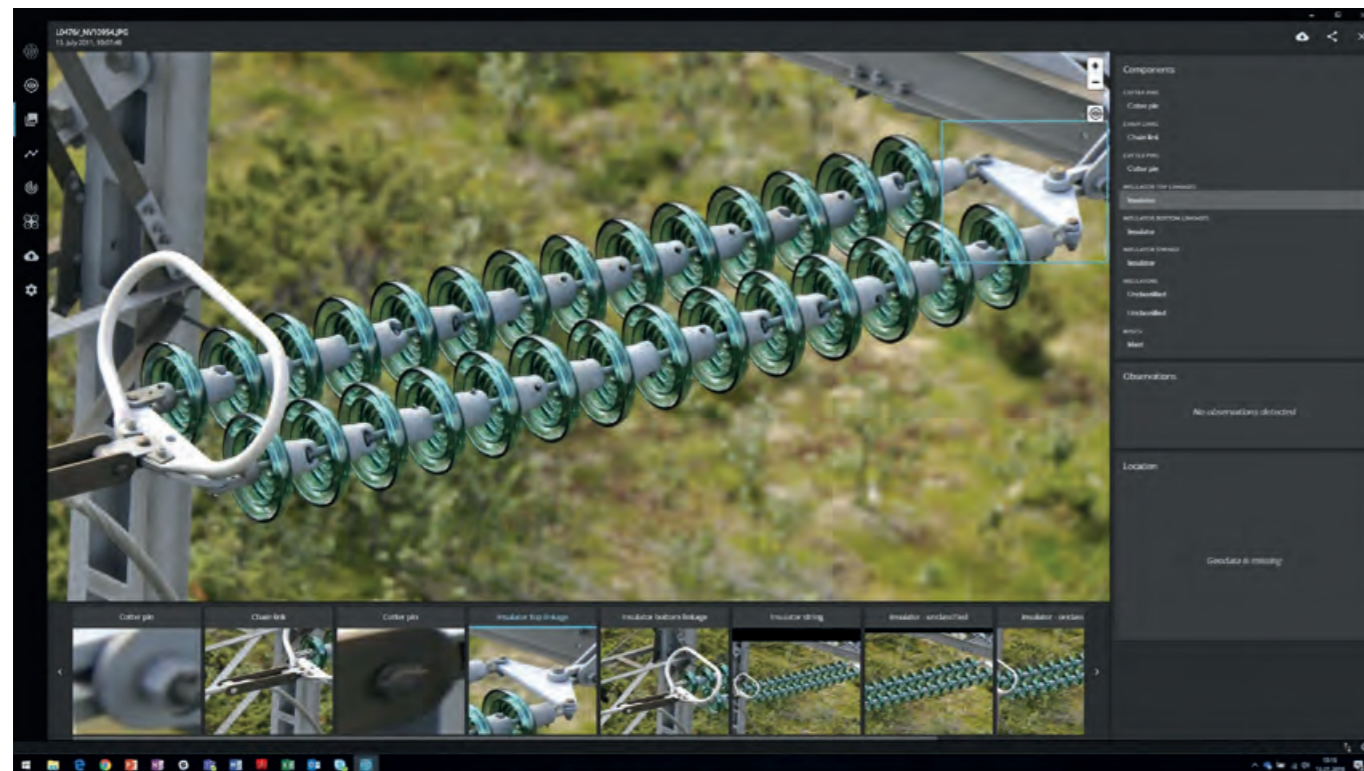
Og da er vi inne på en viktig faktor, både i prosjektet og FoU generelt: – Forskning koster. Vi bruker mye tid og ressurser på å utvikle disse løsningene og selv om vi lærer masse, er vi også nødt til å ha fokus på kostnadsbildet i et langsiktig perspektiv. Med andre ord, ubemannet drone i kombinasjon med for eksempel analyse ved bruk av kunstig intelligens må bli en kostnadseffektiv aktivitet i fremtidens Statnett. Nå skal vi ikke glemme at disse prosjektene både har en miljømessig oppside og reduserer risiko for mennesker knyttet til inspeksjon, men når vi regner sammen bunnlinjen må vi også se at det lønner seg, økonomisk. Og det har jeg stor tro på at vi kommer til å klare, avslutter prosjektleder Thomas Negård.



