Bruk av satellittdata i kommuner og fylkeskommuner

Utredning om bruk av satellittdata og andre kilder for bedre kunnskap og innsikt av miljørettede tiltak i kommuner og fylkeskommuner

Helena Gonzales Lindberg, Nordlandsforskning
Aase Kristine Lundberg, Nordlandsforskning
Arild Gjertsen, Nordlandsforskning
Unn H. Holgersen, Nordlandsforskning
Julia Olsson, Norkart
Hans Gunnar Steen, Norkart
Alexander Salveson Nossum, Norkart
Erik Stange, NINA
Megan Nowell, NINA

PUBLIKASJONSINFO

Copyright © 2026 NORDLANDSFORSKNING
Utgitt av Nordlandsforskning AS

Nordlandsforskning AS
Postboks 1490
N-8049 Bodø
Tlf. +47 754 11 810
nf@nforsk.no
www.nordlandsforskning.no

Tittel: Bruk av satellittdata i kommuner og fylkeskommuner. Utredning om bruk av satellittdata og andre kilder for bedre kunnskap og innsikt av miljørettede tiltak i kommuner og fylkeskommuner.
NF-Rapport nummer:
ISBN (trykk):
ISBN (digital):
ISSN (trykk): 0804-1873
ISSN (digital): 2704-033X

Forfattere: Helena Gonzales Lindberg, Aase Kristine Lundberg, Arild Gjertsen, Unn H. Holgersen, Julia Olsson, Hans Gunnar Steen, Alexander Salveson Nossum, Erik Stange og Megan Nowell
Publikasjonsdato: 01.07.2026
Prosjektansvarlig: Helena Gonzales Lindberg
Kvalitetssikring: Karin Marie Antonsen
Forskningsleder: Brigt Dale
Prosjekt: KS FoU-prosjekt om bruk av satellittdata i kommuner og fylkeskommuner
Oppdragsgiver: KS
Oppdragsgivers referanse: 254020
Emneord: Satellittdata, kommunal sektor, miljøovervåkning, arealplanlegging og beredskap
Antall sider: 97

Innhold

Forord 6

Sammendrag 7

1. Innledning 9

1.1 Behov for oppdatert kunnskapsgrunnlag 9

1.1 Satellittdata i kommunal sektor 9

1.2 Formålet 10

1.3 Problemstillinger 11

1.4 Metodisk tilnærming 13

1.5 Gangen i rapporten 13

2. Metode og data 14

2.1 Metode og data i studier av utvalgte kommuner og fylkeskommuner 14

2.2 Metode og data for å identifisere miljøvariabler 18

2.3 Metode og data i utarbeidelse av PoC 19

2.4 Metode og data for utvikling av anbefalinger 20

2.5 Oppsummering 21

3. Erfaringer og utfordringer med å ta i bruk satellittdata i kommunal sektor 22

3.1 Dagens bruk og erfaringer med satellittdata 22

3.2 Hvilke behov kan satellittdata dekke for kommuner og fylkeskommuner? 26

3.3 Barrierer og forutsetninger for å bruk satellittdata 33

3.4 Oppsummering 35

4. Sentrale miljøvariabler som kan måles med satellittdata og aktuelle KPI-er 37

4.1 Satellittoppdrag 37

4.2 Sensorer 38

4.3 Romlig oppløsning 39

4.4 Spektral oppløsning 39

4.5 Temporal oppløsning 40

4.6 Mosaikker og kompositter 42

4.7 Fjernmåling 42

4.8 Validering 43

4.9 Satellittprodukter og beslutningsstøtte 43

4.10 KPI-er basert på satellittdata 44

4.11 Deltakende kommuners innspill på utvalg av KPI-er 54

4.12 Oppsummering 55

5. Utarbeidelse av Proof of Concept 57
5.1 Avgrensning til vegetasjon, tørke og vegetasjonsstress 57
5.2 Teknisk tilnærming og operasjonalisering 58
5.3 Datainnhenting og prosessering 58
5.4 PoC – funksjonalitet og oppbygning 61
5.5 Indikatorer og faglig grunnlag 64
5.6 Avgrensninger 65
5.7 Oppsummering 66
6. Bruk av KI for satellittbasert analyse og beslutningsstøtte 68
6.1 KI for analyse og tilrettelegging av satellittdata 68
6.2 KI for prediksjon og prognoser 72
6.3 Behandling av usikkerhet med KI 73
6.4 Oppsummering 74
7. Beslutningsgrunnlag og anbefalinger for kommunal sektor 75
7.1 Tilrettelagte løsninger tilpasset lokale behov 75
7.2 Bedre tilgang og oversikt over satellittdata 76
7.3 Opplæring og bestillerkompetanse 77
7.4 Fra PoC til operativ karttjeneste 78
7.5 Finansiering, organisering og videre utvikling 78
8. Avsluttende refleksjoner 81
Referanser 82
VEDLEGG 84
Vedlegg 1: Intervjuguide 84
Vedlegg 2: Hva kommunene ønsker å bruke satellittdata til 86
Vedlegg 3: Satellittprodukter 88
Vedlegg 4: Satellittutstyr 94

Tabelloversikt:

Tabell 1. Oversikt over deltakernes fagbakgrunn og ansvarsområder 17
Tabell 2. De ti vanligste satellittoppdragene som brukes til jordobservasjon i Europa og skaffer datasett med relevans for miljøovervåking, arealplanlegging, beredskap, og krisehåndtering. 41
Tabell 3 Hovedkategorier av KPI-er og satellittdatas egnethet 45
Tabell 4. Oversikt over sentrale datakilder og indikatorer brukt i PoC-en. 59
Tabell 5. Klassifisering av indikatorverdier brukt i PoC-en. 64

Figuroversikt:

Figur 1. Oversikt over prosjektet organisering og arbeidsflyt 11
Figur 2 Oversiktskart over deltakerkommuner og fylkeskommune. Kilde: Norkart 15
Figur 3. Oversikt over utviklingsprosessen for PoC-en, inkludert brukerinnsikt, databehandling, brukertesting og videreutvikling. © Norkart 20
Figur 4. Historisk utvikling av satellittutstyret som det europeiske romsenteret bruker til jordobservasjon. Figuren er fra ESA - Earth observation missions 38
Figur 5. Nasjonal Bakkesegment for Satellittdata (NBS) skal forenkle tilgang til satellittdata og sikre operasjonelle nasjonale tjenester basert på Sentinel og andre tredjeparts satellitter. 44
Figur 6. Skjermbilde fra nettjenesten som viser kart over den årlige nedbygging av naturområder mellom 2018 og 2024. 48
Figur 7. Skjermbilde av kart fra Algestatus for klorophyllkonsentrasjon (i mg/m^3) for produksjons-området mellom Helgeland – Bodø, laget med bruk av satellittdata. 51
Figur 8. Skjermbildet fra Copernicus EMS - European Flood Awareness System som viser noen av de 23 områdene som ble kartlagt i Norge under ekstremværet Hans, august, 2023. 53
Figur 9 Skjermbilde av kart over skogbrannpotensiale, tilgjengelig gjennom https://kart.dsb.no/ 54
Figur 10. Resultater av spørreundersøkelsen vi sendte til prosjektdeltakere for å måle hvilke temaer skulle brukes i utvikling av et PoC for verktøy for å tilrettelegge økt bruk av satellittdata i kommunalt og fylkeskommunalt arbeid. 55
Figur 11. Oversiktsvisning av den kartbaserte arbeidsflaten utviklet i PoC-en, med indikatorer, historikk, utvikling over tid og geografiske analyser knyttet til vegetasjon og tørkerisiko. 62
Figur 12. Eksempler på sentrale funksjoner i den kartbaserte arbeidsflaten, inkludert nøkkeltall, kartlag, tidsserier, utvikling over tid og analyse av egendefinerte områder. 62
Figur 13. Eksempel på den kombinerte indikatoren for vegetasjons- og tørkestress, basert på sammenstilling og klassifisering av NDVI og NDMI-indikatorer.. 63
Figur 14. Beregning av NDVI basert på rødt og nær-infrarødt lys fra Sentinel-2. 64
Figur 15. Beregning av NDMI basert på nær-infrarødt og kortbølget infrarødt lys fra Sentinel-2. 64
Figur 16. Veien fra satellittdata til operativ bruk i kommunal sektor. 80

FORORD

Denne rapporten presenterer resultater fra et FoU-prosjekt gjennomført på oppdrag fra KS, med mål om å undersøke hvordan satellittdata, satellittdatatjenester og andre datakilder kan bidra til bedre kunnskapsgrunnlag og beslutningsstøtte i kommunal sektor.

Vi vil takke KS for oppdraget og for konstruktiv dialog gjennom prosjektperioden. Innspillene fra KS har vært viktige for å forankre prosjektet i kommunesektorens behov og praktiske arbeidshverdag. Vi vil også takke Direktoratet for romvirksomhet for nyttige innspill og faglige diskusjoner underveis.

Prosjektet har vært gjennomført i samarbeid mellom Nordlandsforskning, NINA og Norkart. Nordlandsforskning har hatt hovedansvaret for den samfunnsvitenskapelige delen av prosjektet, inkludert workshoper, gruppeintervjuer og analyser av behov og utfordringer i kommunal sektor. NINA har bidratt med litteraturstudier, faglige vurderinger av satellittdata, miljøvariabler og relevante indikatorer (KPI-er). Norkart har hatt hovedansvaret for utviklingen av prosjektets Proof of Concept (PoC), inkludert visualisering, dataflyter og teknisk operasjonalisering av satellittdata og andre datakilder.

Vi har hatt stor nytte av innspill og deltakelse fra kommuner og fylkeskommuner som har bidratt gjennom workshoper, intervjuer, brukertesting og diskusjoner underveis i prosjektperioden. Vi vil rette en stor takk til alle deltakere som har delt erfaringer, refleksjoner og vurderinger.

Vi har benyttet KI-baserte verktøy som støtte i deler av analyse- og utviklingsarbeidet, blant annet for strukturering og sammenstilling av informasjon fra workshops, intervjuer og møtenotater, samt i deler av prototype- og kodeutviklingen knyttet til PoC-en.

Rapporten peker på både muligheter og utfordringer knyttet til videre bruk av satellittdata i kommunal sektor. Samtidig viser prosjektet at nøkkelen ikke nødvendigvis ligger i mer data, men i bedre tilrettelegging, integrasjon og operasjonalisering av eksisterende og nye datakilder i kommunenes og fylkeskommunenes faktiske arbeidshverdag.

Bodø/Lillehammer/Oslo/Trondheim, 1. juli 2026

SAMMENDRAG

Norske kommuner og fylkeskommuner står overfor økende utfordringer knyttet til klimaendringer, naturforvaltning, arealpress og beredskap. Samtidig stilles det høyere krav til kunnskapsbaserte beslutninger, effektiv ressursbruk og rask håndtering av hendelser som flom, skred, tørke og skogbrann. I denne sammenhengen har satellittdata og satellittbaserte tjenester fått økt oppmerksomhet som mulig grunnlag for bedre og mer oppdatert situasjonsforståelse både før, under og etter en hendelse.

Formålet med dette FoU-prosjektet har vært å undersøke hvordan satellittdata, satellittdatatjenester og andre relevante datakilder kan bidra til kommunal miljøforvaltning, arealplanlegging og beredskap, samt å utvikle anbefalinger for hvordan slike data og tjenester kan tas i bruk i kommunal sektor.

Prosjektet bygger på en antakelse om at satellittdata og satellittdatatjenester har et større potensial i kommunal sektor enn det som brukes i dag. Samtidig har prosjektet undersøkt hvilke organisatoriske, teknologiske og kompetansemessige barrierer som påvirker muligheten for å øke bruken.

Arbeidet er gjennomført i samarbeid mellom Nordlandsforskning, NINA og Norkart på oppdrag fra KS. Prosjektet har bestått av tre hoveddeler:

1. kartlegging av relevante satellittdata, miljøvariabler og KPI-er
2. en samfunnsvitenskapelig del med workshops, gruppeintervjuer og brukerinvolvering med kommuner og fylkeskommuner
3. utvikling av en teknisk demonstrator (Proof of Concept / PoC) for visualisering og operasjonalisering av satellittdata i kommunal sektor.

Prosjektet viser at kommunene og fylkeskommunene i liten grad bruker satellittdata direkte i dag, men samtidig at det finnes stor interesse for og betydelig potensial i slike data og tjenester. Særlig ble muligheten for hyppigere oppdateringer, tidsserier, større geografisk dekning og bedre oversikt over endringer over tid trukket fram som relevant innen miljøovervåking, arealforvaltning og beredskap.

Funnene viser samtidig at utfordringen i liten grad handler om mangel på data. Norske kommuner og fylkeskommuner har allerede tilgang til store mengder geografisk informasjon gjennom eksisterende nasjonale infrastrukturer og tjenester. Utfordringen handler i større grad om hvordan data gjøres tilgjengelige, forståelige og operative i praktiske arbeidsprosesser og beslutningssituasjoner.

Prosjektet viser videre at satellittdata alene sjelden er tilstrekkelig som beslutningsgrunnlag. Verdien oppstår oftest når slike data kombineres med andre relevante datakilder og presenteres gjennom brukervennlige løsninger som er integrert i eksisterende arbeidsflater og systemer. Kommunene etterspør i liten grad rå satellittdata, men heller ferdige analyseprodukter, indikatorer, varslingstjenester og

operative løsninger som kan støtte konkrete arbeidsoppgaver og beslutningsprosesser.

Et sentralt funn er også at behovene varierer mellom fagområder og kommuner. Innen detaljert saksbehandling og reguleringsplanlegging vurderes høyoppløselige flyfoto fortsatt som viktigst, mens satellittdata oppleves som særlig relevante for storskala-overvåking, tidsserier, endringsanalyser og situasjonsforståelse over større geografiske områder.

