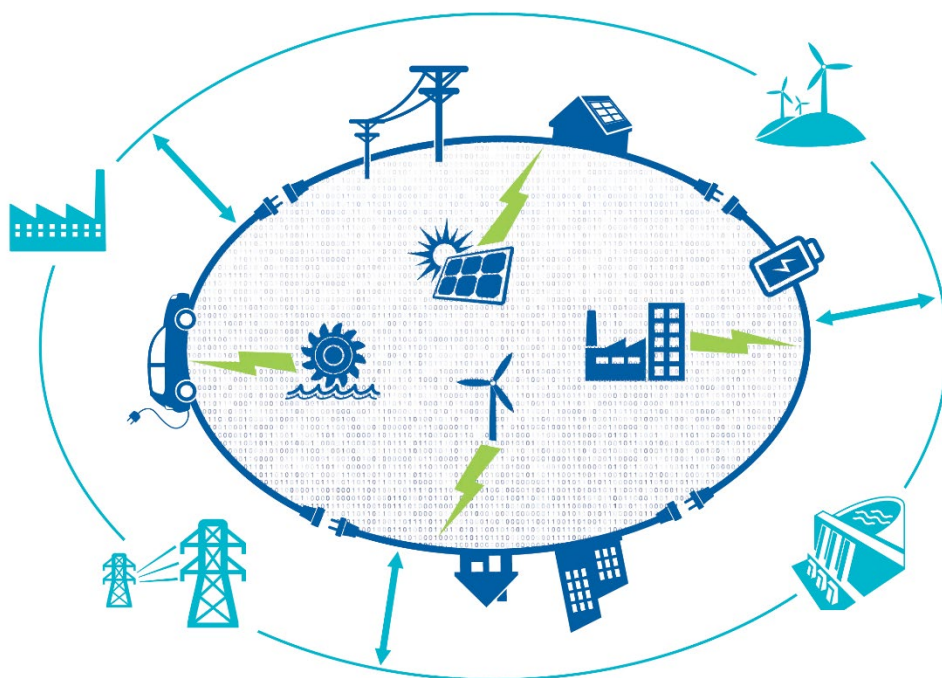


Pilot sluttrapport

Digital inspeksjon

Authors: Per-Oddvar Osland



CINELDI - Centre for intelligent electricity distribution



SINTEF and NTNU are the main research partners, with grid operators, technology providers, public authorities and international R&D institutes and universities as partners.

The research centre is financed by the Research Council of Norway and the Norwegian partners through the Centre for Environment-friendly Energy Research (FME) scheme. The FME scheme consists of research centres of limited duration that conduct concentrated, focused and long-term research on a high international level to solve specific challenges related to energy and the environment.



Centres for
Environment-friendly
Energy Research

Prosjektnotat

TITTEL			
Resultat og erfaringsnotat for Pilot <i>Digital inspeksjon</i>			
WORK PACKAGE	VERSJON	DATO	ANTALL SIDER
WP Pilot	1.0	2024-12-11	16
FORFATTER(E)		WP-LEDER	GRADERING
Per-Oddvar Osland 		Maren Istad	Åpen

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunnsinformasjon om pilotprosjektet.....	3
2	Om Piloten og fysisk pilotområde.....	5
3	Resultater og innovasjoner fra Piloten.....	6
3.1	Resultater fra delaktivitet 1: Installering av sensorer.....	6
3.2	Resultater fra delaktivitet 2: Videreutvikle verktøy for effektiv overvåkning og evaluering	8
3.3	Resultater fra delaktivitet 3: Drift av innsamlings- og fagsystem.....	10
3.4	Resultater fra delaktivitet 4: Evaluere nytteverdi.....	10
3.5	Resultater fra delaktivitet 5: Virtuell temperatursensor	13
3.6	Innovasjoner fra Piloten.....	14
4	Tekniske/faglige erfaringer fra Piloten.....	15
4.1	Oppsummering	15
5	Kost-/nyttevurderinger basert på resultatene for Piloten.....	15
5.1	Kostnader	15
5.2	Nyttevurderinger	15
6	Referanser.....	16