# Analyserer data fra droner med kunstig intelligens

Ved hjelp av kunstig intelligens og data samlet inn av droner, blir inspeksjoner på stasjon og langs linje en gang i fremtiden kanskje utført helt uten menneskelig innblanding. Kraftige prosessorer og avanserte algoritmer kan analysere 100 000 fotografier i timen – mer enn en person rekker på ett år.

Foto: eSmart Systems



Prosjektet AI-4-UAS forsker på bruken av drone i arbeidet med overvåking, drift og vedlikehold av strømmettet.

– På sikt er målet at løsningen og algoritmen skal lære på egen hånd, blant annet med utgangspunkt i alle nye data som samles gjennom nye inspeksjoner og oppdrag.

**ROLF BROCH**  
PROSJEKTLEDER  
STATNETT

– I fremtiden må vi få til mer med tilsvarende ressurser som i dag og vi må jobbe smartere i en verden som blir stadig mer digital. Det byr på utfordringer, men først og fremst innebærer den teknologiske utviklingen enorme muligheter for en aktør som Statnett.

Det mener Statnetts seniorrådgiver, Rolf Broch. Han er sentral i arbeidet med ett av to FoU-prosjekter der man forsker på bruken av drone i arbeidet med overvåking, drift og vedlikehold av strømmettet.

## Alt skal gå av seg selv

Prosjektet har fått det klingende navnet «AI-4-UAS» – artificial intelligence for unmanned aerial systems. – Vi spiller rollen som krevende partner i et samarbeid som drives av norske eSmart Systems i Halden. De har lang erfaring med utviklingen av løsninger som bruker kunstig intelligens ved analyse av enorme mengder visuelle data i jakten på avvik, feil, slitasje og skader på linjenettet og på stasjon. Vårt samarbeid skal bidra til at disse løsningene blir enda bedre tilpasset våre og andre nettleverandørers behov, forteller Broch.

– Det første målet med prosjektet er å redusere graden av manuelt arbeid ved analyse av bildematerialet fra inspeksjon med drone, men på lang sikt er det ingen tvil om at ambisjonene er høyere. Sammen med resultatene fra andre FoU-prosjekter med drone må vi forsøke å utvikle et verktøy der dronene og programvaren sammen utgjør en selvgående, autonom løsning som våre montører og ingeniører bare forholder seg til når det blir meldt om feil eller slitasje.

## Løsningen skal lære å lære

Tomas Collin i eSmart Systems forteller at arbeidet med AI-4-UAS er delt i to naturlige faser. – I første fase må vi lære løsningen å kjenne igjen delene som skal inspiseres på en stasjon og langs en linje. Keramikk, isolatorer, brytere, flymarkører og kordeller – delene og komponentene må ikke bare gjenkjennes og holdes adskilt fra andre, de store variasjonene i slitasje og mulige feil må også læres. Til det bruker vi et stort bildemateriale som Statnett har stilt til disposisjon.

Neste fase innebærer å laste opp den nye kunnskapen og funksjonene til den intelligente assistenten som vi har utviklet, og som gjennomfører selve analysen av bildematerialet som blir tatt under en inspeksjon. Når et avvik påvises skal dette tagges og merkes med en pin på et kart, slik at netteier – i dette tilfellet Statnett – kan lage en feilrapport for å følge opp avviket. På sikt er målet at løsningen og algoritmen skal lære på egen hånd, blant annet med utgangspunkt i alle nye data som samles gjennom nye inspeksjoner og oppdrag, sier Tomas Collin.

## Stor kapasitet og viktig for HMS

– I AI-4-UAS-prosjektet er dronens oppgave å fungere som et avansert kamerastativ, forklarer Rolf Broch. Men sett i sammenheng med de andre FoU-prosjektene med drone, snakker vi om en selvgående løsning for inspeksjon og overvåking – og et avansert analyseprogram som avdekker feil og slitasje - i god tid før det blir kritisk. Et dataprogram blir ikke sliten og uoppmerksom på samme måte som jeg blir på slutten av dagen. Selv om

kapasiteten allerede er oppe i 100 000 bilder i timen, mer enn et menneske kan rekke over på et år, er presisjonen like stor hele tiden.