Som del av prosjektet ble det utviklet en Proof of Concept (PoC) som demonstrerer hvordan satellittdata og andre datakilder kan sammenstilles og presenteres gjennom indikatorer, analyser og visualiseringer tilpasset kommunal arbeidshverdag. Arbeidet med PoC-en viste samtidig at behovet i kommunal sektor ikke nødvendigvis er nye separate innsynsløsninger, men snarere bedre integrasjon av relevante data og indikatorer i eksisterende systemer og arbeidsflater.

Prosjektet peker på flere sentrale anbefalinger for videre arbeid:

- bedre nasjonal tilrettelegging og oversikt over tilgjengelige satellittdata og tjenester
- utvikling av ferdige analyseprodukter og standardiserte dataløyper
- integrasjon mot eksisterende kommunale systemer og arbeidsprosesser
- styrket opplæring og bestillerkompetanse
- videre arbeid med operative tjenester og nasjonal koordinering.

Samlet viser prosjektet at satellittdata kan bidra til raskere situasjonsforståelse, mer helhetlige vurderinger og redusert behov for tidkrevende manuelt arbeid og feltkartlegging. Samtidig forutsetter økt bruk at dataene gjøres relevante, forståelige og praktisk anvendbare for kommunal sektor.

1. Innledning

1.1 Behov for oppdatert kunnskapsgrunnlag

Norske kommuner og fylkeskommuner står i dag i et økende spenningsfelt mellom ambisiøse klima- og miljømål, stramme økonomiske rammer og et stadig mer komplekst risikobilde. Ekstreme værhendelser som flom, skred, tørke og skogbrann synliggjør at klimaendringer ikke er en framtidig utfordring, men en konkret del av kommunenes hverdag. Samtidig øker forventningene til at lokale myndigheter skal bidra til utslippskutt, naturforvaltning og beredskap, på en kunnskapsbasert og kostnadseffektiv måte.

Dette stiller store krav til kommunenes kunnskapsgrunnlag. Informasjonen må være oppdatert, stedsspesifikk, sammenlignbar over tid, og tilgjengelig i praksis. Samtidig opplever mange kommuner at eksisterende data og systemer er fragmenterte, krevende å bruke og i begrenset grad tilpasset praktiske arbeidsprosesser og beslutningsbehov.

Satellittdata peker seg i denne sammenhengen ut som en særlig relevant datakilde. I motsetning til mange tradisjonelle kartgrunnlag, kan satellittdata gi løpende og arealdekkende observasjoner med oppdateringer med bare noen få dagers mellomrom. Dette gir nye muligheter til å følge utvikling og endringer over tid innen blant annet miljøovervåking, arealbruk og beredskap.

Samtidig er satellittdata alene sjelden tilstrekkelig som beslutningsgrunnlag, blant annet på grunn av oppløsning, datakvalitet og behovet for lokal kontekst. Verdien oppstår oftest når slike data kombineres med andre relevante datakilder og gjøres tilgjengelige gjennom løsninger som støtter kommunenes faktiske arbeidsprosesser og beslutningsbehov.

Prosjektet bygger på en antakelse om at satellittdata og satellittdatatjenester kan ha et større potensial i kommunal sektor enn det som i dag tas ut i praktisk bruk. Særlig relevant har det vært å undersøke om satellittdata kan bidra med mer løpende og arealdekkende informasjon som supplement til eksisterende datagrunnlag innen blant annet miljøovervåking, arealforvaltning og beredskap.

For kommuner og fylkeskommuner kan dette bidra til raskere situasjonsforståelse, mer helhetlige vurderinger og redusert behov for tidkrevende manuelt arbeid, feltkartlegging og sammenstilling av informasjon fra mange ulike kilder.

1.1 Satellittdata i kommunal sektor

I arbeidet med å etablere og vedlikeholde oppdaterte kunnskapsgrunnlag for planlegging, miljøforvaltning og beredskap spiller satellittdata allerede en viktig rolle. Satellittbasert informasjon inngår i dag i en rekke kartprodukter, overvåkingssystemer og varslingstjenester som benyttes av offentlig sektor i Norge. Samtidig har den teknologiske utviklingen de siste årene gitt tilgang til stadig flere datakilder, høyere

oppdateringsfrekvens og nye analysemetoder som gjør det mulig å hente ut mer informasjon enn tidligere.

Det finnes flere statlige aktører som bruker, forvalter og videreformidler satellittdata i Norge. Eksempelvis bruker Kartverket, Meteorologisk institutt, NIBIO, NVE, DSB, Kystverket, Miljødirektoratet og Direktoratet for romvirksomhet satellittdata som grunnlag for kartprodukter, analyser, overvåkingssystemer og varslingstjenester innen blant annet miljøforvaltning, arealplanlegging, klimatilpasning og beredskap. Disse tjenestene kombinerer satellittdata med andre datakilder, modeller og faglige vurderinger for å produsere informasjon som er relevant for kommunal planlegging, beredskap og miljøforvaltning, uten at brukerne nødvendigvis trenger direkte tilgang til rå satellittbilder eller spesialisert kompetanse i fjernmåling.

Samtidig utvikles satellittbaserte data og tjenester raskt, og nye produkter, analysemetoder og anvendelser blir fortløpende tilgjengelige. Dette skaper nye muligheter for kommuner og fylkeskommuner til å styrke kunnskapsgrunnlaget for planlegging, miljøforvaltning og beredskap, men reiser også spørsmål om hvordan slike data og tjenester best kan tas i bruk i praksis.

1.2 Formålet

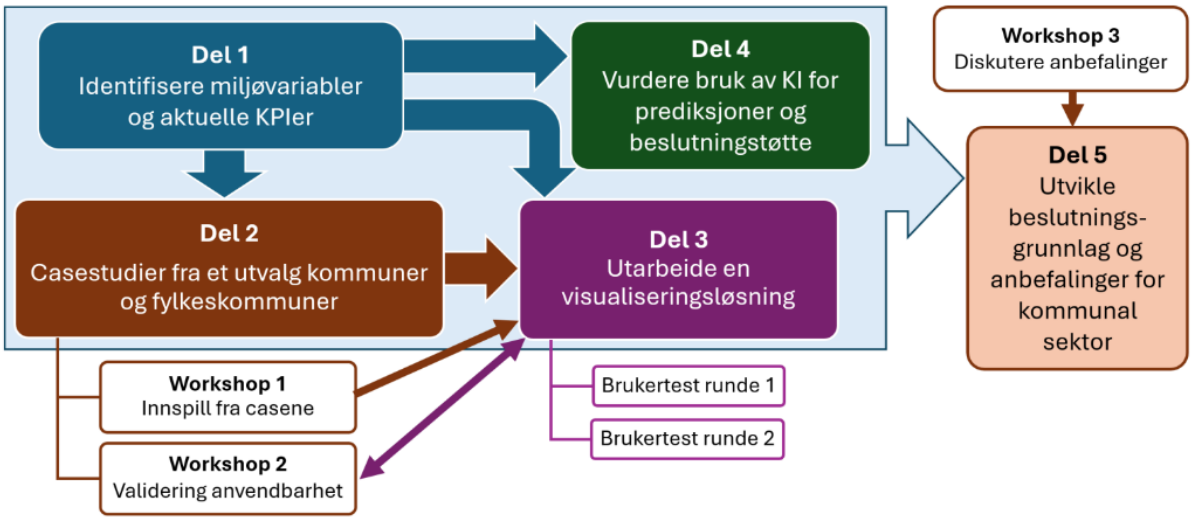
Formålet med dette FoU-prosjektet er derfor å undersøke og gi konkrete anbefalinger for hvordan bruk av satellittdata og satellittdatatjenester, og andre datakilder, kan bidra til (1) kommunal overholdelse av miljølover og forskrifter og (2) som kunnskapsunderlag i krisesituasjoner som krever raske beslutninger. Dette gjør at kommunenes og fylkeskommunenes roller knyttet til miljøforvaltning, arealplanlegging, samfunnsutvikling og kriseberedskap har vært relevante for oppdraget. Disse saksområdene har utgjort rammen for anbefalingene som FoU-prosjektet munner ut i.

Med utgangspunkt i oppdragets formål og hovedpunktene fra oppdraget har vi formulert følgende ni delmål for FoU-prosjektet:

1. Identifisere sentrale miljøvariabler som er relevante både for kommunal overholdelse av miljøregelverk (lover og forskrifter) og for støtte til planlegging, miljøovervåkning og håndtering av akutte miljørelaterte beredskapshendelser.
2. Kartlegge dagens bruk og identifisere behov for satellittdata og/eller satellittdatatjenester i kommunenes og fylkeskommunenes arbeid med miljøovervåkning, beredskap og krisehåndtering.
3. Vurdere om det finnes satellittdata og/eller satellittdatatjenester (og eventuelle andre supplerende datakilder) som tilfredsstiller kravet til miljøvariablene, og som kan skaleres til bruk som gode og nyttige kunnskapsgrunnlag ved ulike kritiske hendelser.

4. Utvikle et sett med KPI-er[1] for de sentrale miljøvariablene og validere disse i casestudier i et utvalg kommuner og fylkeskommuner.
5. Avklare leveransemodell og finansieringsmodell for visualisering av KPI-ene og som underlag for informasjon i kriser.
6. Utarbeide en Proof of Concept-visualiseringsløsning med de validerte KPIene som en nasjonal fellesløsning, i dialog med informanter i de utvalgte casekommunene/fylkeskommunene.
7. Vurdere muligheten for bruk av KI som grunnlag for å tilby avansert beslutningsstøtte, inkludert framskriving og predikering.
8. Utarbeide beslutningsgrunnlag for en nasjonal tjeneste, i lys av pågående initiativ.
9. Utvikle konkrete anbefalinger til hvordan kommuner og fylkeskommuner kan bruke satellittdatatjenester i sitt daglige arbeid innen beredskap, planlegging, samfunnsutvikling og miljøforvaltning.

Ut fra de ni delmålene valgte vi å dele prosjektet i fem deler, vist i Figur 1:



Figur 1. Oversikt over prosjektet organisering og arbeidsflyt

1.3 Problemstillinger

I hver av prosjektets deler har vi jobbet med ulike problemstillinger presentert under:

Del 1: Identifisere miljøvariabler og aktuelle KPI-er:

- Hvilke satellittdata kan brukes for å forbedre kunnskapsgrunnlaget for miljøovervåking, beredskap og krisehåndtering?

[1] KPI står for Key Performance Indicator (på norsk: nøkkelindikator for måloppnåelse). En KPI er en målbar indikator som kan brukes til å vurdere hvor godt et tiltak eller en aktivitet presterer i forhold til definerte mål.

- Hvilke satellittgenererte KPI-er kan svare på kommunenes sentrale utfordringer?

Del 2: Casestudier fra et utvalg av kommuner og fylkeskommuner:

- Hvordan bruker kommuner og fylkeskommuner satellittdata i dag, og hvilke erfaringer har de med dette i miljøovervåkning, beredskap og krisehåndtering?
- Hvilke kunnskapshull mener kommunene og fylkeskommunene at satellittdata kan bidra til å fylle?
- Hvilke barrierer (organisatoriske, teknologiske, kompetanserelaterte osv.) opplever kommunene og fylkeskommunene for å kunne ta i bruk satellittdata?
- Hvordan varierer behovene for satellittdata mellom ulike kommuner og fylkeskommuner?
- Hvordan opplever kommuner og fylkeskommuner relevansen og nytteverdien av de satellittgenererte KPI-ene utviklet i Del 1?

Del 3: Utarbeide en visualiseringsløsning (PoC):

- Hvordan kan validerte KPI-er og tilhørende datagrunnlag presenteres på en måte som er operativt nyttig for kommunal og fylkeskommunal sektor?
- Hvordan kan en slik løsning utformes?
- Hvilke funksjoner er relevante?
- Hvordan kan løsningen integreres i kommunenes eksisterende arbeidsprosesser?

Del 4: Vurdere bruk av KI for prediksjoner og beslutningsstøtte:

- Hvordan egner eksisterende KI-metoder seg til å identifisere mønstre og framskrive endringer i arealdekke og andre miljøvariabler?
- Hvordan og i hvilke prosesser kan KI brukes for beslutningsstøtte?

Del 5: Utvikle beslutningsgrunnlag og anbefalinger for kommunal sektor:

- Hvordan kan en nasjonal løsning for visualisering og bruk av satellittdata og tilhørende grunnlagsdata struktureres, forvaltes og tas i bruk bredt i kommunesektoren?
- Hvordan kan kommuner og fylkeskommuner ta i bruk satellittdatatjenester på en praktisk og effektiv måte i sitt daglige arbeid med beredskap, planlegging, samfunnsutvikling og miljøforvaltning?
- Hvilke investeringer trenges for å støtte kommunesektorens anvendelse av satellittdata?

1.4 Metodisk tilnærming

Prosjektet er gjennomført som et FoU-prosjekt på oppdrag fra KS, i samarbeid mellom Nordlandsforskning, NINA og Norkart.

Arbeidet har bestått av tre hoveddeler:

- litteratur- og dokumentstudier
- en samfunnsvitenskapelig del med spørreundersøkelser, workshops og gruppeintervjuer med kommuner og fylkeskommuner
- utvikling av en teknisk demonstrator (Proof of Concept / PoC).

Gjennom prosjektperioden ble det gjennomført dialog og brukerinvolvering for å undersøke eksisterende bruk av satellittdata, opplevde behov og utfordringer, samt hvilke typer løsninger og arbeidsformer som oppleves som mest relevante i kommunal sektor.

Som en del av prosjektet utviklet Norkart en PoC som demonstrerer hvordan satellittdata og andre datakilder kan sammenstilles og presenteres gjennom en kartbasert arbeidsflate med indikatorer, analyser og utvikling over tid. Arbeidet omfattet både utvikling av visualiseringsløsning og tekniske dataflyter for innhenting, prosessering og sammenstilling av data.

Prosjektet har også benyttet KI-baserte verktøy som støtte i deler av analyse- og utviklingsarbeidet, blant annet for strukturering og sammenstilling av informasjon fra workshops, intervjuer og møtenotater, samt i deler av prototype- og kodeutviklingen knyttet til PoC-en. KI-verktøyene har fungert som støtteverktøy i prosjektet, mens faglige vurderinger, analyser og konklusjoner er gjort av prosjektgruppen.