1 Bakgrunnsinformasjon om pilotprosjektet

Tabell 1: Bakgrunnsinformasjon

	Fra malen "planlegging av pilotprosjekt"	Viktige endringer i løpet av pilotperioden
Målsetting	<p>Hovedmålet er å teste og evaluere hvilken nytteverdi overvåkning med ulike sensorer i nettstasjon vil gi.</p> <p>Et annet mål er å avklare om teknologi fra Disruptive Technologies er egnet for overvåkning av komponenter i nettstasjon.</p>	
Problemstilling	<p>AEN har i dag ingen overvåkning av komponenter eller miljø i nettstasjoner. Sjekk av dører, temperatur, luftfuktighet og annet krever fysisk besøk.</p>	
Aktiviteter	<p>AEN har allerede installert sensorer i 30 nettstasjoner, men ser behov for ytterligere installasjoner og videre utvikling av analyseverktøy.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Installere ytterligere sensorer <ul style="list-style-type: none"> • Installere overvåkning av temperatur på trafo og i rom på 10 nettstasjoner. I tillegg skal dørene overvåkes. På enkelte nettstasjoner vil det også bli overvåkning av luftfuktighet og vannivå. 2. Videreutvikle verktøy for effektiv overvåkning og evaluering 3. Drift av innsamlings- og fagsystem 4. Evaluere nytteverdi for ulike typer nettstasjoner i form av 	<p>Planlagte aktiviteter er gjennomført. I tillegg har det blitt forsket på utvikling virtuell temperatursensor:</p> <p>Delaktivitet 5: Virtuell temperatursensor er basert på en AI-modell som estimerer temperatur på transformatorelement. Modellen tar flere inputverdier, blant annet elektrisk belastning (kVA), merkeytelse (kVA), type nettstasjon (mast/kiosk/bygg) og omgivelsestemperatur (grader).</p>

	Økonomiske gevinster, sikkerhet/HMS, og leveransekvallitet.		
Kostnadsestimat	Kostnad	Beløp (i 1000)	Piloten har blitt utvidet underveis, noe som har ført til økte kostnader til innkjøp av sensorer, montasje, driftskostnader og utvikling av løsninger.
	Montasje	20	
	HW	50	
	Dashboard videreutvikling	55	
	Drift og lisenser	110	
	Evaluering	220	
	Prosjektoppfølgning, møter og reiser	120	
	Sum	575	
	<p>Timer utgjør NOK 525.000,- og Hardware NOK 50.000,-</p> <p>NOK 320.000,- vil påløpe i 2020, og resterende NOK 255.000,- påløper i 2021.</p>		
Innovasjonspotensial		<p>Innsamling av data fra sensorer har ført til innovasjon på flere områder:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bedre overvåking av nettet – vedlikehold kan skje basert på faktisk tilstand istedenfor kalenderbasert vedlikehold. - Grunnlag for etablering av AI-modell for sammenheng mellom elektrisk belastning og termisk tilstand (varmeutvikling) 	
Forventet resultat		Piloten har gitt grunnlag for å vurdere hvor det er hensiktsmessig å plassere sensorer for overvåking.	
Tidsplan	Q2 2020 – Q4 2021	<p>Q2 2020 – Q4 2024</p> <p>Piloten har blitt utvidet delvis for å ta igjen arbeid som gikk tapt under pandemien, delvis for å videreutvikle nye verktøy.</p>	

2 Om Piloten og fysisk pilotområde

Tabell 2: Piloten og pilotområdet

Pilotområdet	39 Nettstasjoner hos Glitre Nett i Agder
Måledata og andre data som samles inn og lagres fra Piloten	Temperatur fra flere sensorer pr nettstasjon Data fra dørsensor (åpen/lukket) Data fra vann- og fuktsensor
Personvern og/eller kraftsensitiv informasjon	Data fra nettstasjoner regnes som kraftsensitiv informasjon.
Måle- og kommunikasjonsinfrastruktur	Sensorer og kommunikasjonsutstyr eies av Glitre Nett. Disruptive Technologies står for kommunikasjon, drift og vedlikehold av innsamlingsløsning. Data sendes sky til sky mellom Disruptive Technologies og Glitre Nett.
Use-case-beskrivelser og testplaner	Det er gjennomført flere case og tester, se tekst og referanse under.
Regulering og forskrifter	
Barrierer og løsninger	
Hvem skal eventuelt ta resultater fra Piloten i bruk?	<ul style="list-style-type: none"> - Spesielt seksjon Vedlikehold - Delvis seksjon Operativ drift
Hvem er erfaringene relevant for?	Erfaringer er relevante for alle i nettselskapet som generell informasjon om tilstand i nettet og nye muligheter. Erfaringene er spesielt viktige for seksjon Vedlikehold og seksjon Operativ drift som underlag for bedre arbeidsprosessen
Hva påvirkes av resultater fra Piloter?	Prosesser for drift og vedlikeholder nettet påvirkes av piloten.
Informasjonsdeling mellom aktørene før/underveis/etterpå	Resultat fra piloten har vært presentert på ulike arenaer underveis: Pilotmøter i CINELDI, CINELDI-webinar, eksterne konferanser, publisering av bachelor- og masteroppgaver.
Er det laget planer for videreføring? Skalering/fullskala implementering?	<p>Det er ønskelig å videreføre sensorer på et utvalg av nettstasjoner. Dette er delvis for å overvåke spesielt utsatte komponenter i nettet, samt delvis for å samle data som kan brukes til utvikling av virtuelle sensorer.</p> <p>Det er ikke planlagt fullskala implementering av sensorer i nettstasjoner. Dette skyldes først og fremst at det kun er et fåtall nettstasjoner (noen få prosent) som trenger instrumentering, samt at det er vesentlige kostnader med instrumentering og drift av et sensor-nettverk.</p>

3 Resultater og innovasjoner fra Piloten

3.1 Resultater fra delaktivitet 1: Installering av sensorer

Det har blitt installert sensorer fra Disruptive Technologies på 39 nettstasjoner. I tillegg er de to lab-installasjoner for testing. Det er skilt mellom tre ulike typer nettstasjoner: I kiosk, mast og i bygg (se Figur 1). I disse tilfellene vil det være ulik kjølingseffekt som følge av lokale værforhold, og det er derfor interessant å undersøke hvordan sammenheng mellom elektrisk belastning og temperatur i trafoelement utvikler seg.