Når man vet at Statnett vedlikeholder over 11 000 kilometer høyspentlinjer og 160 stasjoner over hele Norge, sier det seg selv at oppsiden er stor i et prosjekt som på sikt kan redusere den menneskelige innsatsen i analysearbeidet. – Men vi tenker også HMS i denne sammenhengen, avslutter Broch. – I dag skjer mye av arbeidet enten med helikopter i lav høyde eller ved klatring i mast. Helikopteret har en åpenbar negativ miljøeffekt, mens begge inspeksjonsformene er risikable – og droner representerer en klar forbedring på begge områder.



Foto: Rolf Magnus W. Sæther

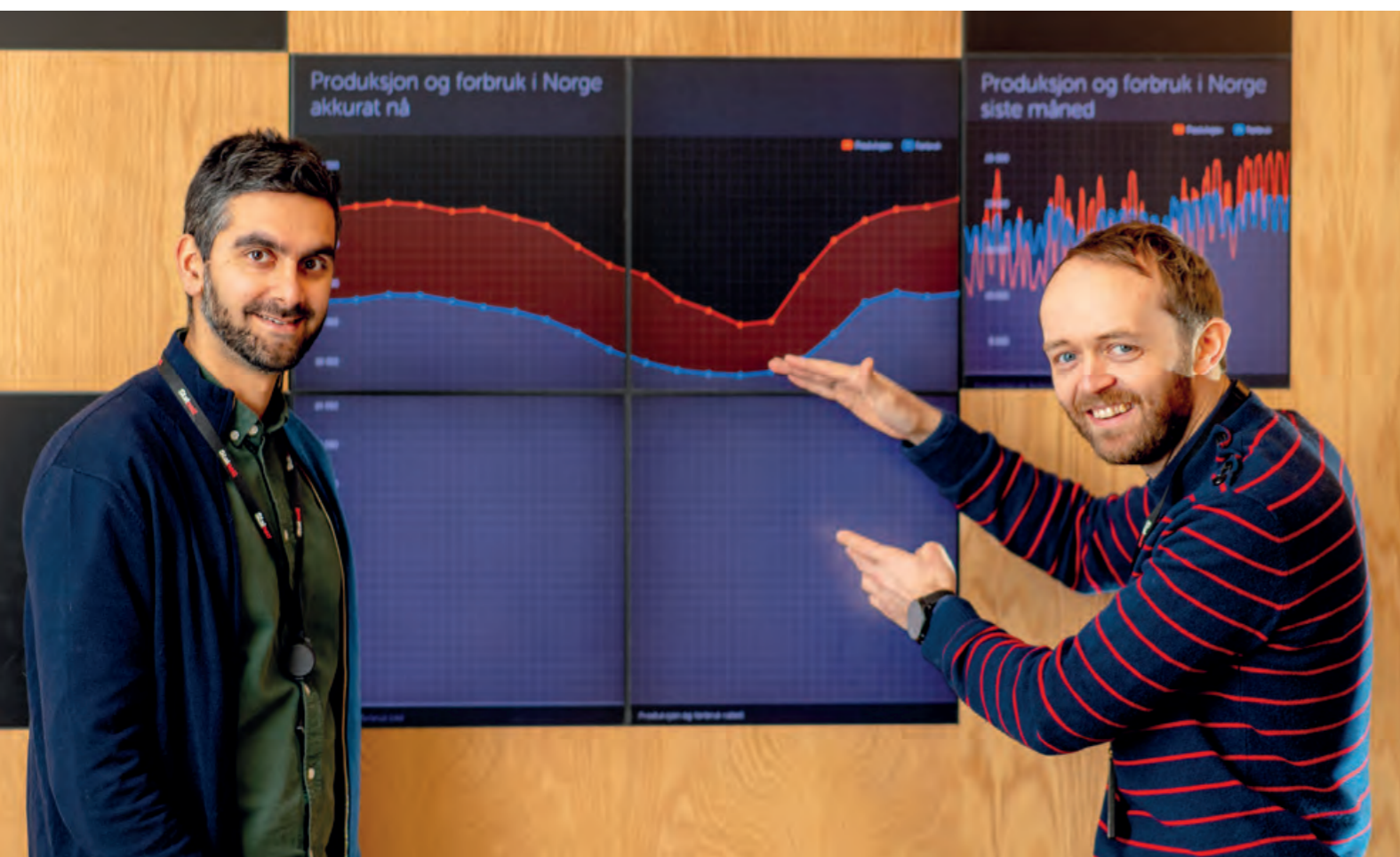
– I fremtiden må vi få til mer med tilsvarende ressurser som i dag og vi må jobbe smartere i en verden som blir stadig mer digital, sier Statnetts seniorrådgiver, Rolf Broch.