1.5 Gangen i rapporten

Rapporten er strukturert i åtte kapitler.

Kapittel 2 beskriver metode og gjennomføring av prosjektet. Kapittel 3 presenterer funn fra workshops, intervjuer og brukerinvolvering med kommuner og fylkeskommuner. Kapittel 4 gir en overordnet innføring i satellittdata, miljøvariabler og relevante KPI-er.

Kapittel 5 beskriver utviklingen av prosjektets PoC og hvordan satellittdata og andre datakilder kan bearbeides og presenteres som operativ beslutningsstøtte for kommunal sektor.

I kapittel 6 drøftes muligheter og begrensninger ved bruk av kunstig intelligens (KI) sammen med satellittdata for analyse, overvåking og beslutningsstøtte.

Kapittel 7 sammenfatter prosjektets viktigste funn og anbefalinger, inkludert behov knyttet til organisering, kompetanse, finansiering og videre utvikling.

Kapittel 8 avslutter rapporten med overordnede refleksjoner om videre bruk av satellittdata i kommunal sektor.

2. Metode og data

For å kunne belyse de komplekse problemstillingene som ligger til grunn for dette FoU-prosjektet har vi valgt å kombinere flere metoder. Utfordringsbildet knyttet til bruk av satellittdata i kommunal sektor omfatter organisatoriske, kompetansemessige og kapasitetsrelaterte barrierer, samtidig som det inkluderer tekniske spørsmål knyttet til tilgjengeliggjøring, samordning og operativ bruk av sanntidsinformasjon. Et viktig metodisk grep har derfor vært å jobbe med et utvalg kommuner og fylkeskommuner hvor vi har kombinert metoder og data for å forstå både behov, barrierer og mulighetsrom i kommunal sektors bruk av satellittdata. I dette kapitlet gjør vi rede for hvilke metoder vi har brukt og hva slags data vi har jobbet med.

2.1 Metode og data i studier av utvalgte kommuner og fylkeskommuner

2.1.1 Utvalget av deltakerkommuner og fylkeskommune

I utgangspunktet ønsket vi et utvalg som omfattet inntil ni kommuner og tre fylkeskommuner, slik at vi kunne belyse erfaringer og behov sett fra begge disse ståstedene. Målet var at utvalget skulle favne kompleksiteten i kommunesektoren gjennom variablene kommunestørrelse, sentralitet, geografi (kyst/innland), ulike miljø- og beredskapsutfordringer, samt kommunal kapasitet. Videre hadde vi et ønske om å inkludere kommuner som allerede deltok i det pågående KS FoU-prosjekt om areal- og naturregnskap, samtidig som vi vurderte det som viktig å ta hensyn til kapasiteten i disse kommunene. Vi opplevde imidlertid store utfordringer med å rekruttere deltakerkommuner og fylkeskommuner ut fra kriteriene vi hadde satt på forhånd. Dette gjaldt spesielt for fylkeskommunene, hvor vi gjerne skulle ha hatt med flere enn bare en, blant annet for å kunne sammenligne erfaringer og behov å tvers av ulike regioner.

Det endelige utvalget omfatter kommunene Bodø, Hamar (med deltakelse fra Sør-Odal gjennom GIS-samarbeid), Kristiansund, Sirdal, Ringebu, Moss og Aurskog-Høland, samt Innlandet fylkeskommune (). Sirdal var med i innledende runder i workshopene, men vi gjennomførte ikke gruppeintervju med dem. Lillehammer kommune deltok i et innspillsmøte i regi av KS, med kommunedirektøren og fagperson innenfor GIS. Sistnevnte ble også rekruttert til å delta på brukertest av Proof-of-Concept (se 2.3).



Figur 2 Oversiktskart over deltakerkommuner og fylkeskommune. Kilde: Norkart

Til tross for utfordringene med rekruttering, mener vi at deltakerkommunene og fylkeskommunen som ble rekruttert til prosjektet samlet sett representerer en god variasjon i geografi, sentralitet og størrelse. Gjennom workshop, gruppeintervju og brukertester har vi erfart at en rekke tema og problemstillinger har gått igjen på tvers av kommunene.

2.1.2 Digitale workshoper

Workshop 1 ble gjennomført digitalt via Teams i to omganger. 18. november 2025 deltok til sammen åtte representanter fra kommunene Ringebu, Hamar, Sør-Odal og Kristiansund, mens til sammen 13 deltakere fra kommunene Bodø, Moss, Sirdal, Aurskog-Høland og Innlandet fylkeskommune deltok den 20. november 2025. Formålet var å identifisere områder der bruk av satellittdata kunne gi størst nytte eller forbedringer i kommunenes arbeid, spesielt innen miljøovervåking, planlegging, beredskap og krisehåndtering.

Vi fikk flere innspill og diskusjonen dreide seg om hvilke behov og utfordringer kommunene/fylkeskommunen stod i, hvordan de arbeidet med data per dags dato, og hvordan det kunne være aktuelt å bruke satellittbasert informasjon som supplement eller erstatning for dagens datakilder. Diskusjonene fra Workshop 1 ble deretter brukt som grunnlag for å gå videre inn i gruppeintervjuer med hver enkelt kommune og fylkeskommune, med et enda tydeligere fokus på deres spesifikke og kontekstuelle utfordringer og behov.

Workshop 2 ble også gjennomført digitalt via Teams i to omganger. 15. januar 2026 deltok til sammen 10 representanter fra kommunene Ringebu, Kristiansund, Hamar, Aurskog-Høland, Moss og Innlandet fylkeskommune. 16.januar deltok til sammen 16 representanter fra kommunene Bodø, Sirdal, Kristiansund, Sør-Odal, Aurskog-Høland og Innlandet fylkeskommune.

Formålet med workshop 2 var å presentere og diskutere foreløpige funn fra Workshop 1 og fra gruppeintervjuene (se kap. 2.3.1), samt å gi deltakerne en oversikt over hvilke satellittdata og satellittbaserte produkter som faktisk finnes tilgjengelig i dag. Diskusjonene i Workshop 2 dreide seg i stor grad om forholdet mellom deltakernes uttrykte behov og de faktiske mulighetene som ligger i eksisterende satellittdata og satellittbaserte tjenester. Workshopen fungerte dermed som en viktig kobling mellom behovskartleggingen i prosjektets tidlige fase og det videre arbeidet med å utvikle og avgrense en mulig visualiseringsløsning.

Både i Workshop 1 og i gruppeintervjuene som ble gjennomført i etterkant, opplevde vi at det var nødvendig å bruke en del tid på å forklare nærmere både hva KPI-er er og hva satellittdata kan bidra med i planlegging, miljøovervåking og beredskap. I tillegg var enkelte av de som hadde blitt invitert til workshopen usikre på om de hadde noe å bidra med når det gjaldt bruk av satellittdata, siden dette ikke var noe de jobbet direkte med. Her forsikret vi om at vi ikke var på utkikk etter ekspertkunnskap, og at det nettopp var deres synspunkter og tanker vi var ute etter for å forstå behovene i kommunene og fylkeskommunene.

I etterkant av Workshop 2 sendte vi ut en kort spørreundersøkelse på e-post til deltakerne via Nettskjema. Formålet var å få en samlet vurdering av hvilke av de utvalgte temaene som ble opplevd som mest interessante og relevante for kommunenes og fylkeskommunens behov. Utvalget av temaer var basert på innspill fra gruppeintervjuene og workshopene, kombinert med en faglig vurdering av hvilke

temaer satellittdata egnet seg for. Undersøkelsen fikk totalt 11 svar, og resultatene ble brukt som grunnlag for videre prioritering av KPI-er og utvikling av prosjektets Proof of Concept.

2.1.3 Gruppeintervjuer med deltakerkommuner og fylkeskommune

Sju gruppeintervjuer, med flere deltakere fra samme kommune/fylkeskommune i hvert intervju[2], ble gjennomført høsten 2025 i perioden 24. november, siste 15. desember. Totalt deltok 29 personer på intervjuene, med en overvekt av planleggere og rådgivere innen areal- og samfunnsplanlegging, klima og miljø (14 personer), og fagfolk innenfor GIS (6) og kart og oppmåling (3). Kun to personer som jobbet direkte med beredskap deltok. Se oversikt over deltakerne i Tabell 1 under.

Tabell 1. Oversikt over deltakernes fagbakgrunn og ansvarsområder

Rolle/arbeidsoppgaver	Antall
Planlegger (arealplanleggere, klima/miljø rådgiver)	14
GIS fagperson	6
Kart og oppmåling, fagperson	3
Beredskapskoordinator	2
Kommunedirektør	1
Andre	3
Totalt	29

Intervjuguiden (se Vedlegg 1) la opp til åpne spørsmål om dagens bruk og erfaringer med satellittdata, kunnskapsbehov og potensial, og om barrierer og forutsetninger. Dette for å muliggjøre mer utfyllende refleksjoner i mindre grupper enn i Workshop 1, og får frem refleksjonene til den enkelte kommune/fylkeskommune. Det var stor variasjon i hva deltakerne svarte og reflekterte over ut ifra hvilke arbeidsoppgaver og roller de hadde i sin kommune/fylkeskommune. Det viste seg også å være positivt å samle folk med ulike fagkompetanser fra samme kommune slik at de fikk utvekslet erfaring om ulike temaer knyttet til miljøovervåking, planlegging og beredskapsarbeid. Etter første intervju med Moss kommune la vi også til et spørsmål om bruk av satellittdata og visualiseringer opp mot folkevalgte og eventuelle mulighetene dette kan gi i forbindelse med politisk saksbehandling. Dette ble gjort for å oppmuntre til flere refleksjoner rundt bruk av satellittdata.

Gruppeintervjuene ble tatt opp via Teams og deretter transkribert ved hjelp av UiOs Autotekst-tjeneste, som benytter automatisk talegjenkjenning. Deretter ble transkriberingene gjennomgått, og hovedfunnene i hvert av gruppeintervjuene

[2] En GIS-fagperson fra Sør-Odal kommune deltok i gruppeintervjuet med Hamar kommune, engasjert gjennom Hedmark-Kart samarbeidet sammen med GIS-fagansvarlig på Hamar.

oppsummert. Videre har vi sammenlignet interessante funn på tvers av deltakerkommunene og fylkeskommunene, med særlig blikk på forskjeller og likheter.

Sitateksemplene i kapittel 3 er ikke direkte sitater, men transkriberte sitater fra gruppeintervjuene. Hensikten er ikke å gjengi den korrekte ordlyden, men å få fram meningen som deltakerne uttrykte.

2.2 Metode og data for å identifisere miljøvariabler

Vi benyttet en eksplorativ tilnærming for å identifisere aktuelle KPI-er som kunne beregnes eller avledes ved bruk av satellittdata. Arbeidet bygget på en gjennomgang av litteratur, nettsider og eksisterende satellittbaserte kart- og analysetjenester med relevans for prosjektets tre hovedområder: miljøovervåking for planlegging, beredskap og krisehåndtering. Kartleggingen omfattet både europeiske og nasjonale datakilder, operative tjenester og forskningsbaserte produkter som helt eller delvis bygger på satellittdata. Gjennomgangen resulterte i en oversikt over relevante satellittdata, sensorer, karttjenester og miljøvariabler, samt tilhørende metadata om blant annet oppløsning, oppdateringsfrekvens og bruksområder. Informasjonen ble samlet i et tabell-basert arbeidsgrunnlag som ble delt med en intern referansegruppe bestående av forskere og fagpersoner med ekspertise innen satellittdata og jordobservasjon.

Resultatet er samlet i Vedlegg 3, der produktene er gruppert etter hovedanvendelse og beskrevet med hensyn til innhold, sentrale egenskaper og eksempler på indikatorer og bruksområder. Tabellen inneholde en kolonne «Eksempler på KPI-er og anvendelser», som viser eksempler på indikatorer og analyseformål som de ulike produktene kan støtte. KPI-ene må i mange tilfeller beregnes eller avledes gjennom videre analyse, og er ikke nødvendigvis tilgjengelige som ferdige produkter. Oversikten over satellittproduktene er heller ikke uttømmende, men illustrerer bredden i tilgjengelige satellittbaserte produkter og hvordan de kan bidra til å dekke ulike kommunale kunnskapsbehov.

Referansegruppen vurderte hvilke KPI-er og miljøvariabler som var mest relevante og godt egnet for ulike kommunale kunnskapsbehov, inkludert hvilke temaer som egnet seg for satellittbasert overvåking alene og hvilke som krevde kombinasjon med andre datakilder. De utvalgte KPI-ene og temaområdene ble deretter presentert og diskutert med deltakerne i prosjektets to workshoper. Dette som grunnlag for videre prioritering og utvikling av prosjektets Proof of Concept.

I forkant av Workshop 1 for representanter fra deltakerkommunene og fylkeskommunen identifiserte vi en rekke KPI-er som kunne være aktuelle for å forbedre norske kommuners kunnskapsgrunnlag innen miljøovervåking/planlegging, beredskap og krisehåndtering.

2.3 Metode og data i utarbeidelse av PoC

Utviklingen av en visualiseringsløsning, en såkalt Proof-of-Concept (PoC), bygger på arbeidet i Del 1 og 2 av prosjektet. Gjennom disse aktivitetene fikk vi mange innspill fra deltakerne om hvilke utfordringer kommunene og fylkeskommunen ønsker å bruke satellittdata til å løse, hvilken type e informasjon som oppleves som mest relevant, og hvordan en operativ løsning bør fungere i arbeidshverdagen. På bakgrunn av innspillene ble de ulike temaområdene som kommunene og fylkeskommunen løftet fram vurdert opp mot både behov og satellittdataenes egnethet, og avgrensninger ble tatt.

Arbeidet fokuserte videre på hvordan data og indikatorer kunne sammenstilles til analyser og visualiseringer som er enklere å bruke i praksis. PoC-en ble utviklet som en demonstrator for hvordan slike data kan omsettes til indikatorer, tidsserier, geografiske analyser og forenklede visualiseringer tilpasset kommunal arbeidshverdag.