Utfordringer og anbefalinger knyttet til montasje av sensorer er godt dokumentert i bachelor-oppgaven «Overvåkning av nettstasjoner ved bruk av moderne sensorteknologi» [1].



Figur 1 Ulike typer nettstasjonsinstallasjoner som inngår i piloten: Kiosk, mast og bygg.

Fire typer sensorer er i bruk, se Figur 2 og Figur 3:

- **Temperatursensor**
Som regel er det brukt fire sensorer: På topp og bunn av trafoelement, innendørs temperatur i bygget der trafoen er plassert (gjelder ikke for mastemontert trafo) og utetemperatur.
- **Dørsensor**
Montert i nettstasjoner av typen kiosk, samt enkelt i nettstasjoner av typen bygg. Valg av installasjon blir vurdert ut ifra hvor sannsynlig det er at uvedkommende kan komme seg inn i nettstasjonen. To typer dørsensor har blitt testet:
 - **Proximity (nærhet) sensor**, denne baserer seg på å registrere om et annet objekt er nær sensoren eller ikke. Avstanden til et annet objekt må være mindre enn noen mm for at sensoren skal registrere «lukket dør» korrekt. Glippen mellom sensoren og dørkarmen kan dermed ikke være for stor, så korrekt montasje er viktig.
 - **Magnetisk sensor**, denne baserer seg å bruke en sensor på døra og et magnetisk motstykke på dørkarmen. Når disse kommer nær nok (noen få cm), vil sensoren registrere «lukket dør». Den magnetiske dørsensoren gir oftere korrekt varsling, og er mer robust enn Proximity sensor.
- **Fuktsensor**
Disse er montert i enkelte nettstasjoner der fukt er en utfordring.
- **Vannsensor**
Disse er montert i enkelte nettstasjoner der vanninntrenging kan forekomme.



Figur 2 Eksempel på temperatursensor på toppen av nettstasjonstransformator. Trafo i kiosk til venstre, mastemontert trafo til høyre.



Figur 3 Dørsensorer til venstre (øverst: magnetisk sensor, nederst: proximity sensor). Vannsensor til høyre.

Montasje av sensorene skjer ganske enkelt ved at de limes på en egnet overflate. De trenger ikke ekstern strømforsyning eller kabling for å kommunisere, noe som gjør montasjejobben svært enkel. Sensorene kommuniserer trådløst med en gateway som er plugges i et støpsel, som regel i NSO¹-skapet i nettstasjonen (se Figur 4). Gateway'en kommuniserer over mobilnettet og sender data fortløpende til Disruptive Technologies sin skyløsning, der data vises frem på en hensiktsmessig måte.

¹ NSO – Nettstasjonsovervåkning.



Figur 4 Gateway (hvit boks nede til venstre) i NSO-skap.

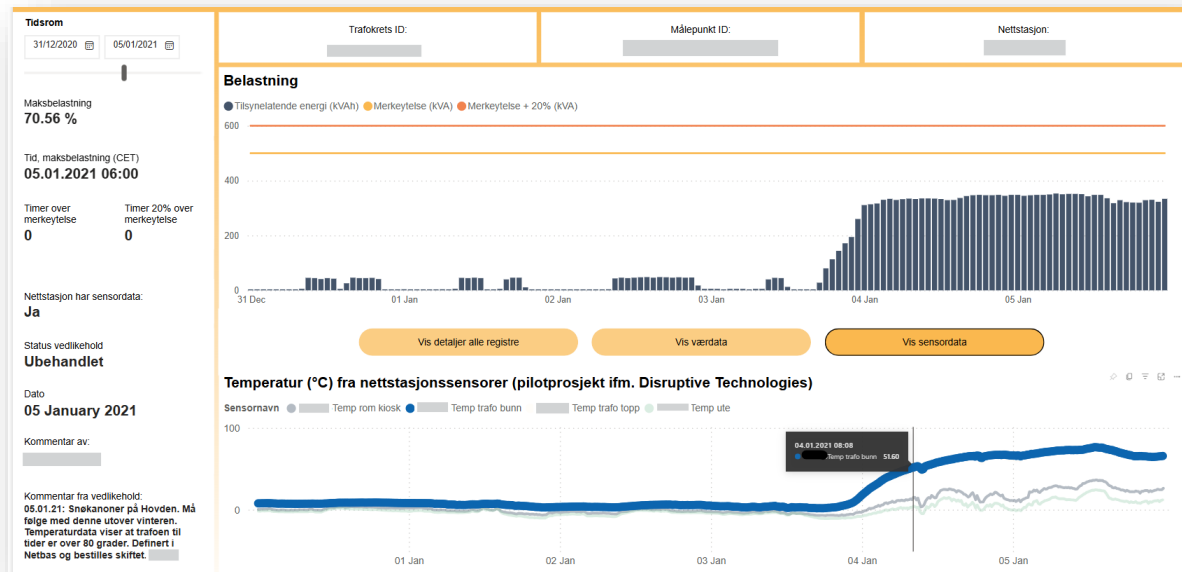
Det er en del forhold som viser seg viktig ved plassering av sensorer. Blant annet må temperatursensorer plasseres likt på de ulike nettstasjonene for å gi sammenlignbare resultat. Dørsensorer kan være følsomme for utslag, spesielt proximity sensor. I tillegg kan enkelte sensorer trenge en ekstra antenne for å kommunisere best mulig med Gateway. Høyre bilde i Figur 2 viser en sensor med ekstra antenne.