# Å forutsi ubalanse i nettet med kunstig intelligens

Kraftsystemet er i endring. Klima, kabler, ny teknologi, nye energikilder og endrede politiske rammebetingelser skaper utfordringer og muligheter. En av dem handler om balansen i kraftnettet. Impala-prosjektet forsker på bruk av kunstig intelligens i jakten på løsninger for å holde den så stabil som mulig.

Foto: Terje Borud



Karan Kathuria (t.v.) og Eivind Lindeberg er prosjektledere for det spennende Impala-prosjektet som forsker på hvordan kunstig intelligens kan bidra til nye løsninger for å holde balansen i kraftnettet så stabil som mulig.

– Enkelt sagt ønsker vi å ta i bruk maskinlæring og kunstig intelligens for å øke presisjonsnivået i prediksjon av differansen mellom forbruk og produksjon av elektrisitet to timer frem i tid.

**EIVIND LINDEBERG**  
PROSJEKTLEDER  
STATNETT

– Det handler ikke om å eliminere den menneskelige faktoren i arbeidet med overvåking og balansering, forklarer prosjektleder for Impala i Statnett, Eivind Lindeberg, – men om å organisere arbeidet slik at maskiner gjør det de kan bedre enn oss og operatørene utnytter sin kompetanse der de gjør en unik forskjell.

## Stadig mer krevende

50 Hz er frekvensen i det nordiske kraftsystemet. Da er forbruk og etterspørsel i perfekt balanse. Men fordi både tilbuds- og etterspørselssiden endres kontinuerlig, er muligheten for ubalanse alltid til stede. – Prosessen med å skape balanse starter i elspot-markedet hvor aktørene prøver å forutsi forbruket og hvor mye de ønsker å produsere. Deretter har de mulighet til å handle seg i balanse frem mot driftstimen dersom prognosene endrer seg. I driftstimen er det Statnett som har ansvaret for å sikre balansen, ved hjelp av aktiveringer i balansemarkedene.

– I dag klarer operatøren å holde ubalansene i sjakk med erfaring og magesfølelse, men med begrenset støtte fra IT-systemene. Men på grunn av endringer i klima, nye og mindre forutsigbare energikilder og ny teknologi, er jobben mer krevende i dag enn den har vært tidligere. Og det kommer ikke til å bli enklere i fremtiden hvis vi ikke finner en smartere måte å gjøre det på, sier Lindeberg.

## Partner med en god idé

– Vi ble utfordret av Statnett til å komme med gode ideer til prosjekter som vi kunne jobbe på sammen, sier prosjektleder Karan Kathuria i selskapet Optimeering. Prosjektet, som har fått navnet **Imbalance Predictions with Advanced Machine Learning** (Impala), ble påbegynt i 2017 og er støttet av Forskningsrådet.

– Impala adresserer nettopp disse utfordringene med at det blir vanskeligere å kontrollere ubalansene som oppstår i kraftnettet i kjølvannet av klimaendringer, nye og mindre stabile energikilder og nye typer forbruk. Enkelt sagt ønsker vi å ta i bruk maskinlæring og kunstig intelligens for å øke presisjonsnivået i prediksjon av differansen mellom forbruk og produksjon av elektrisitet to timer frem i tid. Det er dette som er avgjørende for balansen i nettet og som det blir stadig vanskeligere å beregne for operatørene til Statnett, uten hjelp av moderne IT-verktøy, sier Kathuria.

– Verktøyet og teknologien vi har tatt i bruk er maskinlæring. Resultatet skal på litt sikt bli en operativ algoritme og en modell som predikerer ubalanse fremover i tid.