Målet har ikke vært å utvikle enda en separat innsynsløsning eller et nytt operativt fagsystem, men å undersøke hvordan satellittdata og relaterte datakilder kan bearbeides, operasjonaliseres og presenteres på en måte som senere kan integreres som indikatorer og beslutningsstøtte i eksisterende arbeidsflater og systemer.

Arbeidet har derfor omfattet både utvikling av visualiseringskonsept og underliggende dataflyter for innhenting, prosessering, sammenstilling og videre bruk av data. Samtidig ble PoC-en utviklet med tanke på at samme metodikk senere skal kunne videreføres til andre temaområder og indikatorer.

2.3.1 Brukerinvolvering og brukertesting

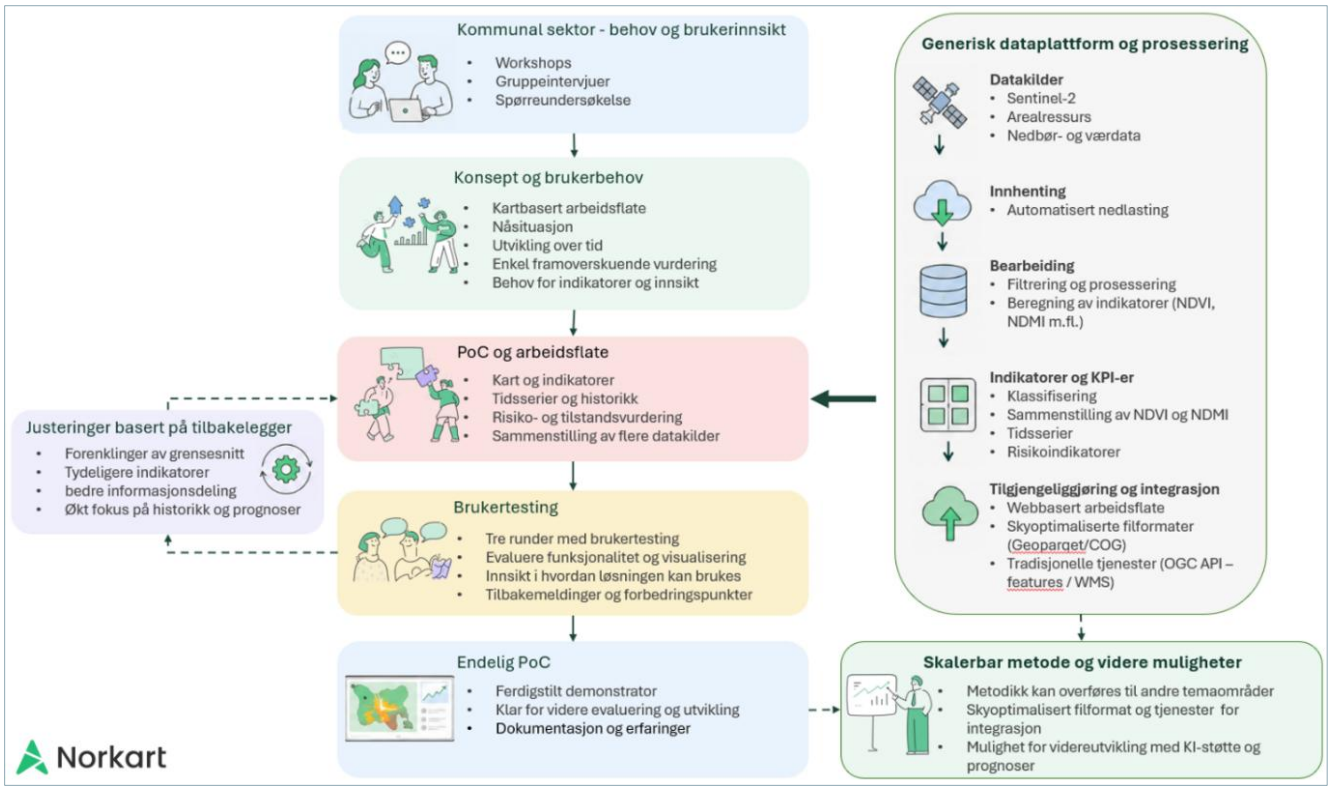
Utviklingen av PoC-en skjedde iterativt med brukerinvolvering gjennom hele prosjektperioden. Innspill fra workshops, gruppeintervjuer og spørreundersøkelse dannet grunnlaget for valg av temaområde, funksjonalitet og visualiseringsform. Et første konsept og en tidlig versjon av PoC-en ble utviklet og deretter testet sammen med brukere fra kommunal sektor.

Det ble også gjennomført to runder med brukererfaringer (UX) - og designarbeid for å forenkle uttrykk og visualiseringer og oppnå best mulig brukeropplevelse. Et bevisst valg i arbeidet var å fokusere på hvilken kunnskap og situasjonsforståelse løsningene kunne gi brukerne, framfor å synliggjøre tekniske detaljer om satellitter, sensorer eller datakilder. Målet var å gjøre informasjonen raskere å forstå og mer relevant i praktiske arbeidsprosesser og beslutningssituasjoner.

Det ble gjennomført tre runder med individuell brukertesting underveis i utviklingsarbeidet. Disse fant sted i uke 15, 2026, med en beredskapsansvarlig fra Bodø kommune, en fagperson innenfor GIS fra Lillehammer kommune, og en planlegger fra Kristiansund kommune. Testene hadde som mål å undersøke hvordan løsningen fungerte i praksis, hvilken type informasjon og typer av visualiseringer som

opplevdes som mest relevant(e), og hvordan løsningen kunne støtte kommunale arbeidsprosesser.

Tilbakemeldingene fra brukertestene ble brukt aktivt i videreutviklingen av løsningen. Etter flere iterasjoner og videre utvikling ble den endelige PoC-en ferdigstilt som en demonstrator for videre evaluering og utvikling. Figur 3 under viser en overordnet oversikt over utviklingsprosessen for PoC-en, fra brukerinnsikt og konseptutvikling til databehandling, brukertesting og ferdig demonstrator.



Figur 3. Oversikt over utviklingsprosessen for PoC-en, inkludert brukerinnsikt, databehandling, brukertesting og videreutvikling. © Norkart

2.4 Metode og data for utvikling av anbefalinger

Anbefalingene ble jobbet frem ved å se på funnene fra Del 1-3 av prosjektet, med vekt på interaksjonene med deltakerkommunene og fylkeskommunen. Et utkast be utarbeidet og presentert for deltakerne på den siste workshopen (Workshop 3) som ble gjennomført 12. mai 2026. Åtte personer fra fem kommuner deltok; Ringebu, Bodø, Kristiansund, Lillehammer og Aurskog-Høland.

Under Workshop 3 presenterte vi kort våre overordnede funn og utkast til fire anbefalinger for å muliggjøre økt bruk av satellittdata i kommunal sektor. Vi tok runden slik at alle fikk mulighet til å komme med sine synspunkter.

Vi sendte også ut en presentasjon med anbefalingene våre via epost i etterkant til alle deltakerkommunene og fylkeskommunen. Dette for å muliggjøre skriftlige

tilbakemeldinger. I etterkant av Workshop 3 jobbet vi på tvers av prosjektteamet med å formulere våre konkluderende anbefalinger.

2.5 Oppsummering

I dette kapittelet har vi presentert kombinasjonen av metoder vi har brukt i prosjektet. Del 1 startet med en eksplorativ tilnærming der litteratur, eksisterende tjenester og relevante datakilder ble gjennomgått for å identifisere aktuelle indikatorer (KPI-er) og typer satellittdata. Disse ble systematisert og vurdert på tvers av prosjektteamet før de ble diskutert videre i workshop med deltakerkommuner og fylkeskommunen.

Videre ble det gjennomført en kvalitativ studie basert på dialog med seks kommuner (sju etter hvert) og en fylkeskommune som ble valgt for å representere variasjon i geografi, størrelse og lokale utfordringer. Her kombinerte prosjektet digitale workshoper og gruppeintervjuer for å få innsikt i deltakernes behov, erfaringer, og opplevelser av både barrierer og muligheter. Workshopene ga breddeinnsikt og identifiserte sentrale temaer, mens gruppeintervjuene ga mer dybdeforståelse av lokale kontekster og praksis. Intervjudataene ble transkribert og analysert for å identifisere hovedfunn.

Innsikten fra aktivitetene ble grunnlaget for utviklingen av en Proof of Concept (PoC) gjennom en iterativ prosess. Løsningen kombinerte satellittdata i form av indikatorer, analyser og visualiseringer, og ble testet i flere runder med brukere fra kommunal sektor. Tilbakemeldinger fra brukertestene ble brukt aktivt for å forbedre visualiseringsløsningen underveis.

Til slutt ble funnene fra hele prosjektet sammenstilt, og utkast til konkluderende anbefalinger ble diskutert med deltakerkommunene i en avsluttende workshop som også ga innspill til videreutvikling. Dette dannet grunnlaget for PoC-en og de endelige anbefalingene som dokumenteres i denne rapporten.

3. Erfaringer og utfordringer med å ta i bruk satellittdata i kommunal sektor

Dette kapittelet beskriver resultatene og lærdommene som kom frem i workshopene og gruppeintervjuene vi hadde med fagpersoner i deltakerkommunene Moss, Ringebu, Hamar (med Sør-Odal), Bodø, Kristiansund og Aurskog-Høland, og Innlandet fylkeskommune. Først gjør vi rede for casekommunene og fylkeskommunens bruk og erfaringer med satellittdata; hvilke tanker de har om hva satellittdata kan hjelpe dem med i deres daglige arbeid, og hvilke barrierer som finnes og forutsetninger som må på plass for å øke bruken av satellittdata og satellittdatatjenester i kommunal sektor.

3.1 Dagens bruk og erfaringer med satellittdata

I Workshop 1 ba vi alle deltakerkommunene og fylkeskommunen fortelle om dagens situasjon og erfaringer med bruk av satellittdata. Gjennomgående ble det pekt på behovet for bedre og mer oppdatert kunnskap i kommunale beslutningsprosesser, og at satellittdata her kan bidra med hyppigere oppdateringer, større geografisk dekning og mulighet for å analysere endringer over tid. Dette ble spesielt trukket frem innenfor tema som flomutvikling, snøsmelting, vegetasjonstilstand, arealbruk og ulovlige naturinngrep og utbygginger. Spesielt ble fordelen ved å kunne følge utvikling kontinuerlig og avdekke trender tidligere trukket frem, i kontrast til dagens praksis med flyfoto som oppdateres sjeldnere og som er dyrt for kommunen å produsere.

Innen beredskap og krisehåndtering ble det nevnt at satellittdata kan gi bedre situasjonsforståelse både før, under og etter hendelser som flom, skred, brann og ekstremvær. Deltakerne i workshopen pekte på behovet for både prediksjon, sanntidsoversikt under hendelser og dokumentasjon i etterkant, og at satellittdata kan brukes til beslutningsstøtte i krisesituasjoner og i evaluering og læring etter hendelser. Samtidig var det andre som hadde en mer nyansert vurdering av nytteverdien innen planarbeid: Noen stilte spørsmål ved om satellittdata gir tilstrekkelig merverdi sammenlignet med eksisterende høyoppløselige flybilder. Dette illustrerer at vurderinger av potensiell nytteverdi ved økt bruk av satellittdata varierte mellom ulike fagområder. Når det kom til å identifisere tematiske områder og KPI-er der bruk av satellittdata kan gi størst nytte eller forbedringer i kommunenes/fylkeskommunenes arbeid, ble miljø- og naturforvaltning fremhevet som et sentralt bruksområde i begge workshopene. Tema som ble det trukket fram var overvåking av skoghelse (som barkbilleangrep), økosystemer, vannmiljø og kystforhold, samt å bruke satellittdata som grunnlag for utvikling av natur- og arealregnskap.

Et gjennomgående tema i diskusjonene var at nytteverdien av satellittdata vil øke dersom de kan kombineres med andre datakilder. Integrasjon i eksisterende systemer, som GIS, beredskapsløsninger og digitale tvillinger, ble pekt på som avgjørende for praktisk nytte. Flere løftet også frem potensialet i å koble satellittdata

med kunstig intelligens for å lage prognoser og automatiserte analyser. Samtidig identifiserte flere av deltakerne klare barrierer for bruk, da særlig mangel på kompetanse og kapasitet i kommunene, spesielt i mindre kommuner. Mange etterspurte ferdig bearbeidede dataprodukter og brukervennlige tjenester fremfor rådata, samt bedre oversikt over hvilke satellittdatasett som finnes tilgjengelig. Behovet for en datakatalog, standardiserte løsninger og enkle tilgangsformer, som via API-er, gikk igjen. Et hovedpoeng var at for å øke bruk av satellittdata er det nødvendig at de presenteres på en måte som gjør dem lett tilgjengelige i arbeidshverdagen for ikke-eksperterog direkte nyttige i pressede beredskapssituasjoner der tida er knapp. Samlet sett pekte innspillene og diskusjonene fra de to workshopene på at deltakerne så potensialet for at satellittdata kan styrke kommunenes og fylkeskommunenes kunnskapsgrunnlag på tvers av fagområder, men at dette forutsetter bedre informasjon, tilrettelegging, kompetansebygging og brukervennlige løsninger.

Gjennom de syv gruppeintervjuene bygde vi videre på innsiktene fra Workshop 1 og undersøkte nærmere hvordan deltakerne bruker satellittdata i dag, samt hvilke erfaringer de har innen miljøovervåking, planlegging og beredskap i sin kommune eller fylkeskommune.

