

Sviktmoder, grunnlaget til prediktivt vedlikehold

Sverre Gagnat & Henrik Vassdal

Trondheim, 1. april 2025

Maintech-konferansen



Statkraft – et ledende internasjonalt fornybarselskap

Installert kapasitet

21,4 GW

Produksjon i 2024

66,3 TWh

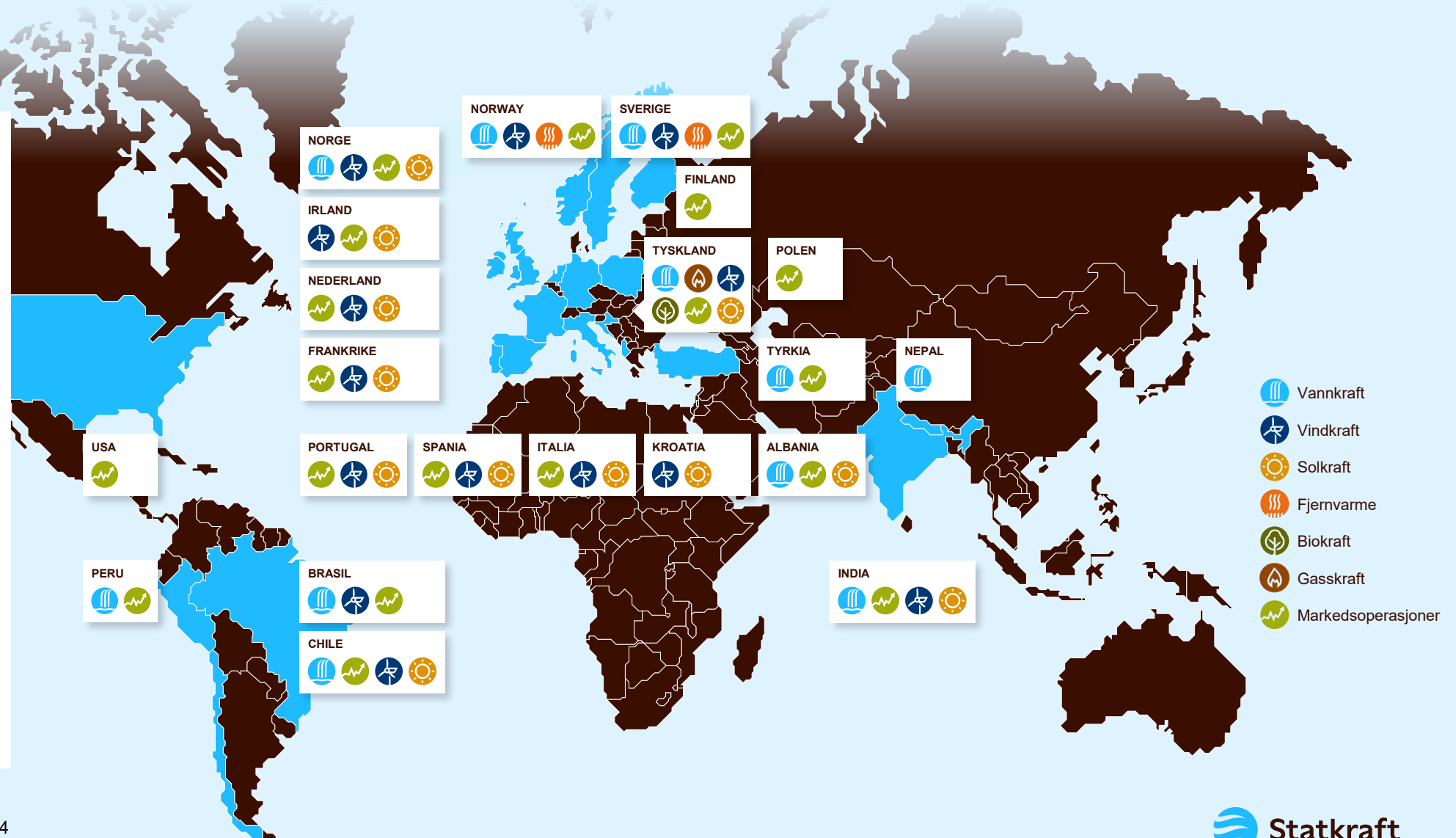
96% fornybart

Ansatte

7 000

i 20+ land

Heleid av den
norske stat



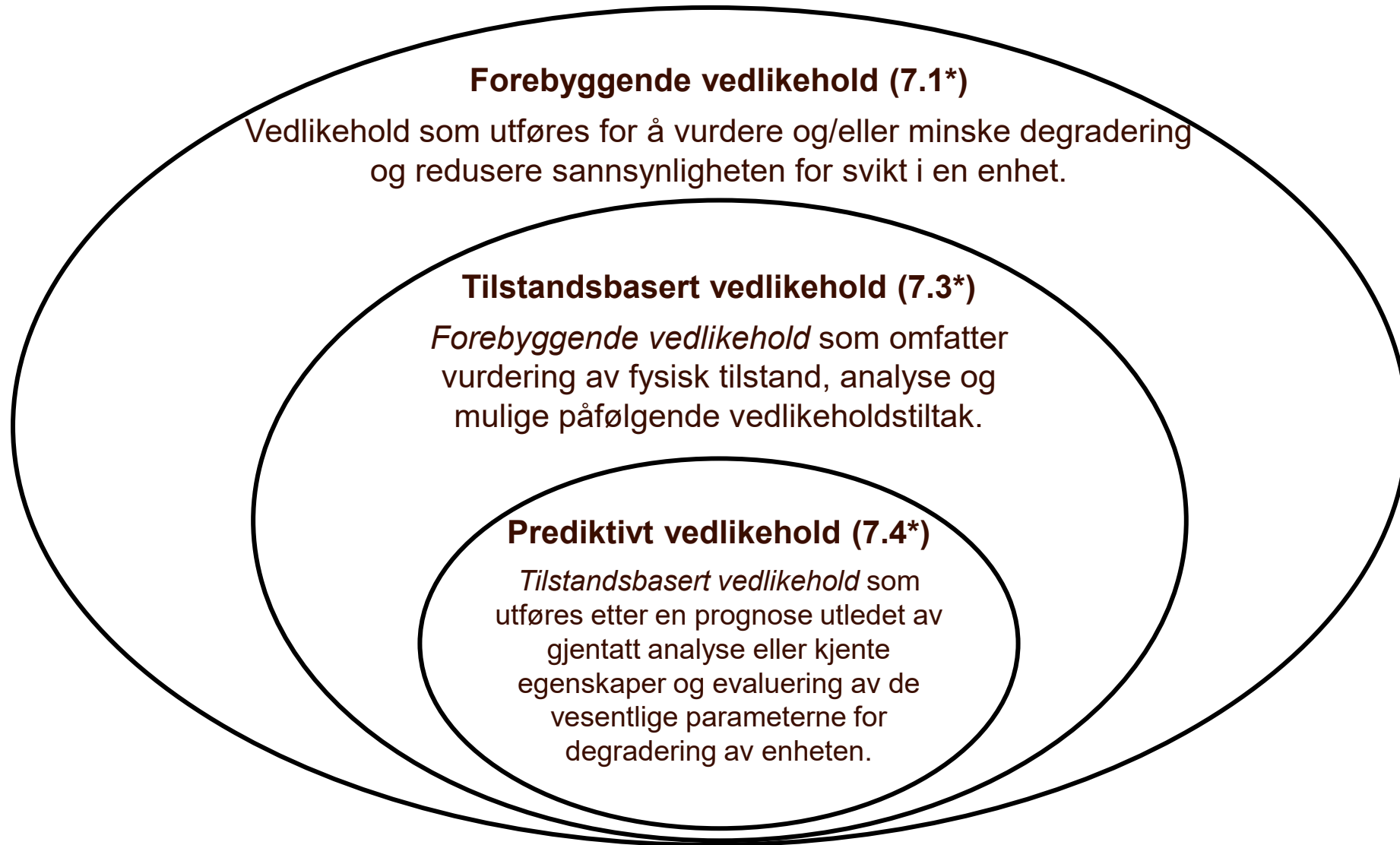
Hva er en sviktmode?