## Bedre på å forutse ubalanser

– Det er flere måter å lære opp en maskin på, forklarer Karan Kathuria. – Den enkleste innebærer at du skriver reglene selv. Da klarer maskinen aldri mer enn det du har lært den å gjøre. En annen tilnærming er å hjelpe maskinen til å selv lære ved å fore den med store mengder strukturerte data, i praksis godt formulerte eksempler. Dette kalles maskinlæring. Dyplæring, som det snakkes mye om for tiden, er et eget område innenfor maskinlæring som gjør det mulig å finne mer abstrakte sammenhenger, men som til gjengjeld krever mer data og er vanskeligere å kontrollere.

– Impala-prosjektet bruker maskinlæring, blant annet fordi løsningen vi utvikler skal si noe om en fremtid som ikke alltid ligner på historien og fordi bruken av verktøyet krever en robust løsning hvor man har en god forståelse av hvordan den kunstige intelligensen tenker. Vi benytter bearbejdede datasett med informasjon om vær, vind og temperatur og kalenderdata – fordi det er

forskjell på pinsehelgen og en vanlig helg – og mengder av annen informasjon som påvirker forbruket.

– Selv om vi ennå ikke har testet «live» kan vi konstatere at maskinen klarer å forutsi ubalanse med større presisjon enn det dagens systemer kan gjøre. Vi ser også at det er mindre varians i prediksjonsfeilene. Det er bedre å ta litt feil ofte, enn å ta veldig feil noen ganger.

## Samarbeid og automatisering

– Vi ser for oss at vi kan teste løsningen på levende data i løpet av våren, fortsetter Eivind Lindeberg. – Et mål for prosjektet er at menneskene som i dag gjør balanseringen skal få bedre støtte av dataverktøyene og på sikt kunne overlate de mest rutinepregede delene av jobben til datamaskinen. Da kan vi bruke deres kompetanse der den utgjør en reell forskjell. Det er ikke realistisk å se for seg en fremtid der balanseringen av nettet skjer helt uavhengig av folk. Plutselig oppstår det en situasjon, for eksempel utfall av et stort kraftverk, der maskinen ikke har forutsetninger eller erfaringsdata som gjør den i stand til å løse problemet.

– Impala inngår også i en større sammenheng der Statnett samarbeider med de andre TSO-ene i Norden om å utvikle en ny balanseringsmodell med nye markedsløsninger som i mye større grad baserer seg på automatiserte prosesser. Statnett deltar også i MARI-prosjektet – en europeisk markedsplattform for utveksling av balanseenergi i hele Europa. Ny teknologi og digitalisering, som Impala er et eksempel på, baner vei for økt automatisering av systemdriften avslutter prosjektleder i Statnett, Eivind Lindeberg.



Fra venstre: Anders Skånlund, prosjektleder for SPANDEX og Neweps, og Knut Styve Hornes, FoU-prosjektleder, Statnett.

## Hyppige målinger gir uvurderlig informasjon om tilstanden i kraftsystemet



Flere forskningsprosjekter skal løse utfordringene med innfasing av ny, fornybar kraft og behovet for bedre utnyttning av overføringssystemet.

Foto: Terje Borud

Stabilitetsproblematikk i kraftsystemet har vært diskutert siden 1920-tallet. Frekvensavvik har alltid skapt utfordringer for systemoperatørene, fordi 50 Hz-balansen er et premiss for at ikke systemet skal kollapse.

### Hyppigere og større ubalanser

Datidens avvik skyldtes ofte generatorer som samkjørte over lange og svake overføringsforbindelser, mens årsakene i dag er langt flere og mer sammensatte. Samntids innsamling av måledata kan bidra til å løse avviksproblemene og gi en bedre utnyttelse av kraftsystemet.

Dersom kraftsystemet kan utnyttes bedre, så kan det bidra til å redusere behovet for

investeringer og til å jevne ut kraftpriser mellom områder.

Knut Styve Hornes i Statnetts FoU-avdeling peker i likhet med Eivind Lindeberg (Impala-prosjektet) på endret forbruksmønster, fornybar-revolusjonen og flere mellomlandsforbindelser som kilder til økende avvik og ubalanser, og behov for større overføringskapasitet.