Det ble fort tydelig at flere spørsmål som omhandlet dagens bruk og erfaringer var mindre relevante fordi de fleste ikke benyttet seg av satellittdata i deres nåværende arbeid. Selv om det var eksempler på at enkeltpersoner i kommunene og fylkeskommunen hadde noe erfaring med satellittdata og/eller kjennskap til ulike typer og datakilder, hadde de fleste ikke brukt satellittdata direkte selv. Det ble også påpekt at man ikke nødvendigvis sjekket om kilden til et fagdatasett opprinnelig kom fra satellittdatakilder, og følgelig kunne man ha brukt satellittdata indirekte. Et viktig funn helt fra begynnelsen av har derfor vært behovet for både mer informasjon og kompetanse om satellittdata, og at kommunene og fylkeskommunene ikke nødvendigvis innehar kompetansen som trengs for å kunne si hva som er nyttig og ikke når det kommer til satellittdata og satellittdatatjenester, illustrert gjennom følgende sitat:

> Vi må få oversikt over hva som finnes. Hvis man ikke vet hva som finnes, vet man heller ikke hva man kan spørre om eller hva som er mulig å hente ut. Kanskje en opplæring i hva som finnes og hvordan det kan brukes er nødvendig, hvordan det er nyttig for oss. [Fagleder, Bodø kommune]

På tvers av de ulike kommunene og fylkeskommunene ble det etterspurt mer informasjon om hva satellittdata kan brukes til, hvilke satellittdata som finnes tilgjengelig, og en enkel og tilgjengelig oversikt over dette. Alle som deltok, var interessert i mulighetene satellittdata gir og uttrykte at de hadde lyst til å lære mer. Når det gjaldt dagens databruk påpekte flere at behovene for oversiktsbilder i arealplanleggingen dekkes av flyfoto. Under følger noen eksempler på dette fra flere av deltakerkommunene og fylkeskommunen:

> Det er lite bruk av satellitter fordi vi har såpass gode områdebilder, og vi sitter med samme kartgrunnlag som statsforvalter, NVE og andre aktører. [Beredskapskoordinator, Ringebu kommune]

> Vi bruker for det meste Kartverket og flyfoto, og så har vi private reguleringsplaner for saksbehandling. Det kan hende at de har brukt satellittbilder, men stort sett bruker de kommunens kartgrunnlag som baserer seg på flyvinga vår. [Planlegger, Kristiansund kommune]

> Med flybilder får du bedre detaljerte bilder. Når det kommer ned på konkrete plansaker da er det flybilder, skråfoto, som er det gode hjelpemiddelet, ikke satellitt. [Planlegger, Innlandet fylkeskommune]

Likevel ble begrensningene ved flyfoto også fremhevet i gruppeintervjuene, særlig med tanke på at det kan være flere år mellom hver gang kommunen får tatt flyfoto, i noen tilfeller hvert fjerde år eller sjeldnere. Dette betyr også at kommunene har begrensede historiske data å kunne sammenligne med. Flere pekte videre på økonomiske og praktiske fordeler, ettersom satellittdata kan bidra til å fylle oppdateringsgapet mellom kartlegginger og redusere behovet for hyppig og kostbar flyfotografering. Dette er særlig relevant i en situasjon med begrensede ressurser og økende behov for oppdatert kunnskap. Samtidig var det et tydelig funn fra både workshopene og på tvers av gruppeintervjuene at det er et stort behov for at dataene blir bedre tilrettelagt, enten gjennom ferdige analyser, visualiseringsløsninger eller integrasjon i eksisterende systemer.

3.1.1 For grov oppløsning på tilgjengelig satellittdata

Blant informantene som hadde erfaring med satellittbilder og satellittdata ble blant annet *Copernicus Browser* [3] trukket frem. Likevel påpekte flere at på grunn av den grove oppløsningen var disse dataene ikke nyttig i deres faktiske arbeid. For eksempel trakk en GIS-koordinator, som gir støtte inn i prosesser knyttet til veivedlikehold, frem at satellittdata har for grov oppløsning til å kunne brukes inn i konkrete plansaker og at de derfor heller bruker flyfoto og godkjente offentlige kartgrunnlagdatasett:

> Sentinel-2 har vi tilgang til, men oppløsningen er for grov til bruk på kommunalt nivå. Vi jobber mer detaljert. Det handler om å få tak i data med god nok kvalitet. Vi er ikke på det store bildet. Det krever også kunnskap og kapasitet – både maskiner og folk. Det er ikke bare å laste ned satellittdata og begynne å jobbe med dem. Det er en stor utfordring. [GIS-fagperson, Hamar kommune]

En annen informant med GIS-bakgrunn påpekte det samme:

[3] https://browser.dataspace.copernicus.eu/

> Den store fordelen med satellitt er at du har bilder nesten daglig, flere ganger i uka. Men jeg har ikke sett hvordan vi kan bruke det på det nivået jeg jobber med, som er under strategisk nivå. For oss gjelder flyfoto med 10 cm eller 7 cm oppløsning. Høy oppløsning opp mot 25 cm gjør at vi kan identifisere forskjell på en varebil og en personbil. Det er den typen detaljer folk ønsker. [Fagperson, Moss kommune]

Oppløsningen på satellittbildene og satellittdata ble av flere nevnt som for dårlig når det kommer til det faktiske arbeidet som gjøres, for eksempel innen arealplanlegging. Selv om flyfoto ofte bare oppdateres hvert andre til fjerde år, opplever de fleste at detaljeringsgraden i disse bildene dekker behovene de har i det daglige arbeidet. I tillegg nevnte flere at de har liten intern kompetanse i kommunen til å tolke og bruke satellittdata. Blant casekommunene finnes det enkeltpersoner som har slik kompetanse, men dette er ikke satt i system eller nødvendigvis formalisert i stillingene som disse personene har i kommunen i dag.

3.1.2 Mange datakilder, mye informasjon og få ressurser

I gruppeintervjuene ga flere uttrykk for at de har mange datakilder og mye informasjon som de må forholde seg til og at satellittdata og satellittdatatjenester vil øke behovene for å tolke, behandle og formidle slik informasjon:

> Generelt så pålegges kommunene altfor mye og det blir ekstremt individuelt om vi skal begynne å bearbeide og analyses data selv. En liten kommune kan ha en person som er superinteressert i satellittdata, mens en stor kommune kan ha folk som ikke prioriterer det. Jo mer vi er avhengige av at folk på laveste nivå skal være eksperter, jo større blir forskjellene mellom kommunene. En ferdig bearbeidet standardpakke kan implementeres hos flest mulig kommuner på en enkel måte. Det handler ikke om at folk ikke er flinke, men om interesse og kapasitet. Uten tilrettelegging risikerer man at kommuner går glipp av muligheter. [Fagperson GIS, Moss kommune]

Et gjennomgående funn fra gruppeintervjuene var at det etterlyses mer kunnskap om hvor man finner satellittdata og hvordan man skal tolke og bruke disse. Eksempelet under uttrykker utfordringene med mye data og få ressurser til å utnytte dem:

> Hva er dette? Hva er kvaliteten? Hva kan vi forvente? Det må vi vite for å se om dataene dekker våre behov. Vi er i stor grad på bar bakke. Vi kan ta inn data, men har begrensede ressurser i kommunene. Det vi egentlig vil er å bygge tjenester. Jo mer tilrettelagt dataene er for ferdig bruk, desto bedre. Hvis vi må ta inn store mengder rådata og bearbeide dem for å lage en tjeneste har vi ikke tid eller folk til det. [GIS-fagperson, Hamar kommune]

Funnene her samsvarer med annen norsk forskning og utredninger som viser at kommunesektoren ofte har begrenset kapasitet og økonomiske rammer til å utvikle og anvende avanserte data- og analysetjenester selv (SSB, 2023; Digdir, 2025; Kjæreng et al., 2024; Danilova et al., 2024). Eksempelvis påpekte

Generalistkommuneutvalget (NOU 2023:9) at spesielt små distriktskommuner står i en vedvarende ressursklemme, der få ansatte må dekke et bredt spekter av fagområder og oppgaver. Dette gjør det utfordrende å prioritere kompetansebygging innen nye teknologier, slik som bruk av satellittdata. Flere av informantene beskrev hvordan mangel på både tid, teknisk kompetanse og økonomiske midler fører til at de i stor grad er avhengige av eksterne aktører, statlige etater eller ferdig bearbeidede produkter for å kunne ta i bruk slike datakilder. Mangel på tid, kompetanse og dedikerte stillingsressurser gjør at store mengder potensielt nyttige geodata og satellittdata forblir underutnyttet. Interessant nok hadde en av de minste kommunene i vårt utvalg, Ringebu kommune, mange ressurser på kart, oppmåling og GIS, samt en droneansvarlig fagperson. Likevel understreker funnene våre at det er et behov for bedre tilrettelagte, «ferdigpakkede» datatjenester, klare kvalitets- og bruksbeskrivelser og støttestrukturer som kan hjelpe kommunene å omsette rådata til operativ kunnskap i arbeidet med samfunnssikkerhet og beredskap.

Flere av våre informanter oppga at de har lite kunnskap om satellittdata, hva og hvor man finner dette og hva det kan brukes til, og at det først og fremst trengs mer kunnskap og kompetanse om nytteverdiene for å øke bruk av satellittdata. Noen ønsket å ha mulighet til å laste ned rådata lokalt for å kunne utforske satellittdata slik at de selv fikk bedre oversikt over hva som finnes og hva som kunne være nyttig i den spesifikke kommunen. Likevel meldte de fleste at de ønsker ferdig behandlet data som kan nyttiggjøres umiddelbart, for eksempel ved en krisehendelse. Informantene understreket også betydningen av å redusere avhengigheten av enkeltpersoner med spesialisert kompetanse, da dette innebærer en betydelig sårbarhet i krisesituasjoner hvor nøkkelpersonell kan være utilgjengelig eller hvor digitale infrastrukturer, som nettforbindelsen, kan være ute av drift.

3.2 Hvilke behov kan satellittdata dekke for kommuner og fylkeskommuner?

Til tross for at de færreste av representantene for deltakerkommunene oppga at de aktivt bruker satellittdata, meldte alle om et stort informasjonsbehov som satellittdata kan være med på å fylle. Siden de fleste hadde begrenset kunnskap om satellittdata og faktiske bruksområder spurte vi mer utforskende om hva de skulle ønske de hadde hatt mer informasjon om, og hva de kunne tenke seg at satellittdata kunne bidratt med konkret inn i deres daglige arbeid.

Muligheten for å følge endringer over tid ble trukket fram som et potensielt viktig bruksområde der satellittdata kan utgjøre en betydelig forskjell. Sitatet under illustrerer flere av fordelene med nettopp dette:

> Vi trenger helhetlige datasett som kan brukes til arealregnskap og måling over tid. Endring over tid er nøkkelen. Det krever mange ulike datakilder og gir store datamengder. I beredskap er det også nyttig å ha god bildekvalitet, både for beredskap og utbygging. For eksempel kunne man

> brukt satellittbilder for å følge et større utbyggingsområde visuelt.
> [GIS-fagperson, Hamar kommune]

I gruppeintervjuene ble satellittdata som viser ending over tid spesielt trukket frem som relevant for temaer knyttet til pågående klimaendringer og havnivåstigning langs kysten, der jevnlige og sammenlignbare observasjoner er avgjørende for å kunne vurdere risiko, planlegge tiltak og prioritere ressurser. Visualisering av slike tidsserier kan samtidig brukes til å formidle endringer på en tydelig og forståelig måte til befolkningen, og dermed styrke både risikoforståelse og lokal forankring av eksempelvis klimatilpasningstiltak.

En deltaker i Bodø kommune løftet fram muligheten for at satellittdata kan hjelpe dem med å forbedre saksbehandlingen i kommunen fordi det gir oppdatert og forhåpentligvis bedre og mer pålitelig kunnskap og datasett. Hen så fordelen med at satellittdata også kan bidra til å redusere behovet for bruk av eksterne konsulenter til kvalitetssikring for eksempel innfor grunnboring, noe som er svært kostbart for kommunene.

Denne delen bygger på informantenes refleksjoner om hvilke typer målbare indikatorer satellittdata kan bidra til i samfunnsplanlegging, miljøovervåkning og beredskap. Vi bruker her betegnelsen KPI-er som en samlebetegnelse på slike indikatorer, selv om begrepet først defineres nærmere i kapittel 4.10. Formålet her er ikke å gi en teknisk gjennomgang av KPI-begrepet, men å vise hvilke behov, problemstillinger og mulige anvendelser deltakerne selv løftet fram i arbeidet sitt.

Det kom flere forslag på ulike satellittgenererte KPI-er både i Workshop 1 og i gruppeintervjuene (se 4.11, samt vedlegg 2). Da vi i gruppeintervjuene ba informantene tenke stort på hvilken tematikk de kunne se for seg å få satellittdata på, kom det mange ulike tanker og ønsker. I intervjuene forsøkte vi ikke å realitetsorientere informantene om hva som faktisk per i dag er mulig å måle og finne ut av ved hjelp av satellittdata, men det ble i noen tilfeller tydelig at ønskene og tankene om satellittdata hang sammen med begrenset kunnskap om satellittdata generelt og hva de faktisk kan brukes til spesielt(se 4.1). Likevel opplevde vi det som nyttig å ha en utforskende diskusjon for å undersøke kommunenes og fylkeskommunens ulike behov og hvordan informanter med ulik fagbakgrunn, ansvarsområder samt arbeidsoppgaver reflekterte og tenkte rundt bruk av satellittdata i den jobben de gjør til daglig. Flere områder og tema ble nevnt og i avsnittene under kommer en mer utfyllende beskrivelse med eksempler fra gruppeintervjuene strukturert rundt de tre områdene planlegging, miljøovervåking og beredskap som er sentrale for dette FoU-oppdraget, samt en oppsummering av andre bruksområder som ble identifisert av informantene.