- Måten en enhet mister evnen til å oppfylle krevd funksjon på (5.2*)

Fungerer	Fungerer ikke	Hendelse	Effekt			Konsekvens	Tiltak																									
Krevd funksjon opprettholdes	Feil: «tilstand hos en enhet som karakteriseres av manglende evne til å oppfylle krevd funksjon, bortsett fra utilgjengelighet på grunn av forebyggende vedlikehold eller andre planlagte tiltak, eller på grunn av mangel på eksterne ressurser.» (6.1*)	Sviktmode: «Måten en enhet mister evnen til å oppfylle krevd funksjon på» (5.2*)	 Kalender	 Driftstid Bruks- enheter	 Fysisk tilstand	<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>																										Forhåndsbestemt vedlikehold (7.2*) Tilstandsbasert vedlikehold (7.3*) Forbedring (7.6*) Modifikasjon (7.7*) Korrigerende vedlikehold (7.9*) Detektere skjulte feil

* NS-EN 13306:2016 - Vedlikeholdsterminologi

Hva er prediktivt vedlikehold?



Prediktivt vedlikehold vindturbin – Vibrasjoner

Sviktmode: Gir kommer ut av sin posisjon pga slitte foringer til giroppheng

Effekt: Slitasje på foringer til giropphenget som tar opp vridningsmoment og vibrasjoner på girkassen. Når foringene blir slitt nok kan giret komme ut av sin posisjon, som gjør at giret ikke står riktig i forhold til generator og hovedlager. Hvis dette avviket blir stort nok kan aksling mellom gir og generator løsne. Denne sviktmoden kan utvikle funksjonsfeil i løpet av 3-4 måneder. Symptomer på denne sviktmoden er vibrasjoner og slitte foringer.

Tiltak: Kontinuerlig overvåking for vibrasjoner, kombinert med årlig visuell inspeksjon for støv og tegn på slitasje fra foringer til giroppheng.

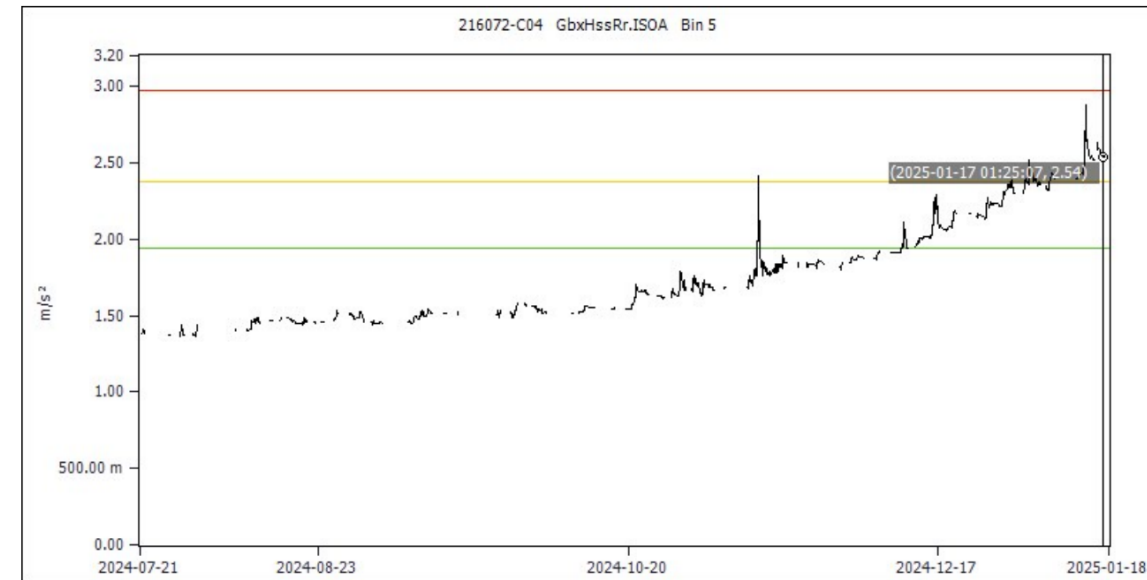
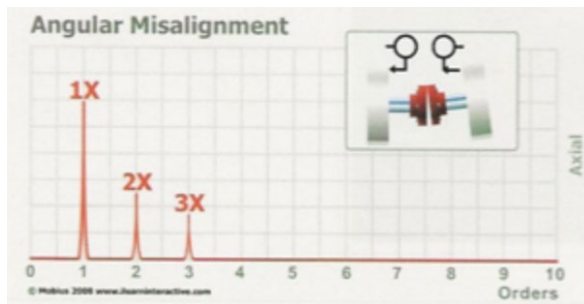
Forbedringsforslag: Installere laser for å avdekke tidligere om giret er på vei ut av posisjon, som følge av sviktmoden.