3.2 Resultater fra delaktivitet 2: Videreutvikle verktøy for effektiv overvåkning og evaluering

Det har hovedsakelig blitt utviklet tre verktøy for piloten: Tilrettelegging av rapporten *Nettstasjonsovervåkning*, rapporten *Nettstasjonssensorer* og *Virtuell temperatursensor* (se kap. 3.5).

Sensordata er inkludert i rapporten «**Nettstasjonsovervåkning**», der data for alle nettstasjoner finnes. Rapporten har en egen visning for «Belastning og værdata», og her finnes også sensordata. I denne visningen er det mulig å velge «Vis sensordata», og aktuelle målinger vil da komme frem for nettstasjoner som har installerte sensorer – se Figur 5. Formålet med denne visningen er å kunne sette sensordata i sammenheng med andre relevante data (merkeytelse, belastning, værdata, plassering etc.), og dermed raskt kunne vurdere behov for tiltak.

Rapporten «**Nettstasjonssensorer**» viser alle data for nettstasjoner med sensorer installert. Dette gjør det mulig å raskt finne frem og ha oversikt over data som samles inn. Se eksempel i Figur 6.



Figur 5 Skjerm bilde fra rapporten «Nettstasjonsinformasjon». Trafoen i nettstasjonen ble oppgradert i 2021. Før oppgradering var belastningen (øverste graf) på over 100% av merkeytelse i lengre perioder.

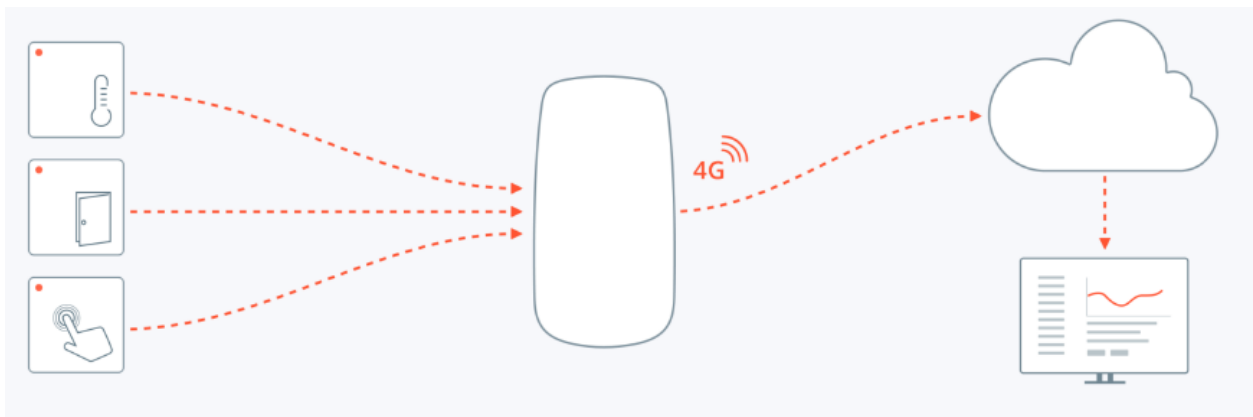


Figur 6 Utdrag fra rapporten «Nettstasjonssensorer», her et eksempel fra nettstasjon med fire temperatursensorer, sensor for luftfuktighet og dørsensor.