3.2.1 Satellittgenererte KPI-er for areal- og samfunnsplanlegging

Samlet sett ga deltakerne i gruppeintervjuene utrykk for at satellittdata kan gi dem et viktig, men foreløpig delvis uforløst bidrag til areal- og samfunnsplanlegging, særlig

som et supplement til eksisterende data og metoder. Den største nytten de kunne se for seg var satellittdatas evne til å gi bedre oversikt over arealendringer over tid, større geografisk dekning og hyppigere oppdateringer enn tradisjonelle flyfoto. Flere pekte på at dagens beslutninger ofte baseres på enkeltstående bilder eller data levert av utbyggere selv, noe som kan gi et skjevt bilde av situasjonen. Med satellittdata fra ulike årstider og over lengre tidsserier vurderte kommunene og fylkeskommunen muligheter for i større grad selv kunne dokumentere terrengforhold, naturtilstand og utviklingstrekk. Dette anså de som relevant både til å, for eksempel, visualisere konsekvenser av utbygging og til å begrunne hvorfor enkelte arealer ikke bør bygges ned. Dette er illustrert i følgende sitater:

> Vi er såpass heldige at vi har nylig konstruerte høydedata i kommunen nå. Men alle ortofotoene våre blir tatt på sommeren. Å kunne bruke satellittdata fra forskjellige årstider til å lage gode terrengmodeller hadde vært nyttig. Særlig for å visualisere enda bedre hvorfor vi ikke burde bygge ned. Der sliter vi litt nå. Vi får stort sett illustrasjonene som utbyggerne vil at vi skal få. [Planlegger, Kristiansund kommune]

> Satellittdata kan være nyttig både for å identifisere områder som kan restaureres og også følge hvordan restaureringa går over tid. […] det er veldig mange av kommunene våre som er interessert i det samme. Og med tanke på tilgjengelighet: Restaurering er ikke så interessant å forfølge minutt for minutt, men med bilder over tid litt oftere, uten at man trenger å dra ut i felt, så kan man også se for seg at man klarer å overvåke litt mer og bedre på mer øde plasser. [Rådgiver, Innlandet fylkeskommune]

Videre ble det fremhevet at satellittdata kunne være særlig nyttig for å overvåke arealbruksendringer, få oversikt over grå arealer og følge opp planer etter at de er vedtatt. Flere så potensialet i å bruke satellittdata til å evaluere om planer og tiltak faktisk gir ønsket effekt, for eksempel om nedbygging av natur reduseres eller om restaurering og vern fungerer etter hensikten. Dette gjelder også oppfølging av ulovlige arealbruksendringer i strandsonen eller i landbruket. Det ble også trukket fram at det klimaendringer og havnivåstigning fører til raskere endringer som ikke kommer fram i kartgrunnlaget man sitter på i dag, og at satellittdata, med hyppigere oppdatering av informasjon, kan bli viktig for å oppnå kontinuerlig overvåking av risikoutsatte områder og endringer av kystlinjen i kystkommunene.

I et større samfunnsplanleggingsperspektiv ble det trukket fram at satellittdata kan bidra til å se sammenhenger på tvers av kommune- og fylkesgrenser. Dette er viktig for å forstå helhetlige økologiske sammenhenger, som hvordan sammenhengende naturområder ivaretas, arters bevegelser, men også for koordinering av større infrastrukturprosjekter, som beskrevet i følgende sitat:

> Hvis vi har en liten bit gammel skog kan den virke ubetydelig, men hvis den henger sammen med en større skog i nabokommunen er det vesentlig. Så vi må se helheten. Det er mange planleggingsspørsmål, og det er vanskelig å se hvordan vi skal bruke satellittdata på en god måte i dette. […] Dette handler også om hvordan arter beveger seg fra A til B når det er

> mye nedbygging. Dette kompliseres av at det avhenger av hvilken art vi snakker om. For eksempel, hvordan effekter er av gjerder som sette opp, som kan virke ulikt på ulike dyr. [Planlegger, Moss kommune]

Data med stor geografisk dekning, slik som satellittdata, ble identifisert av flere som viktig kunnskapsgrunnlag inn i kommuneplaner, og for å støtte flernivåstyring og bedre samordning mellom kommuner, fylker og statlige aktører. Samtidig ble det tydelig at nytteverdien vil variere mellom planfaglige oppgaver. Angående detaljert saksbehandling i enkeltsaker, ble flyfoto og skråfoto fortsatt vurdert som viktigst fordi de gir høyere oppløsning. Styrken til satellittdata ble i stedet tillagt storskala-analyser, tidsserier og automatisert behandling. I dette så flere potensialet i bruk av kunstig intelligens (KI) til å mer effektivt kunne analysere store datamengder og identifisere mønstre og trender som ellers er krevende å oppdage.

I tillegg pekte planleggerne på at kontinuerlig oppdaterte data kan gi bedre grunnlag for å utvikle mer treffsikre prognoser, noe som også etterspørres av de folkevalgte. Det ble også trukket frem at muligheter for varslingstjenester basert på satellittdata, for eksempel for terrengendringer og annen naturrisiko, kan gjøre planleggingen mer proaktiv og forebyggende. Informantene fremhevet også viktigheten av å kombinere satellittdata med andre datakilder, som dronedata, sensordata og eksisterende kartgrunnlag, og at dette til sammen vil kunne gi dem et mer helhetlig og oppdatert bilde av arealbruk og samfunnsutvikling.

Samlet sett identifiserte vi et stort behov for helhet, tidsserier og kontinuerlig oppdatering for bedre strategisk og langsiktig planlegging, noe satellittdata ble oppfattet å kunne bidra til, mens nytteverdien ble vurdert som mer begrenset i detaljerte enkeltsaker.

3.2.2 Satellittgenererte KPI-er med relevans for miljøovervåking

Når det kom til hvordan satellittdata kan ha verdi for kommunenes og fylkeskommunenes arbeid med miljøovervåking var det flere informanter som pekte på mulighetene for bedre dokumentasjon av naturtilstand, kontinuerlig oppfølging av endringer og muligheter for å analysere målinger og sammenhenger på tvers av geografiske områder og kommunegrenser, illustrert av følgende sitat:

> Per i dag har vi ikke målinger som gjelder forurensing som kommer via luft eller havstrømmer fra langt borte. Slik sanntidsinformasjon hadde vært nyttig for oss for å kunne håndtere det eller varsle de som trenger det, spesielt sensitive grupper som astmatikere, noe som er kommunens oppgave å gi informasjon om. Hovedmetoden vår i dag er å ta fysiske vannprøver, for eksempel i algevekstsesongen, for å kunne gi fraråding om bading til befolkningen. [Planlegger, Moss kommune]

Fra deltakerkommunene langs kysten ble også potensialet for å kunne bruke satellittdata til å få oversikt over omfang og spredning av utslipp via havstrømmer fremhevet:

> Mer detaljert kunnskap om havstrømmer er viktig for miljøhensyn, beredskap ved utslipp og redning [kystsoneplanlegging]. Hvis satellittdata

> kan gi dette ville det vært svært nyttig å vite hvor forurensinga er eventuelt går i land, med tanke på natur, fugler.
> [Fagperson byutvikling, Bodø kommune]

Det ble også påpekt at satellittdata kan være et viktig verktøy for å dokumentere naturverdier. Flere pekte på at kommunene ofte mangler tilstrekkelig dokumentasjon av naturtilstand, selv om kunnskap finnes lokalt. De så derfor potensialet for at satellittdata kan bidra til å stadfeste og synliggjøre naturverdier og dermed styrke kunnskapsgrunnlaget i miljøforvaltningen. Dette ble påpekt som særlig relevant i små kommuner der datagrunnlaget er svakt, og hvor det er behov for objektive og etterprøvbare data.

Et annet viktig aspekt som blir nevnt i gruppeintervjuene er muligheten for å analysere sammenhenger i større økosystemer: Natur stopper ikke ved kommunegrenser og sammenhengende habitater og arters bevegelsesmønstre må forstås i et helhetlig perspektiv. Med sin store geografiske dekning, ble det løftet frem at satellittdata kanskje kan bidra til å avdekke slike sammenhenger og gi bedre grunnlag for helhetlig økologisk planlegging, for eksempel i arbeidet med villreinforvaltning:

> Vi ser for oss mest satellittdata inn i vårt eget arbeid, som er areal- og naturregnskapsbiten, men også med andre regionale planer, særlig villreinplanene. Hva kan det brukes til der? Nå som vi skal iverksette tiltaksplaner og tiltak for villrein så går det utover allmennhetens bruk av områdene. Går det an å måle avtrykk av dette via satellittdata om noen år? Vårt avtrykk er vel egentlig stier og sånt, men er det mulig å se effekten av tiltak? [Samfunnsutvikler, Innlandet fylkeskommune]

Flere var nysgjerrige på om satellittdata kunne brukes til å overvåke naturinngrep og evaluere effekten av miljøtiltak, som for eksempel naturrestaurering. Ved å kunne følge utviklingen over tid kunne de kanskje vurdere om tiltak faktisk har ønsket effekt, for eksempel om restaurering gir bedre naturtilstand eller om restriksjoner på bruk av områder påvirker slitasje og ferdsel. Dette mente flere ville kunne gi grunnlag for mer kunnskapsbasert forvaltning og sørge for at dokumentasjonen som etterspørres er relevant, illustrert i sitatet under:

> Vi merker særlig på plan- og byggesak at vi har et ganske tynt kunnskapsgrunnlag som gjør at vi etterspør mye unødvendig dokumentasjon i og med at vi kun har aktsomhetssonene å gå etter, for eksempel mot flom, skred, steinsprang.
> [Planlegger, Kristiansund kommune]

Samlet sett identifiserte vi at deltakerne så et betydelig potensial for bruk av satellittdata i miljøovervåking. Særlig ble det trukket fram at satellittdata kan bidra til bedre dokumentasjon av naturtilstand, mer kontinuerlig oppfølging av endringer og tilgang til sanntidsinformasjon, for eksempel om forurensning via luft og havstrømmer. Dette ble sett på som et viktig supplement til dagens metoder som ofte er basert på punktvise og manuelle målinger. Det var også flere som fremhevet

mulighetene for å analysere sammenhenger på tvers av geografiske områder og kommunegrenser, noe som er viktig fordi natur og økosystemer ikke følger administrative inndelinger. Satellittdata kan dermed gi et mer helhetlig grunnlag for planlegging og forvaltning.

Flere av deltakerne pekte også på at satellittdata kan styrke kunnskapsgrunnlaget ved å synliggjøre og dokumentere naturverdier mer objektivt, særlig i kommuner med begrenset datagrunnlag. I tillegg var det stor interesse for å bruke slik data til å evaluere effekten av miljøtiltak over tid, for eksempel restaurering eller bruk av arealer.

Samlet sett viser funnene at satellittdata oppfattes som et nyttig verktøy for mer kunnskapsbasert, helhetlig og effektiv miljøforvaltning, men også som et supplement til eksisterende datakilder.

3.2.3 Satellittgenererte KPI-er med relevans for beredskapsarbeid

I gruppeintervjuene var det flere som pekte på et tydelig potensial for at satellittdata kan styrke kommunenes og fylkeskommunens beredskapsarbeid, særlig med tanke på muligheter for tilgang til sanntidsdata og kontinuerlig overvåking, tidligere varsling og en mer helhetlig situasjonsforståelse både før, under og etter en beredskapshendelse. Beredskapsansvarlig i Ringebu kommune fortalte at beredskapsarbeidet ofte er avhengig av øyeblikksbilder, for eksempel flyfoto tatt flere dager etter en flomhendelse. De ser potensialet for at satellittdata i stedet kan gi tidsserier som viser hvordan hendelser utvikler seg, både for store vassdrag og lokale situasjoner, noe som vil gi et bedre grunnlag for å forstå hendelsesforløp, identifisere utsatte områder og for å kunne dra lærdom av tidligere hendelser.

Videre var det flere som pekte på potensialet for tidligere og mer presis varsling ved bruk av satellittdata, kombinert med historiske erfaringer, værdata og kunstig intelligens. Dette kunne gitt kommunene mulighet til å iverksette forebyggende tiltak, som å rydde stikkrenner eller forberede kritisk infrastruktur, før en hendelse inntreffer. Slike proaktive varslingstjenester ved hjelp av satellittdata, inkludert varsler om terrengendringer, fremheves som særlig verdifulle.

Under pågående hendelser var det flere informanter som beskrev et behov for mer oppdaterte og lett tilgjengelige data som kan vise, for eksempel, flomutbredelse, terrengforhold eller utvikling i naturen i sanntid eller nær sanntid. Visualiseringer ble også ansett å kunne gi kommunen eller fylkeskommunen en bedre situasjonsforståelse, og slik inngå som viktig støtte for koordinering av ressurser og beslutningstaking, illustrert i følgende sitat:

> Visualisering er avgjørende for å vise effekter og konsekvenser, for eksempel ved stormflo eller brudd i havneinfrastruktur. Bodø bygger byen ut i havet og vi må ha beredskap deretter. Politikere er jo bare vanlige folk og har begrenset kunnskap så gode visualiseringer er et nødvendig verktøy. [Beredskapsansvarlig, Bodø kommune]

Flere nevnte også at til tross for at de ikke jobber direkte med beredskap så kan de bli innkalt til en beredskapsgruppe ved en beredskapssituasjon som berører deres fagområde og på den måten bli involvert i beredskapsarbeidet i kommunen. Derfor ble det igjen vektlagt at dataene må være integrert i brukervennlige løsninger for å være praktisk anvendelige for den som er på jobb når det haster.

Satellittdata ble også fremhevet som nyttige for dokumentasjon, analyse og læring i etterkant av hendelser fordi det ofte er i etterarbeidet at behovet for gode data er størst, eksempelvis i dialog med forsikringsselskaper eller ved evaluering av tiltak. Tidsserier av satellittbilder kan bidra til et mer objektivt og helhetlig bilde av hva som faktisk skjedde og hvilke konsekvenser hendelsen hadde, fremhevet av sitatet under:

> Det er ekstremt mye etterarbeid etter store hendelser som havner på kommunen. NVE dytter på kommunen for de har ikke ressurser til å kjøre sikringsprosjektene selv. Kommunen eier mye anlegg, som veier og bruer, og blir i økende grad pekt på av forsikringsselskapene som skjønner at de selv ikke har råd til å betale all erstatning. Det kan ofte bli et juridisk spørsmål: Var dette force majeure[4] eller burde vi ha skjønt at regnet kunne skade? Å ha en utvikling over en tidsserie vil være nyttig. [Beredskapsansvarlig, Ringebu kommune]

Et annet viktig beredskapsaspekt som blir nevnt i gruppeintervjuene er dekning i områder der annen infrastruktur svikter. I situasjoner med manglende mobildekning eller strømbrudd kan satellittbaserte løsninger gi økt robusthet i beredskapssystemene. Her sier flere at man ønsker mer integrerte løsninger slik som felles kartportaler for ulike aktører for å styrke samhandling og informasjonsdeling i beredskapssituasjoner.