Prediktivt vedlikehold vindturbin – Vibrasjoner

Sviktmode: Gir kommer ut av sin posisjon pga slitte foringer til giroppheng

Kontinuerlig vibrasjonsmonitorering muliggjør tolkning av frekvensspektre, som gjør at utvikling av sviktmoder i anleggene kan identifiseres.

Økning i trend, som overstiger definerte grenseverdier, gjør at sviktmoder kan identifiseres tidlig, som gir mer tid til planlegging av aktivt forebyggende vedlikehold.



Prediktivt vedlikehold vindturbin – Oljepartikler

Sviktmode: Girhavari pga dårlig smøring

Effekt: Dårlig smøring kan føre til partikler i olja, slitte tenner/sprekker i tannhjul og tiltetting av filter. Risikerer å måtte bytte hele girkassen, som medfører kostnader til korrigerende vedlikehold og tapt produksjon.

Tiltak: Årlig analyse av oljekvalitet.

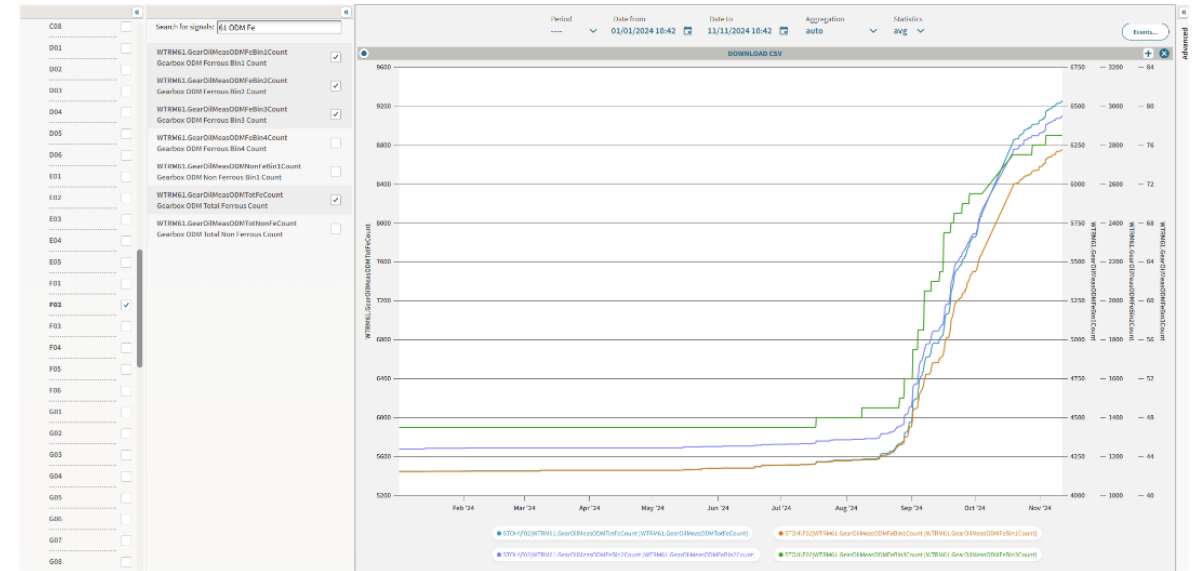


Prediktivt vedlikehold vindturbin – Oljepartikler

Sviktmode: Girhavari pga dårlig smøring

Sensorer muliggjør måling av oljekvalitet, som omfatter partikkelinnhold i olje.

Modeller som følger med på utviklingen i antall partikler kjører kontinuerlig i Statkrafts analysesystem. Det er implementert både absolutte grenseverdier og metoder for å oppdage uregelmessigheter ved å sammenlikne utvikling på tvers av turbiner.