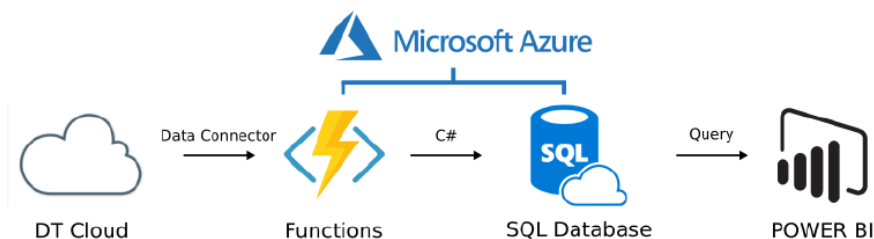
3.3 Resultater fra delaktivitet 3: Drift av innsamlings- og fagsystem

Løsning for innsamling av data består hovedsakelig av to ledd, se Figur 7 og Figur 8:

1. Fysiske egenskaper registreres av sensorene og sendes til gateway, som så sender data videre til Disruptive Technologies sin skyløsning (DT Cloud). Data kan her sees i eget dashboard som aksesseres via web. I DT Cloud er det også mulig å konfigurere sensorer og opprette/endre kobling mellom sensor og nettstasjon.
2. For Glitre Nett er det viktig å hente inn data for å bruke i interne løsninger og rapporter. Gjennom sky-til-sky -integrasjon sendes data fra Disruptive Technologies til Glitre Nett, der de brukes i ulike sammenhenger.



Figur 7 Datainnsamling fra sensor via gateway til Disruptive Technologies sin skyløsning.



Figur 8 Innhenting av data til Glitre Netts skyløsning

Verdikjeden for innsamling og visning av data har stort sett funger bra gjennom hele perioden. I enkelte tilfeller oppstår det opphold i datainnsamling. Dette kan skyldes flere forhold:

- Sensorer flyttes eller svikter (se mer om dette i kap. 4)
- Ved langvarige strømutfall der gateway ikke kan kommunisere med sensorene
- Brudd i mobilkommunikasjon
- Brudd i sky-til-sky integrasjon, noe som kan skje ved vedlikehold eller tekniske feil

3.4 Resultater fra delaktivitet 4: Evaluere nytteverdi

Nytteverdien i dette prosjektet er gjort ut fra en risiko-basert tilnærming. I praksis betyr dette at man har vurdert *sannsynligheten* (lav/middels/høy) for at en uønsket hendelse oppstår og *konsekvens* (lav/middels/høy/kritisk) ved hendelsen. Videre er det gjort en vurdering av i hvor stor grad bruk av sensordata kan bidra til å redusere sannsynlighet og/eller konsekvens. Det er i stor grad gjort kvalitative vurderinger da tilgjengelig tallmateriale er for lite til å kunne gjøre kvantitative studier. Til slutt er det konkludert med nytteverdi gradert som lav/middels/høy.

Tabell 3 Nytteverdi for ulike typer sensorer

Type	Nytteverdi	Kommentar
Temperatursensor	Høy	Viser termisk kapasitet for en komponent, som er en vital indikator på komponentens evne til å levere energi.
Dørsensor	Lav	Mange falske positive. Dørsensor viser kun åpen/stengt dør, ikke om døren er låst eller ikke.
Vannsensor	Lav	Gir utslag når vannet har trengt inn, som er noe sent.
Luftfuktighetssensor	Lav	Gir ikke sikker indikasjon på uønsket situasjon.
Virtuell temperatursensor	Middels	ML-modell for virtuell temperatursensor er ikke robust nok. Arbeidet har imidlertid gitt viktig læring.

Temperatursensor

- Uønsket situasjon:
Lengre oppvarming av trafoelement ut over anbefalte temperaturrenser.
- Sannsynlighet: Middels
Høy last på nettstasjonstrafoer forekommer regelmessig, men det har hittil vært ukjent i hvor stor grad dette fører til høye temperaturer. Observasjoner viser at det sjelden forekommer høye temperaturer; kun en nettstasjon har gitt temperatur over 80 grader og tre nettstasjoner har gitt temperaturer over 60 grader. Høye temperaturer kan forekomme i perioder fra noen minutter til flere dager. Sannsynlighet for høy temperatur vurderes derfor som middels.
- Konsekvens: Høy
Termisk overbelastning fører til redusert levetid for komponenter, og vil dermed være kostbart på sikt. Det kan i sjeldne tilfeller utvikle seg til utkobling eller brann. Konsekvens ved høy temperatur er vurdert som høy.
- Nytteverdi: Høy.
Det gir god verdi å ha den innsikten som temperatursensorer gir, og har blitt brukt regelmessig til å følge med på overbelastede transformatorer. Denne innsikten gir spesielt stor verdi der temperaturen er høy, men dette viser seg heldigvis å oppstå sjelden. Kapasitet er et tema av stadig økende interesse, og reelt sett er det termisk kapasitet som begrenser en komponents evne til å levere energi. Dermed gir bruk av temperatursensor høy nytteverdi.