Funnene fra gruppeintervjuene synliggjorde at deltakerkommunene og fylkeskommunen anser at satellittdata har stort potensial for å styrke beredskapsarbeidet gjennom bedre overvåking, tidligere varsling og økt situasjonsforståelse før, under og etter hendelser. Særlig trekker deltakerne frem verdien av sanntidsdata og tidsserier som kan gi bedre innsikt i hendelsesforløp og støtte mer proaktive tiltak. Det ble også pekt på behovet for oppdaterte og lett tilgjengelige data under beredskapshendelser, samt muligheten for bedre dokumentasjon og læring i etterkant. Samtidig understreket flere at nytten av satellittdata forutsetter at løsningene er brukervennlige, integrert i eksisterende systemer og tilpasset kommunenes og fylkeskommunens kapasitet.

3.2.4 Satellittdatas relevans for andre områder

På spørsmål om hvordan satellittdata kan bidra i kommunikasjon og involvering av de folkevalgte i kommunen mente flere at satellittdata og visualiseringer kan gi et viktig

[4] Særlige omstendigheter som ikke er under menneskelig kontroll og som det derfor på forhånd er klart at mennesker ikke kan avverge. Kilde: Lovdata

bidrag til bedre beslutningsgrunnlag, særlig fordi de oppleves som mer objektive og troverdige, illustrert i følgende sitat:

> Å finne gode indikatorer og bruke verktøyene til å måle objektivt er nyttig, og å se utvikling over tid. Det har vi ikke tall for i dag. Vi har tolket flyfoto manuelt i forbindelse med jordvernstrategi, men det er tidkrevende. Hvis vi kunne fått tall direkte ville det vært mye enklere og mer objektivt, og lettere å forsvare politisk enn skjønnsmessige vurderinger. [Arealplanlegger, Hamar kommune]

Flere vektla at informasjonen må være enkelt presentert, intuitiv og godt tilrettelagt, siden for mye eller for kompleks informasjon gjør det vanskelig å forstå hovedpoenget. Visualiseringer ble trukket frem som effektive for å hjelpe politikere og andre aktører med å forstå konsekvenser, sammenhenger og geografiske forhold, også på tvers av kommunegrenser. Enkelte håpet at satellittdata kan bidra til å synliggjøre helhetlige perspektiver og langsiktige effekter, illustrert i følgende sitat:

> Hvis det [satellittdata] kan fremstilles på en lettvint måte ved bruk av tabeller eller noe kakediagram, eller noe lett som politikere forstår, så tror jeg hadde revolusjonert verden litt. Til hjelp med å skrive politiske saker og få fram gode poeng, og at det er begrunnet i kunnskap som er helt oppdatert. Da tror jeg vi kunne belyst konsekvensene mye bedre enn det vi får gjort nå. Nå er det jo veldig mye uvitenhet, dessverre, selv om vi skal ha godt nok kunnskapsgrunnlag. [Arealplanlegger, Aurskog-Høland kommune]

Samtidig ble det pekt på utfordringer knyttet til både forståelse og bruk av kunnskap: Selv med gode data kan beslutninger påvirkes av politiske prioriteringer eller manglende vilje til å ta kunnskapen i bruk. Samlet sett viste våre funn at nytteverdien av satellittdata anses av deltakerne å avhenge av hvordan dataene presenteres, forstås og faktisk brukes i praksis.

3.3 Barrierer og forutsetninger for å bruk satellittdata

Deltakerne på gruppeintervjuene kom gjennomgående med flere eksempler på barrierer som hindrer økt bruk av satellittdata i deres daglige arbeid. Hovedtyngden av barrierer dreide seg omfaktisk og teknisk tilgang til satellittdata og behov for kompetanseheving, inkludert tid og ressurser til å kunne tolke og bruke disse inn i eksisterende arbeidsflater og prosesser.

En gjennomgående utfordring som ble løftet var at data er fragmentert, vanskelig tilgjengelig og spredt på mange systemer. Det ble fremhevet behov for å samle og integrere relevante data i kommunenes egne verktøy og kartløsninger, samt gjøre dem enklere å finne og bruke. Samtidig var det flere som oppga at de opplevde det som krevende å håndtere store datamengder, og at det var behov for automatisering og analyseverktøy (for eksempel KI) som kan gjøre dataene mer håndterbare og nyttige. Flere pekte også på omfanget av eksisterende data og informasjon, og at satellittdata på toppen av dette vil øke mengden informasjon som de må forholde seg til, illustrert i følgende sitat:

> En av de største barrierene [for å bruke satellittdata mer aktivt] er manglende oversikt og kompetanse til å sammenstille fragmenterte data fra mange ulike tjenester og spesialiserte nettsider. Vi trenger dataene tilgjengelig i ett eller to fagsystemer, ikke spredt over ti–tolv eller opptil femti systemer. [Fagleder, Bodø kommune]

Kompetanse og kapasitet var også sentrale utfordringer som ble løftet fram. Mange fortalte at de mangler oversikt over hvilke data som finnes og hvordan disse kan brukes, og at de i tillegg har begrenset tid til å sette seg inn i nye verktøy. En fagperson innenfor GIS mente at kommunen antagelig hadde tilgang på mer satellittdata enn det de hadde sjans til å forholde seg til. Dette illustrerer behovene både for kompetanse til å tilegne, behandle og bruke satellittdata, samt for ressurser: Å ha nok fagpersoner som har tid til å sette seg inn i data og informasjon, samt tilgjengeliggjøre disse for flere internt i kommunen.

Det var også store forskjeller i vurderingene av hva informasjonen fra satellittdata skal brukes til, alt fra planleggingsfasen til under og etter en akutt krisesituasjon. Det ble også løftet fram at brukergrensesnittet må være så tilgjengelig og enkelt å bruk som mulig. Det kan for eksempel ikke være sånn at man er avhengig av svært spesialisert kompetanse for å kunne tilegne seg data og informasjon når en kritisk situasjon oppstår. Data bør også kunne innlemmes i kommunens egen kartløsning og ikke plasseres eksternt, da dette vil redusere bruken. Dersom man blir for avhengige av spesialister blir man sårbare, noe følgende sitater illustrerer på en god måte:

> Når du jobber med arealplan kommer du borti alle fagområder, men vi har ikke spesialkompetanse på alt, heller ikke på å tolke satellittdata. […] Med dagens situasjon er det vanskelig for byggesak, arealplan eller miljø og klima å forholde seg til alt. Vi må hele tiden jobbe internt med å gjøre oss bevisste på hva som finnes [av data/informasjon].
> [Arealplanlegger, Hamar kommune]

> Det er viktig å skille mellom hva man trenger i en plansammenheng eller om man skal håndtere pågående hendelser. Dette har mye å si for hvordan grensesnittet skal være. Hvis løsningen krever at man er superbruker, vil det ikke fungere godt i praksis. [Beredskapsansvarlig, Bodø kommune]

Til tross for ulike roller og behov peker disse sitatene på det samme: Løsningene må være enkle å bruke, kreve begrenset spesialkompetanse og fungere i både normal drift og under akutte situasjoner. Felles for deltakerne var et tydelig ønske om praktiske verktøy som kan tas i bruk av flere enn én nøkkelperson og som dermed reduserer sårbarheten i kommunenes arbeid.

3.3.1 Et spørsmål om tid og ressurser

Økonomi og begrenset tilgang på ressurser ble av flere løftet som en viktig barriere, både når det gjelder anskaffelse av data og evne til å ta dem i bruk. Dette inkluderte

også flere praktiske og tekniske begrensninger, som oppløsning, værforhold og behov for å supplere med andre datakilder (som drone eller flyfoto), noe som er kostbart. Det ble blant annet trukket fram at under krevende værforhold kan optiske satellittbilder være påvirket av skyer og nedbør, for eksempel under en storflom:

> I dag får vi bare et øyeblikksbilde med flyfotografering og det kommer nesten alltid noen dager etter hendelsen. Skal vi bruke satellittbilder må vi ha kapasitet og tilgang til å bearbeide dem selv. De åpne bildene er ofte dekket av lavt skydekke og regn under flomhendelser. Da trenger vi en høyere frekvens og bearbeidede data. Så er det et pris- og tidsspørsmål. Nesten alt vi driver med er selvkostfinansiert.
> [Beredskapskoordinator, Ringebu kommune]

I tillegg ble kostnader og ressursbegrensninger fremhevet når det gjaldt kapasiteten kommunen hadde til å hente inn og analysere store datamengder selv. En deltaker poengterte at kommunen eier store arealer og har behov for mye data, men at de ikke alltid har ressurser i form av tid eller penger til å hente det inn. Ressursutfordringen og mulighetene for å faktisk følge opp den informasjonen som satellittdata gir ble godt illustrert i følgende sitat:

> Kart over grå arealer hadde vært helt gull. AR5[5] er jo som sagt ikke oppdatert, så det hadde gjort hverdagen til landbruket mye lettere hvis det var kontinuerlige arealbruksendringer man kan følge med i tida. Men det er jo også begrensa med ressurser i kommunen, så jeg vet ikke helt om man har kapasitet til å følge opp at folk blant annet ikke klarer å holde driveplikten og at noe endrer seg. Akkurat som med fulldyrka jord. Så bedre bruk av satellittdata følger også med et ansvar.
> [Arealplanlegger, Aurskog-Høland kommune]

Samlet sett viser funnene våre fra gruppeintervjuene og workshopene at nytten av satellittdata i stor grad anses å avhenge av bedre tilgjengeliggjøring, kompetansebygging, integrasjon i eksisterende systemer og tilstrekkelige ressurser.

3.4 Oppsummering

Vi har i dette kapittelet vist at kommunene og fylkeskommunen i liten grad bruker satellittdata aktivt i dag, men at de samtidig ser et stort potensial for økt bruk. I dag brukes hovedsakelig flyfoto og eksisterende kartgrunnlag, noe de fleste mente gir høy detaljgrad. Ulempen er at de sjelden oppdateres. Satellittdata blir derfor av flere trukket frem som et verdifullt supplement, særlig fordi det kan gi hyppigere oppdateringer, større geografisk dekning og mulighet for å følge endringer over tid.

Innen arealplanlegging, miljøovervåking og beredskap pekte deltakerne på flere konkrete nytteområder. Satellittdata kan bidra til bedre dokumentasjon av naturtilstand, overvåking av arealendringer, analyse av sammenhenger på tvers av

[5] Arealressurskart med 1:5000 målestokk. Grunnlaget til flere kartprodukter for arealdekke.

kommunegrenser og evaluering av tiltak over tid. Innen beredskapsarbeid ble spesielt mulighetene med sanntidsdata for tidligere varsling, bedre situasjonsforståelse og dokumentasjon etter hendelser trukket fram. Visualiseringer og indikatorer basert på satellittdata ble også vurdert som nyttige for kommunikasjon og beslutningsstøtte, spesielt overfor politikere.

Samtidig pekte deltakerkommunene og fylkeskommunen på en rekke barrierer som hindrer økt bruk av satellittdata. Den viktigste var mangel på kompetanse og oversikt over hvilke data som finnes og hvordan de kan brukes. Flere oppga at de syntes det var vanskelig å si noe om nytteverdi ettersom de hadde lite kjennskap til satellittdata og hvilke muligheter de gir. I tillegg nevnte flere deltakere at satelittdata ofte er fragmenterte, vanskelig tilgjengelige og spredt på mange systemer. Mange etterspurte derfor bedre tilrettelagte, ferdig bearbeidede dataprodukter, integrasjon i eksisterende verktøy (særlig GIS) og enklere tilgang, for eksempel gjennom felles løsninger eller API-er.

Ressursmangel var en annen sentral utfordring som ble nevnt at de aller fleste, både når det gjelder tid, økonomi og kapasitet til å håndtere og analysere store datamengder. Det ble også løftet tekniske begrensninger, som for grov oppløsning i satellittdata for enkelte formål, væravhengighet og behov for å kombinere satellittdata med andre datakilder som drone- og flyfoto.

For å konkludere viser funnene fra våre kvalitative studier at satellittdata blir ansett av deltakerkommunene og fylkeskommunen å ha stort potensial til å styrke kunnskapsgrunnlaget og beslutningsstøtten i kommunal sektor, men at realisering av dette potensialet forutsetter bedre tilgjengeliggjøring, kompetansebygging, integrasjon i eksisterende systemer og tilstrekkelige ressurser.

4. Sentrale miljøvariabler som kan måles med satellittdata og aktuelle KPI-er

Jordobservasjonssatellitter samler inn informasjon om jordoverflaten, vann, atmosfære og vegetasjon. For kommuner og fylkeskommuner kan dette gi et oppdatert, heldekkende og konsistent kunnskapsgrunnlag for arealplanlegging, miljøovervåking og beredskap. Satellittdata er særlig nyttig fordi det kan dekke store områder, også steder som er vanskelige å nå på bakken. De samme områdene kan også kartlegges gjentatte ganger, noe som gjør det mulig å oppdage endringer over tid, for eksempel nye utbygde områder, endringer i vegetasjon, flomutbredelse, snødekke, jord- og skredhendelser, kystendringer eller skader etter ekstremvær.

I dette kapittelet forklarer vi hvordan satellittdata og satellittbilder blir til ulike sensorer, ulike oppløsninger på satellittdata, oversikt over de vanligste satellittoppdragene, kombinasjon av ulike satellittdata og bilder for å lage helhetlig informasjon og kart, og fjernmåling og validering for å gjøre satellittdata klare til å inngå i beslutningsgrunnlag i kommunal sektor.