Økning av jernpartikler i girolje

Prediktivt vedlikehold vindturbin – Temperaturer

Sviktmode: Havari i generatorlager pga sprekk i lagerbane

Effekt: Sviktmoden vil generere vibrasjoner, ulyd og økt temperatur på lagerbanen. Funksjonsfeil kan inntreffe i løpet av 3-4 måneder fra symptomene først kan oppdages. Da må hele lageret byttes, som medfører kostnader til korrigerende vedlikehold og tapt produksjon.

Tiltak: Kontinuerlig overvåking av CMS-system for temperaturøkninger i kombinasjon med vibrasjonsovervåking.

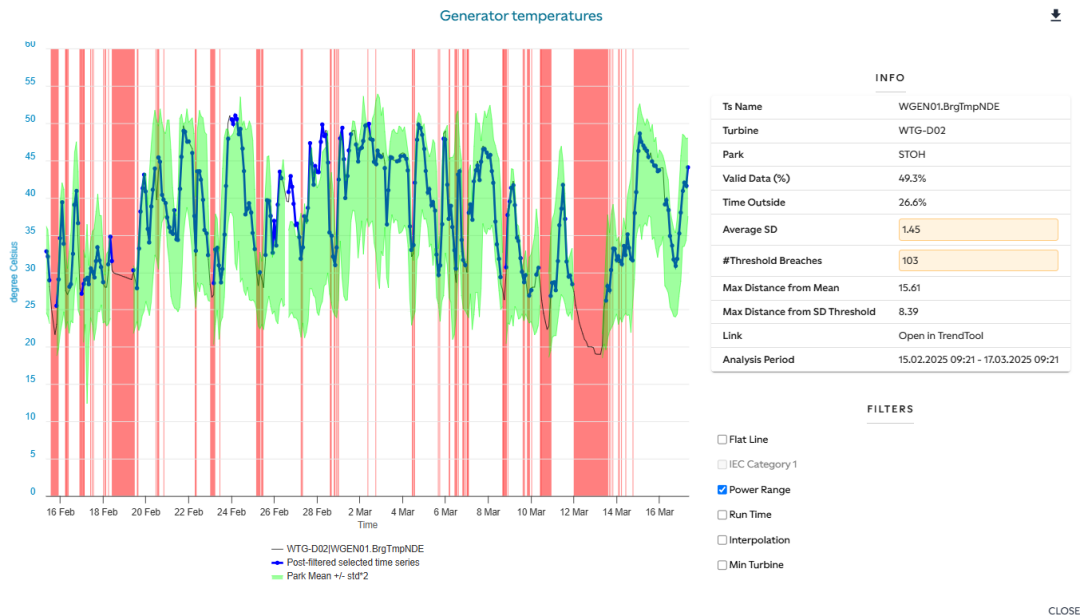


Prediktivt vedlikehold vindturbin – Temperaturer

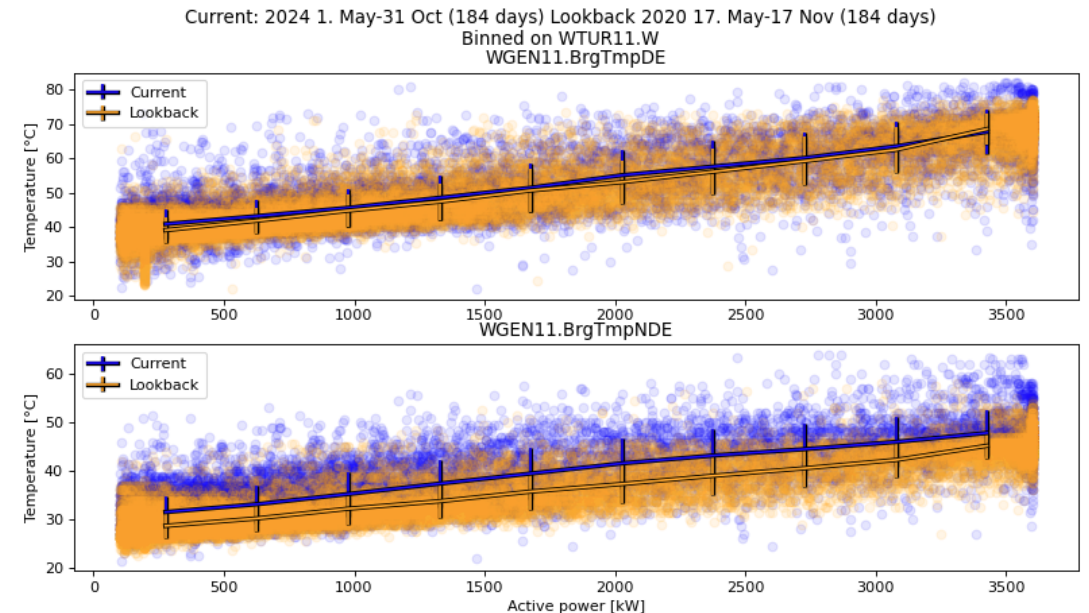
Sviktmode: Havari i generatorlager pga sprekk i lagerbane