Dørsensorer

- Uønsket situasjon: Dører i nettstasjoner står åpne / åpnes uten at autorisert personell er på plass.
- Sannsynlighet: Lav
Det er svært sjelden at noen kommer seg inn i nettstasjoner. Dørene låses i henhold til etablerte rutiner, og innbrudd er sjelden.
- Konsekvens: Kritisk
Dersom uvedkommende kommer seg inn til strømførende anlegg, kan dette føre til skade eller i verste tilfelle død.
- Nytteverdi: Lav
Til tross for at konsekvensen er kritisk, har ikke denne løsningen blitt tatt i bruk i nevneverdig grad. Det er montert dørsensorer på en rekke nettstasjoner, og data om åpning/lukking av dører kommer inn som forventet. Dette har likevel ikke blitt fulgt opp i tilstrekkelig grad. Årsaken til manglende oppfølging er basert på flere forhold:

- Visningen for åpen/lukket dør vises i en PowerBI-rapport (se Figur 6), men dette er ikke tilstrekkelig for personell som skal følge opp disse hendelsene. Det er behov for å ta data videre til for eksempel ADMS for at personell på driftssentralen skal kunne følge dette opp.
- Nettstasjoner besøkes stadig av drift- og vedlikeholdspersonell er innom, og dette varsles også som åpen/lukket dør. Det er behov for å filtrere bort disse hendelsene ettersom de ikke varsler en kritisk hendelse. Dette er imidlertid vanskelig siden ikke alle besøk registreres digitalt. Dermed vil det i praksis dukke opp mange «falske positive» i en avviklsliste som varsler om at dører åpnes.
- Sensoren for registrering av åpen/lukket dør er svært sensitiv, og det kan oppstå situasjoner der det sendes varsel uten at en dør faktisk har blitt åpnet. Dette bidrar igjen til flere «falske positive».
- Dagens dørsensorer varsler når dører åpnes og lukkes, men strengt tatt er det viktigere å vite om en dør er låst eller ikke. Dersom løsningen faktisk hadde gitt korrekt varsel om utilsiktet åpning av dører, er det ikke sikkert man ville ha klart å avverge farlige situasjoner.

Selv om nytteverdien er vurdert som lav, er det et kritisk behov for å sikre at dører til nettstasjoner holdes låst. Det bør derfor undersøkes om det er andre måter å sikre dette på. Det kan for eksempel være ved å bruke en sensor som faktisk bekrefter om døren er låst eller ikke. Dette krever imidlertid en sofistikert løsning ettersom det finnes flere typer ulike låser.

Vannsensor

- Uønsket situasjon: Vann trenger inn i nettstasjon
- Sannsynlighet: Lav
Inntrenging av vann forekommer i flomsituasjoner, men dette skjer forholdsvis sjelden i det store bildet.
- Konsekvens: Høy
Dersom vannet stiger høyt nok, vil vern/sikringer mest sannsynlig løse ut slik at et område blir strømløst. I spesielle situasjoner vil det oppstå kortslutninger, noe som kan være farlig for personer i nærheten.
- Nyttieverdi: Lav
Sensoren gir informasjon når vannet når dit sensoren er, og gir dermed ikke tidlige varsel. Dette kan man løse ved å plassere flere sensorer på ulike nivå, men en kartløsning med prognoser for fremtidig vannstand gir vel så god informasjon. Ettersom flom skjer relativt sjelden, har ikke disse dataene blitt fulgt opp i særlig grad.

Fuktsensor

- Uønsket situasjon:
Høy luftfuktighet i nettstasjon.
- Sannsynlighet: Høy
Høy luftfuktighet forekommer stadig vekk, og følger som regel været i et område.
- Konsekvens: Lav
I kystnære strøk kan høy luftfuktighet medføre salt på komponenter, noe som kan gi tæring eller overslag. Saltavsetning er imidlertid ikke alltid proporsjonalt med luftfuktighet, så alene er dette ikke en pålitelig indikator.
- Nyttieverdi: Lav
I praksis har ikke denne sensortypen gitt nevneverdig viktig informasjon ut over det man kan fange opp på værvarsler. Dermed har det ikke blitt brukt særlig mye tid på oppfølging av disse sensordataene.

Virtuell temperatursensor

Denne vurderingen angår utvikling av en metode for virtuell temperatursensor (se kap. 3.5), og vurderes ikke på samme måten som øvrige sensorer. ML-metoden er ikke tilstrekkelig treffsikker og robust, og er ikke egnet for å tas i bruk som et verktøy for overvåkning og drift. Arbeidet har imidlertid gitt god læring og grunnlag for videre utvikling av virtuelle sensorer, noe som forventes å bli viktig for dynamisk nettdrift.

Nytteverdi: Middels.