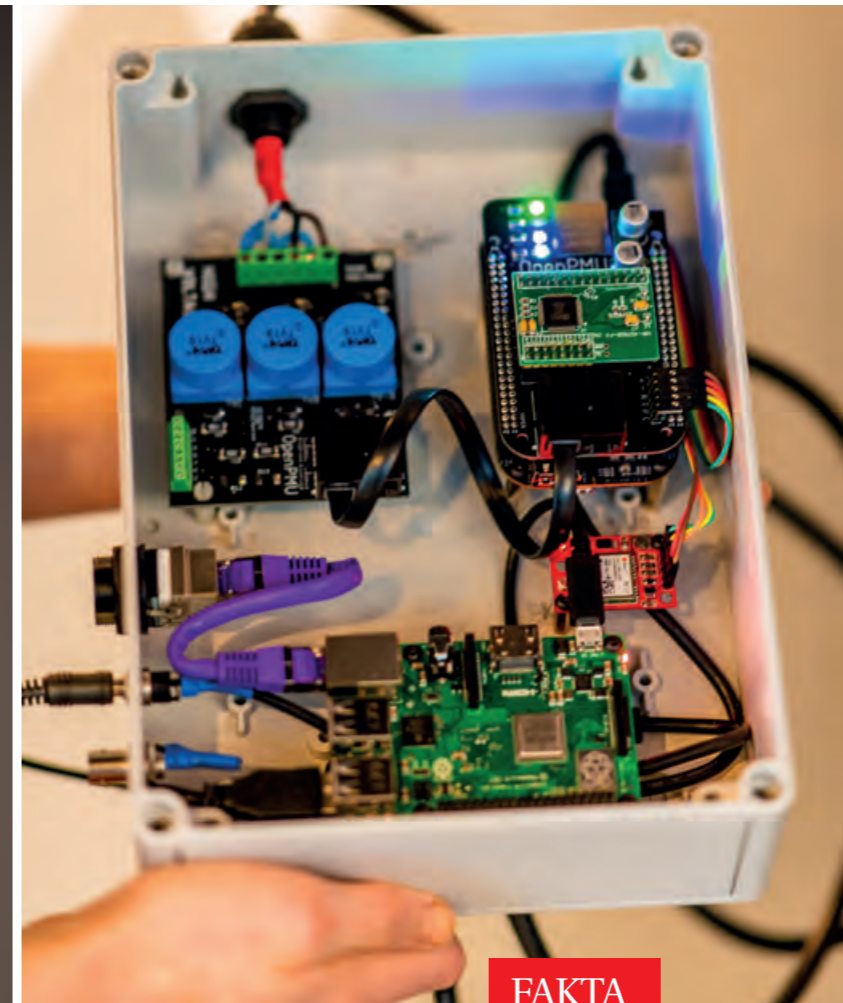
– Både strukturelle og tilfeldige ubalanser skjer hyppigere enn før, og avvikene er også blitt større på grunn av mer uregulert produksjon. Som systemoperatør må vi finne en løsning for å håndtere dette, sier Hornes. I verste fall kan store frekvensavvik, pendlinger eller andre feil

føre til at systemet kollapse. Store deler av nettet kan falle ut, og landet mørklegges.

Operatørene oppdager begynnende ubalanser eller feil i løpet av få sekunder, og avvikene håndteres som regel av automatiske reguleringsmekanismer i systemet. Men hurtige endringer gir nye utfordringer som bør detekteres og håndteres raskt – for eksempel innen et tidels sekund etter at de oppstår.

### Registrerer måledata 50 ganger i sekundet

Dette handler PMU-prosjektene SPANDEX, Sparc og Neweps om. Det første har en norsk målestokk, mens de to andre er nordiske. Alle tre er prosjekter der Statnett



### FAKTA

#### Hva er en PMU?

En PMU registrerer spenning og strøm, og basert på disse målingene beregner den parametere som frekvens, aktiv effekt (MW), reaktiv effekt (MVAR) og fasevinkel. PMU-boksene installeres gjerne på knutepunkter i overføringssystemet og gir sanntidsinformasjon til systemoperatørene.

har en viktig rolle og hvor målet er å forske frem metoder som kan identifisere begynnende avvik og håndtere disse lenge før en operatør rekker å reagere.