Temperaturmålinger kan analyseres på flere måter. Her er to av metodene:

1. Sammenlikne tidsserie for en turbin med andre turbiner i samme vindpark. Ved riktig filtrering av data, kan anomalier identifiseres ved sammenlikning. Figuren viser at lagertemperatur for turbin X ligger $\sim 1,5$ SD over parkgjennomsnittet i analyseperioden.

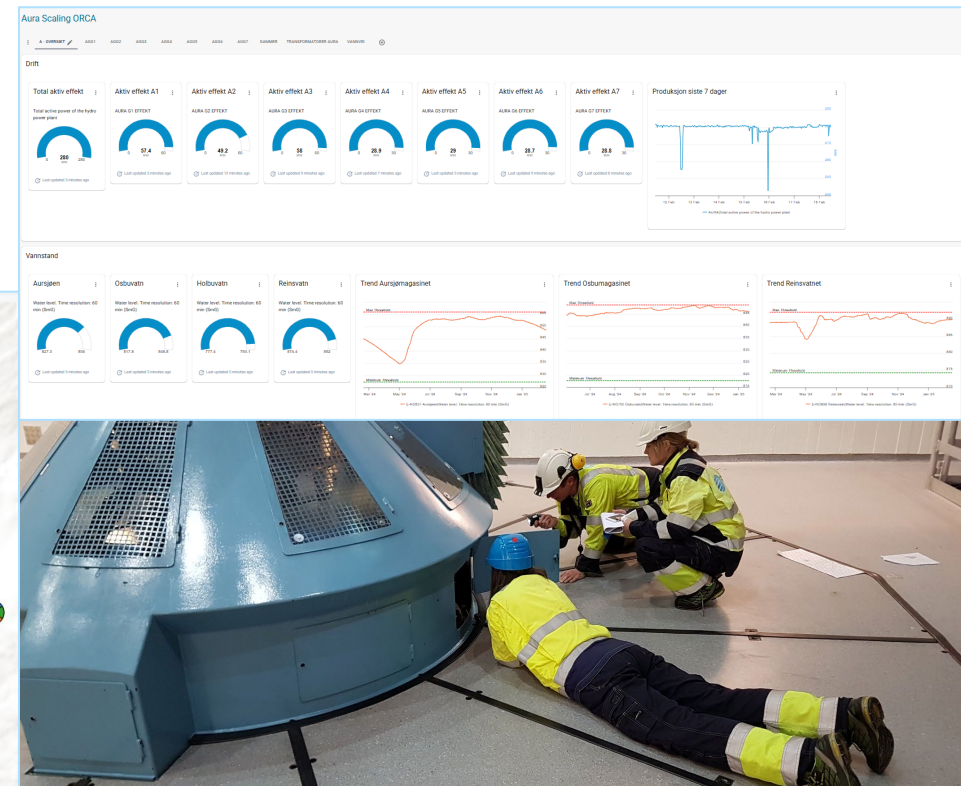
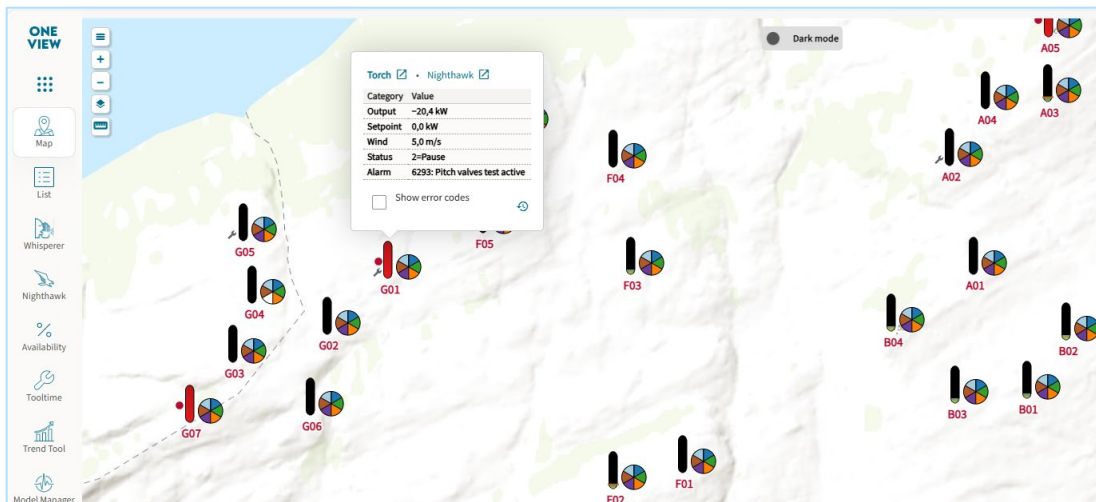