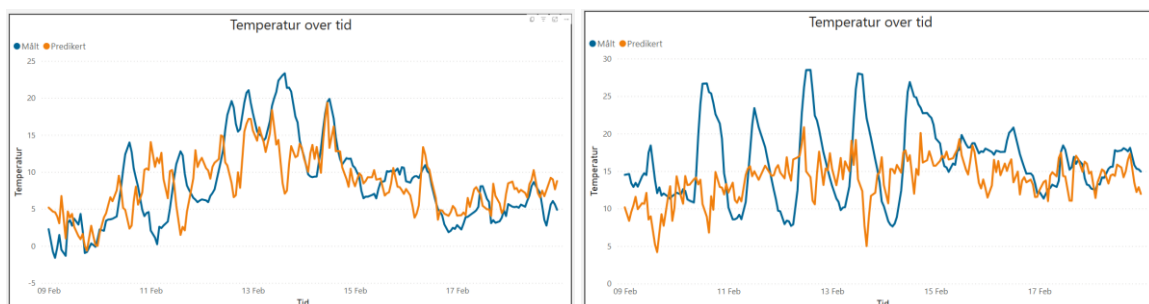
3.5 Resultater fra delaktivitet 5: Virtuell temperatursensor

Effektiv, dynamisk nettdrift er essensielt for å sikre mest mulig elektrifisering samtidig som man drifter nettet innenfor akseptable grenser. I praksis betyr dette å utnytte tilgjengelig kapasitet uten å gå ut over termiske grenser. Det er derfor ønskelig med kjennskap til temperatur på sentrale punkter i nettet, men det er ikke mulig å montere temperatursensorer i alle nettstasjoner. Her kommer *virtuelle temperatursensorer* inn i bildet, dvs. en måte å estimere temperatur uten å ha en faktisk temperatursensor installert.

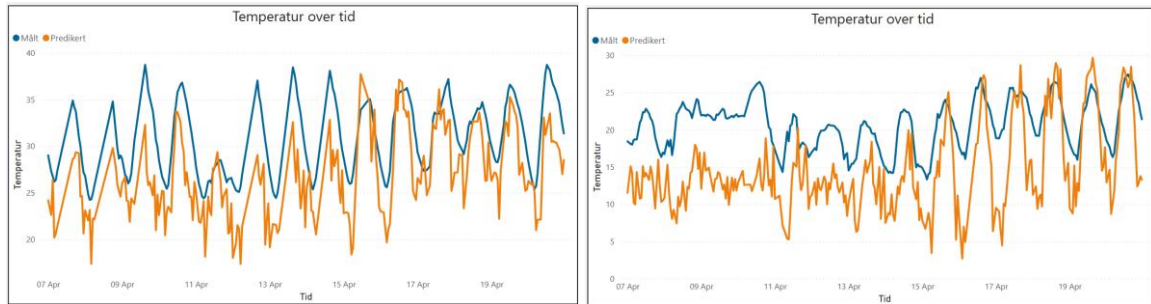
I denne delaktiviteten har det blitt brukt maskinlæring (ML) som grunnlag for å estimere temperatur i en nettstasjonstransformator. Som inputverdier har man brukt elektrisk belastning, merkeytelse, type nettstasjon (mastemontert, kiosk og bygg), samt værdedata. Trening av modellen er gjort ved å bruke målinger fra fysiske sensorer. Validering er også gjort ved å sammenligne med målte data, men da er det naturlig nok brukt andre data enn for trening. Dette ble først gjort i Leander Berg Thorkildsen's masteroppgave våren 2021 [2], og deretter ble oppgaven jobbet videre med av Ida Risnes Hansen i et studentprosjekt sommeren 2021 [3]. Rebekka Olsson Omslandseter var veileder i begge tilfellene.

Resultat viser at den estimerte temperaturen til tider avviker mye fra den faktisk målte temperaturen. Dette kan skyldes flere forhold:

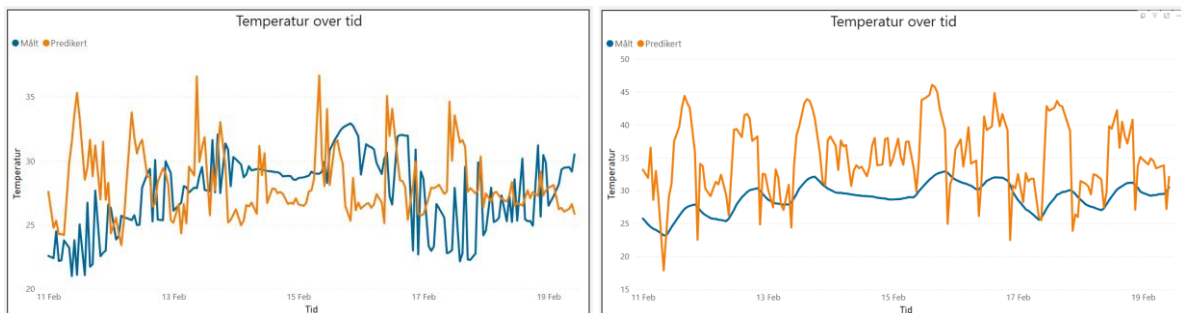
- For lite tidsrom for treningsdata. Ca. 2 års historikk ble brukt til trening, dette kan vise seg å være knapt.
- Manglende input-verdier, for eksempel har det vært vurdert å ta med mer informasjon om type nettstasjon (produsent, modell, alder, ...). Dette krever imidlertid mye mer treningsdata.
- Lokale vær-egenskaper kan ha påvirket måleverdiene mye. Eksempelvis ble det avdekt at sol/skygge vil har stor påvirkning på målt temperatur, spesielt der sensorer står ute i det fri.
- Feil håndtering av underlagsdata og ML-modeller er også en potensiell feilkilde. Preparering av data og tuning av modeller er svært arbeidskrevende, og kvalitetssikring har av ikke hatt stor prioritet.