Ved å installere små PMU-målebokser i nettet ved transformatorstasjonene, måles frekvens, fasevinkel, spenning og strøm. PMU-ene registrerer måledata 50 ganger i sekundet. Disse observasjonene kan så benyttes til å oppdage avvikene. En PMU overvåker nettet kontinuerlig og leverer observasjoner 24/7. Da forstår vi at det fort genereres milliarder av dataobservasjoner som både må registreres, lagres og gjøres tilgjengelig for applikasjoner som kan beregne og iverksette nødvendige tiltak automatisk.

– I første omgang ønsker vi å bygge algoritmer som analyserer dataene kontinuerlig og se om dette kan gi oss tidligere varsling og bedre beslutningsgrunnlag om avvikene enn vi har i dag. Deretter kan dette gi muligheter for automatiske korreksjoner, forteller Anders Skånlund, prosjektleder for SPANDEX og Neweps.

– Både strukturelle og tilfeldige ubalanser skjer hyppigere enn før, og avvikene er også blitt større på grunn av mer uregulert produksjon. Som systemoperatør må vi finne en løsning for å håndtere dette.

**KNUT STYVE HORNES**  
FOU-PROSJEKTLEDER  
STATNETT

### Stabiliteten utfordres av kjernekraft-stengning

Kjernekraften spiller fortsatt en rolle i den nordiske forsyningsmiksen, med operative kraftverk i både Finland og Sverige. Men flere av reaktorene er besluttet stengt, blant annet skal to reaktorer ved Ringhals kjernekraftverk i Sverige stenges ved henholdsvis slutten av 2019 og 2020.

Kjernekraftverkene er omstridt, men en udiskutabel fordel med de store produksjonsenhetene er at de har høy roterende masse. Roterende masse, eller svingmasse, virker som en iboende buffer mot frekvensavvik. I tilfelle et utfall eller endring i produksjon eller forbruk vil den roterende massen i systemet motvirke frekvensavviket og sørge for mer stabil kraftforsyning.

– Turbogeneratorene til de svenske og finske kjernekraftverkene har vært viktige buffere for avvikene. Inertiaen i systemet har vært stor og har bidratt sterkt til å begrense et frekvensavvik. Men nå legger svenskene ned kjernekraften, og det vil vi merke, sier Knut Styve Hornes i Statnett. Tilfeldige ubalanser, som for eksempel et raskt fall i vindproduksjonen, vil slå hardere inn over nettet enn tidligere, forklarer han.





– Vi forventer gjennomgripende endringer i energisystemene. Det skaper behov for ny kunnskap, nye løsninger og forskningsaktivitet.

**LENE MOSTUE**  
DIREKTØR  
ENERGI21

## FAKTA

### Om Energi21

Energi21 er Norges nasjonale strategi for forskning, utvikling og kommersialisering av ny klimavennlig energiteknologi. Energi21 bidrar med strategiske råd og anbefalinger til myndighetene om forskning, utvikling, og demonstrasjonsaktiviteter rettet mot utvikling av ny klimavennlig stasjonær energiteknologi.

## FAKTA

### 41,6 milliarder i forskningsmidler

Norge har ulike finansieringsmodeller for forskning og utvikling. For 2019 bevilget regjeringen i alt 41,6 milliarder kroner, inklusiv midler til SkatteFunn-ordningen. De viktigste aktørene for Statnett når det gjelder bevilgninger til sektoren er Forskningsrådet, Innovasjon Norge, SkatteFunn, Enova og NVE.

# Norge – et elektrisk laboratorium for resten av verden

Et helelektrisk Norge er innen rekkevidde, mener Lene Mostue i Energi21. Skal vi lykkes må vi imidlertid få til tverrfaglige samarbeid og tørre å satse på forskning og teknologiutvikling.

Foto: Peter Gløersen

– Vi sitter på en gylden gren her i Norge. Både med tanke på infrastruktur og energiresurser. Derfor har vi mulighet til å være en testarena – et elektrisk laboratorium for resten av verden. Vi er digitaliserte, raske til å ta i bruk nye løsninger og vi er ikke så mange her til lands. Vi kan snu oss raskt med endring. Samtidig har vi god kompetanse og mye industriell erfaring. Dette gjør Norge til en god kandidat for helelektrifisering, sier Lene Mostue, direktør i Energi21.

Etter Statnetts beregninger vil elektrifisering av hele fastlands-Norge kreve 30–50 terrawattimer. Samtidig forventes det at det bygges vindkraft som bidrar med 30 TWh innen 2040.