2. For å verifisere anomalien i metode 1 benyttes andre metoder; som å sammenlikne før- og nå-situasjon for aktuell vindturbin. Figuren viser et tydelig skifte i lagertemperatur fra referanseperioden.



Vannkraft - Skalafordeler og -ulempes

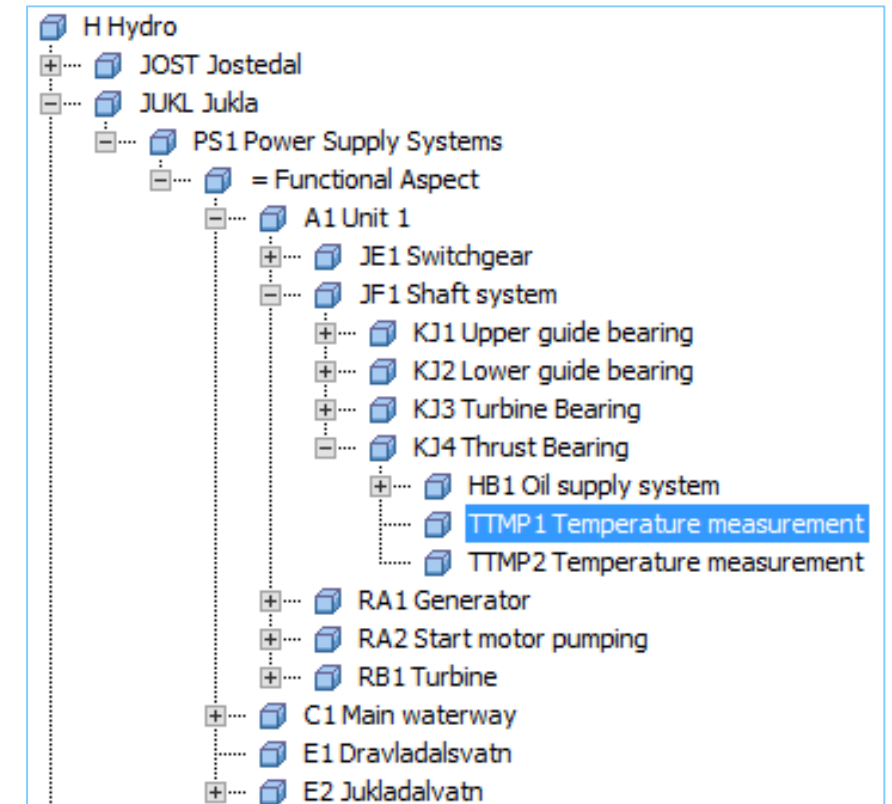
- **Vannkraft versus vindkraft** - 182 unike vannkraftverk globalt med 89 av de i Norge
 - Vindkraft har fordel av identiske turbiner i like forhold
- **Stort datagrunnlag** – Storskala datainnsamling krever god datahåndtering og datakvalitet