Figur 9 Eksempel på målt og estimert (predikert) temperatur i mastemontert nettstasjonstrafo



Figur 10 Eksempel på målt og estimert (predikert) temperatur i nettstasjonstrafo i kiosk



Figur 11 Eksempel på målt og estimert (predikert) temperatur i nettstasjonstrafo i bygg

Den utviklede ML-modellen er ikke klar til å kunne tas i bruk for drift og vedlikehold av strømmettet. Modellen treffer ikke godt nok på estimer, og den fremstår heller ikke som spesielt robust. Det er tydelig at både mer treningsdata og mer presis modellering er nødvendig. Arbeidet har derimot stor verdi som del av en kontinuerlig utvikling mot virtuelle sensorer, og er et viktig fundament for veien videre.

3.6 Innovasjoner fra Piloten

Tabell 4 Beskrivelse av innovasjoner i forskningsrådets kategorier

Forskningsrådets kategorier	Beskrivelse	Antall
Ferdigstilte nye/bedre metoder/modeller/ prototyper	Bruk av temperaturmåling til oppfølging av vedlikehold. Utvikling av ML-metode for virtuell temperatursensor.	2
Bedrifter utenfor FMEen som har innført nye/forbedrede metoder eller modeller eller teknologi		
Bedrifter innenfor FMEen som har innført nye/forbedrede arbeidsprosesser	Glitre Nett	1
Bedrifter innenfor FMEen som har innført nye/ forbedrede metoder eller modeller eller teknologi	Glitre Nett	1
Inngåtte lisensieringskontrakter		

Registrerte patenter		
Ferdigstilte nye/forbedrede produkter		
Ferdigstilte nye/forbedrede prosesser		
Ferdigstilte nye/forbedrede tjenester	3 stk. PowerBI-løsninger for visning og analyse av data, i den grad dette kan kalles for tjenester.	3
Nye foretak som følge av FME'en		
Nye forretningsområder i eksisterende bedrifter		

4 Tekniske/faglige erfaringer fra Piloten

4.1 Oppsummering

Erfaringer med sensorer er diskutert i kap. 3, samt i vedlegg [1]. Kort oppsummering:

- Sensorer og nettverk for innsamling av data har vist seg å være relativt stabilt. Det har vært noen utfordringer med dataleveranse underveis: Avbrudd i strøm eller kommunikasjon kan føre til at lengre perioder blir uten data. Sensorer kan bli skadet og slutte å fungere underveis, dette har blant annet skjedd med temperatursensorer. Sensorer kan forsvinne ved ombygging av nettstasjon.
- Korrekt montasje av sensorer er viktig for å få pålitelige data.
- Veksling mellom sol og skygge vil kunne ha stor påvirkning på temperaturmålinger, og kan føre til støy eller feilaktig grunnlag for trening av ML-algoritmer.

Erfaring fra utvikling av ML-algoritmer

- Kjennskap til det fysiske anlegget er sentralt for å forstå hvilke «features» (input-verdier) som må tas med.
- Trening av modeller er tidkrevende, og feil/mangler i dataunderlaget påvirker resultatene merkbart.

5 Kost-/nyttevurderinger basert på resultatene for Piloten

5.1 Kostnader

Kostnader til innkjøp og vedlikehold sensorer har vært overkommelig. Den største kostnaden har vært timer til montasje samt innsamling, bearbeiding og analyse av data.

5.2 Nyttevurderinger

Nyttevurderinger er som følger, se kap. 3.4 for detaljer.

- Temperatursensor Høy nytteverdi

- Dørsensor Lav nytteverdi
- Vannsensor Lav nytteverdi
- Luftfuktighetssensor Lav nytteverdi
- Virtuell temperatursensor Middels nytteverdi

6 Referanser

- [1] *Overvåkning av nettstasjoner ved bruk av moderne sensorteknologi*. Kristian Øyen, Simen Rasmussen og Markus Støver Egeland. Bacheloroppgave UiA 2022.
- [2] *Estimation of temperature development in secondary substation transformers*. Leander Berg Thorkildsen. Masteroppgave UiA 2021. URL: <https://uia.brage.unit.no/uia-xmlui/handle/11250/2823895>
- [3] Uttesting og implementasjon av estimering av trafotemperatur. Ida Risnes Hansen. Sommerprosjekt Agder Energi Nett, 2021.

FME CINELDI

Host: SINTEF Energy Research in cooperation with NTNU
Visiting address: Sem Sælands vei 11, N-7034 Trondheim
Post address: P.O.Box 4761 Torgarden, N-7465 Trondheim
Telephone: +47 454 56 000*
E-mail: cineldi@sintef.no
Enterprise/VAT No: NO 939 350 675 MVA
<http://www.cineldi.no>