– Jeg tenker 2040 er et realistisk perspektiv, og jeg tror mye vil skje innen 2030 for Norge sin del. I 2040 tror jeg vi har kommet veldig langt. Det skjer mye i mange sektorer i disse dager. Utvikling av klimavennlige løsninger og nye forretningsmodeller har høyere prioritet enn tidligere. Enten du jobber med å bygge skrog på skip eller om du jobber hos Microsoft, så er du opptatt av elektrisitet og klimaløsninger, sier Mostue.

Samtidig presiserer hun at utslippsreduksjoner i transportsektoren er en utfordring som har stor påvirkning på energisystemet. Det er krevende å få til helelektriske løsninger på langtransport, skipstransport og luftfart.

– Både infrastruktur og batterikapasitet må forbedres, sier Mostue.

Innen transportsektoren er det imidlertid også fremgang. FNs maritime organisasjon, IMO, har som mål å halvere utslipp av klimagasser innen 2050. Det har ført til en

markant økning av batteri i skip. Norge har nå flest elektriske ferger i verden, ifølge en rapport fra Marine Battery Forum. Avinor har som mål at Norge skal bli det første markedet der elektriske fly tar en betydelig markedsandel, og at den norske innenriksluftfarten skal være elektrisk innen 2040.

Slike omveltninger i transportsektoren vil tvinge frem endringer i strømforsyningen, med et økende behov for effekt og omfattende stasjoner for energitilgang.

– Jeg mener transportsektoren og energisektoren må øke samarbeidet i fremtiden. Og det er bare ett eksempel. Alle sektorer må ha et systemperspektiv, og vi må få til flerfaglige samarbeid mellom sektorer om vi skal lykkes, sier Mostue.

### Forskning er nøkkelen

I januar mottok olje- og energiminister Kjell-Børge Freiberg en rapport produsert av konsultantselskapene Impello og Menon Economics. Den viste at energiforskning har skapt verdier for 16 milliarder kroner siden 2008. I fremtiden er potensialet beregnet til mer enn 100 milliarder kroner.

– Rapporten viser betydelige effekter, som ikke ville vært mulig å realisere uten en systematisk og langsiktig satsing på forskning, sterke forskningsmiljøer og et omstillingsdyktig næringsliv, sa Freiberg da han mottok rapporten.

Mostue er langt på vei enig, og presiserer at forskning aldri har vært viktigere enn nå.

– Vi forventer gjennomgripende endringer i energisystemene. Det skaper behov for ny kunnskap, nye løsninger og

forskningsaktivitet. Næringslivet ønsker raskere tilgang til resultater. Det er derfor viktig at forskningssystemet tilpasser seg denne utviklingen uten at det går utover kvaliteten på forskningsresultatene. Målet er at flest mulig forskningsresultater blir implementert og kommersialisert, sier Mostue.

Hun mener også forskningsaktivitet og resultater bør fremheves i større grad av organisasjonene.

– Når jeg er på konferanser hører jeg ofte toppledere snakke om fremtiden, men uten å nevne verdien av forskning og innovasjon. Det synes jeg er litt merkelig. Fremtid og kunnskapsutvikling henger så tett sammen. Det er viktig at forskningsaktiviteten løftes og integreres i organisasjonene, og ikke er en isolert aktivitet i virksomheten. Her er Statnett gode, de har mye forsknings- og innovasjonsaktivitet, som virker godt integrert i selskapet.

### Må følge med i timen

Når vi ber Energi21-direktøren se inn i spåkula snakker hun på inn- og utpust om fremtiden. Systemdrift, forbruksmønstre, verdiskapning og informasjonsbehandling er noen stikkord. Det som gjennomsyrrer alt er digitalisering.

– Digitalisering er verktøyet vi skal bruke for å lykkes. Om vi skal lykkes med en sikker energiforsyning i fremtiden er det essensielt at vi får på plass digitaliseringen effektivt. Systemet blir så komplekst og mange skal spille sammen. Det krever mer styring og mer overvåkning. Da kommer stordatahåndtering, kunstig intelligens og maskinlæring inn i bildet. Det er en forutsetning for å lykkes, sier Mostue.