Etablere et fundament - Forvandle ulemper til fordeler

- **Standardisering** - Omdøping fra en gammel standard, ofte med en lokal vri, til en global, vedlikeholdt og maskin-leselig standard
 - Utnytte RDS-PS/IEC 61850 standard
- **Økt datakvalitet** – Avdekke feil og mangler ved å gjennomgå alle signaler via standardiseringsarbeidet
- **Analysemuligheter** - Et etablert fundament åpner for analyser på tvers av porteføljen, samt rask etablering av ny sensorikk

Standard representasjon av kraftverk:



Avansert analyse har vist seg å ha verdi i flere pilotprosjekter

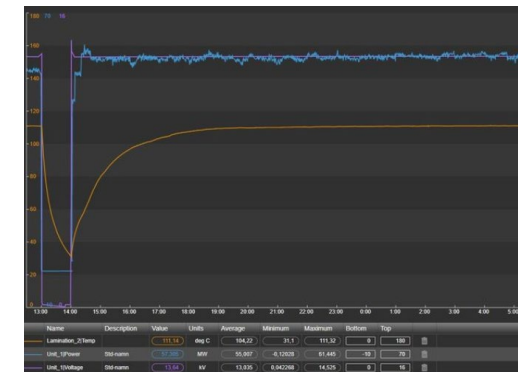
Leirdøla (Sogn) 22 MNOK

- Tilstandsovervåking og risikostyring
 - Økt makseffekt: 7 MNOK
 - “Kunne ha utsatt utskiftning av generator med 5 år”
= 15 MNOK



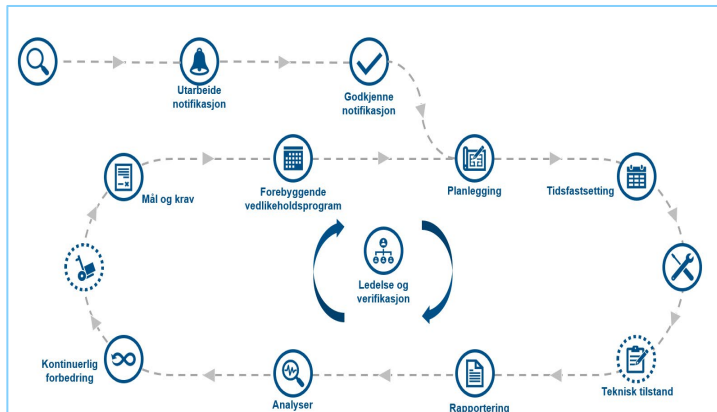
Tysso 2 (Hardanger) 60 MNOK

- Økt instrumentering og overvåkning etter havari
 - Økt makseffekt: 60 MNOK
 - Overvåking og diagnostisering av spesifikk kjølerproblematikk

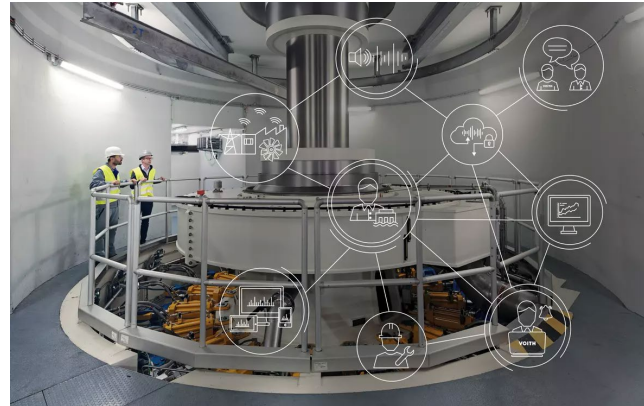


Veien videre mot prediktivt vedlikehold

Integrering av eksisterende verktøy i vedlikeholdsprosessen



Fortsette å utforske teknologien, brukstilfeller og implementering



Utvikle organisasjonen i en mer data-drevet retning



Thank you

More info at statkraft.com