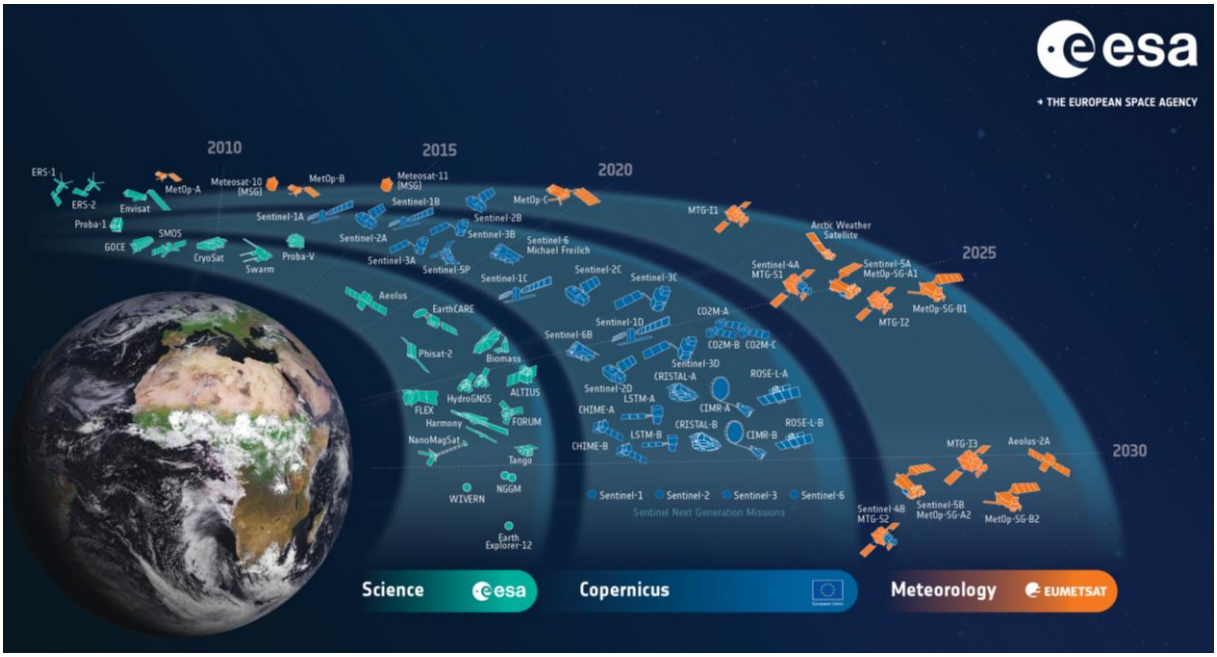
4.1 Satellittoppdrag

Det er en rekke forskjellige satellittoppdrag som samler informasjon om jorda fra verdensrommet, se Figur 4 under for en grafisk oversikt over historisk satellittutvikling. Satellittoppdragene skaper mange fritt tilgjengelige datasett med store utstrekninger og middels romlig oppløsning (ned til 10 meter), inkludert data fra de europeiske Copernicus Sentinel-oppdragene, Landsat og MODIS. Hvert enkelt land trenger derfor ikke sine egne satellitter for å kunne dra nytte av satellittdata innen miljøovervåking, klimarelatert informasjon, samfunnssikkerhet og beredskap i krisesituasjoner. I tillegg til Sentinel-satellittene gir Copernicus-programmet tilgang til data fra såkalte *Copernicus Contributing Missions* (CCM)[6], som inkluderer utvalgte kommersielle og nasjonale satellittoppdrag. Disse brukes blant annet til å supplere Sentinel-data med høyere oppløsning eller andre typer observasjoner for offentlige myndigheter og forskningsmiljøer. Noen satellitter med høyere romlig oppløsning, som PlanetScope og WorldView, er kommersielt eid og krever vanligvis betaling, men de kan gi mer detaljerte data for kartlegging av mindre objekter.

Valg av satellittbilder avhenger av planleggingsspørsmålet, inkludert størrelsen på det som skal kartlegges, om informasjon trengs for én bestemt dato eller til gjentatt overvåking, og hvilket budsjett som er tilgjengelig. For eksempel kan fritt tilgjengelige Sentinel-data være egnet til å kartlegge brede endringer i vegetasjon, snødekke eller flom, mens kommersielle satellittdatakilder kan være nødvendig for å oppdage enkeltbygninger, smale veier, små skred eller lokale skader på infrastruktur. Ulike satellittoppdrag samler også inn informasjon på ulike måter, og flere datakilder kan kombineres slik at dette gir bedre støtte til beslutningen som skal tas. Ved valg av

[6] Copernicus Contributing Missions | Copernicus Data Space Ecosystem

satellittbilder bør brukere vurdere hvilken informasjon som trengs, nødvendig detaljnivå(romlig og spektral oppløsning), hvor ofte bilder trengs (temporal oppløsning), om skyer eller mørke kan begrense datatilgangen (sensortype), om dataene er gratis eller kommersielle, og om brukerne selv har verktøyene og kompetansen som trengs for å behandle og tolke bildene.



Figur 4. Historisk utvikling av satellittutstyret som det europeiske romsenteret bruker til jordobservasjon. Figuren er fra ESA - Earth observation missions

4.2 Sensorer

Ulike satellitter benytter ulike typer sensorer. Optiske sensorer fungerer på mange måter som et kamera, men registrerer ofte et bredere spekter av bølgelengder enn hva menneskeøyet eller vanlige kameraer kan oppfatte. I tillegg til synlig lys kan optiske sensorer måle deler av det infrarøde spekteret, noe som gjør det mulig å oppdage mønstre som ikke er synlige i vanlige bilder. Nærinfrarøde data kan for eksempel gi informasjon om vegetasjonens tilstand og vekst, fordi friske planter reflekterer denne typen lys sterkt. Andre kombinasjoner av bølgelengder kan brukes til å identifisere vannstress i vegetasjon, skille mellom snø og skyer, kartlegge brannflater etter skogbranner, oppdage algeoppblomstring eller sedimenter i vann, samt skille mellom ulike arealdekketyper som skog, jordbruk, våtmarker og bebygde områder. Den viktigste begrensningen ved optiske sensorer er at de er avhengige av dagslys og klart vær. I land som Norge kan hyppig skydekke derfor redusere antallet brukbare satellittbilder.

Radarsensorer fungerer annerledes ved at de sender signaler mot jordoverflaten og måler hva som reflekteres tilbake. I motsetning til optiske sensorer kan radar trenge gjennom skyer og brukes både dag og natt, noe som gjør teknologien særlig nyttig i

Norge og i forbindelse med hendelser som flom, stormer og skred. Radardata brukes ofte til å oppdage endringer i overflatestruktur, fuktighet og ruhet, blant annet for å kartlegge flom, snø- og isforhold, skogstruktur, bakkebevegelser og skader på bygde eller naturlige landskap.

4.3 Romlig oppløsning

Romlig oppløsning viser til størrelsen på hver piksel i et satellittbilde. Hver piksel inneholder målinger fra sensoren, ofte fordelt på flere bølgelengdebånd, som brukes til å identifisere mønstre på jordoverflaten. Pikselstørrelsen avgjør hvor mye detalj som kan observeres: små piksler gir høyere detaljnivå, mens større piksler gir et mer overordnet bilde av landskapet. En pikselstørrelse på 10 meter representerer for eksempel et område på 10 × 10 meter på bakken. Objekter som er mindre enn dette kan derfor være vanskelige eller umulige å identifisere tydelig. Romlig oppløsning er dermed et av de viktigste kriteriene ved valg av satellittdata.

Store landskapsmønstre som skogdekke, snøutbredelse eller omfattende oversvømmelser kan ofte kartlegges med data med middels oppløsning. Mindre objekter som enkeltbygninger, smale veier, små skred eller lokale infrastrukturskader, krever derimot høyere oppløsning for å kunne identifiseres pålitelig. Høyere oppløsning er imidlertid ikke alltid bedre. Slike data er ofte dyrere, gir større datamengder og dekker mindre områder om gangen. Det beste valget avhenger derfor av problemstillingen som skal undersøkes og detaljnivået som er nødvendig.

4.4 Spektral oppløsning

Spektral oppløsning beskriver hvilke typer lys en satellittsensor kan registrere. Et vanlig digitalkamera registrerer rødt, grønt og blått lys (RGB), og hvert bildepunkt består av en kombinasjon av disse tre fargene. Satellitter kan registrere disse synlige fargene, men også lys som mennesker ikke kan se, for eksempel nær-infrarødt og termisk infrarødt lys. Disse ekstra bølgelengdene kan gi viktig informasjon om forhold på bakken. Nær-infrarødt lys brukes ofte til å vurdere vegetasjon og plantehelse. Kortbølget, infrarødt lys kan bidra til å oppdage fuktighet, brannskader og egenskaper ved snø. Termiske bånd kan brukes til å måle temperatur på jordoverflaten.

Jo flere og smalere bølgelengdebånd en sensor registrerer, desto høyere er den spektrale oppløsningen. Høy spektral oppløsning gjør det mulig å skille mellom ulike materialer og typer arealdekke med større presisjon. Hyperspektrale sensorer kan for eksempel registrere hundrevis av slike bånd. Hvilken spektral oppløsning som er mest hensiktsmessig avhenger av formålet. Enkle RGB-bilder kan være tilstrekkelige for visuell tolkning, mens miljøovervåking ofte krever sensorer som også registrerer infrarøde eller andre ikke-synlige bølgelengder.

4.5 Temporal oppløsning

Temporal oppløsning beskriver hvor ofte en satellitt tar bilder av det samme området. Dette kalles også *revisittid*, altså tiden mellom hver gang satellitten observerer et bestemt sted. Mange jordobservasjonssatellitter går i baner som passerer nær polene. Siden jorda roterer mens satellitten beveger seg, blir områder på høye breddegrader generelt fotografert oftere enn områder nær ekvator. I Norge er det vanlig at Sentinel-2 leverer nye bilder omtrent annenhver dag, mens revisittiden nær ekvator vanligvis er rundt fem dager.

Flere satellittprogrammer bruker også konstellasjoner med to eller flere satellitter som samler inn samme type data. Dette gjør at nye bilder kan bli tilgjengelige oftere. Sentinel-2 og PlanetScope er eksempler på slike systemer. Høy temporal oppløsning er viktig når situasjoner må overvåkes hyppig, for eksempel ved flom, stormer, skred eller perioder med økt skredfare. Den er også nyttig for å følge gradvise eller sesongmessige endringer, som vegetasjonsvekst, snødekke og variasjoner i vannstand.

Tabell 2 på neste side gir en oversikt over noen av de vanligst brukte satellittene, inkludert informasjon om datatilgjengelighet, sensortype, romlig oppløsning (pikselstørrelse), revisittid og hvilket år satellittutstyret ble satt i drift. En mer omfattende oversikt over satellittene som er aktuelle for kommunalt arbeid innen miljøovervåking, arealplanlegging, beredskap og krisehåndtering finnes i Vedlegg 4.

Tabell 2. De ti vanligste satellittoppdragene som brukes til jordobservasjon i Europa og skaffer datasett med relevans for miljøovervåking, arealplanlegging, beredskap, og krisehåndtering. De kommersielle satellittoppdragene nederst i tabellen inngår også i Copernicus Contributing Missions, som gir offentlige myndigheter og forskningsinstitusjoner tilgang til enkelte datasett med høyere romlig oppløsning.

Satellittoppdrag	Datatilgang	Sensortype	Typisk romlig oppløsning	Typisk revisittid	Oppskytingsdato / oppstart
Sentinel-2	Åpen tilgang	Optisk multispektral	10 m, 20 m og 60 m bånd (økes til 5 m i 2033)	5 dager ved ekvator	Sentinel-2A: 2015; Sentinel-2B: 2017; Sentinel-2C: 2024
Landsat 8/9	Åpen tilgang	Optisk multispektral + termisk	30 m multispektral; 15 m pankromatisk; 100 m termisk	16 dager per satellitt; ca. 8 dager med begge	Landsat 8: 2013; Landsat 9: 2021
Sentinel-1	Åpen tilgang	Radar, C-bånd SAR	Vanligvis 5 × 20 m i bredsveipmodus	6 dager ved ekvator med to satellitter	Sentinel-1A: 2014; Sentinel-1C: 2024; Sentinel-1D: 2025
MODIS, Terra/Aqua	Åpen tilgang	Optisk + termisk,	250 m, 500 m og 1 km bånd	1–2 dager	Terra: 1999; Aqua: 2002
VIIRS, Suomi NPP / NOAA-20 / 21	Åpen tilgang	Optisk + termisk	375 m bildebånd; 750 m moderate bånd	Daglig global dekning	Suomi NPP: 2011; NOAA-20: 2017; NOAA-21: 2021
Sentinel-3	Åpen tilgang	Hav- og landfarge, termisk, altimetri	300 m for OLCI; grovere for enkelte andre instrumenter	1 – 2 dager	Sentinel-3A: 2016; Sentinel-3B: 2018
Sentinel-5P	Åpen tilgang	Atmosfærisk spektrometer, TROPOMI	Omtrent 7 × 3,5 km på	Daglig global dekning	2017
PlanetScope	Kommersielt	Optisk multispektral	Omtrent 3 m	Nær daglig over landområder	Første prototypene: 2013; nær daglig landdekning fra 2017
WorldView / GeoEye / Maxar	Kommersielt	Høyoppløselig optisk	Ca. 0,3–0,5 m pankromatisk; ca. 1,2–1,8 m multispektral	Ofte under 1–3 dager	GeoEye-1 2008; WorldView-3: 2014
SPOT / Pléiades / Pléiades Neo	Kommersielt	Høy til svært høyoppløselig optisk	SPOT 6/7: ca. 1,5 m; Pléiades Neo: 30 cm	Daglig til flere ganger daglig,	SPOT 6: 2012; SPOT 7: 2014; Pléiades Neo: 2021

4.6 Mosaikker og kompositter

Heldekkende satellittkart over Norge, som for eksempel en Sentinel-2 skyfri mosaikk, er vanligvis såkalte kompositter som lages ved å kombinere bilder fra flere ulike datoer. Dette er nødvendig fordi det er umulig å få ett skyfritt bilde av hele landet på én og samme dag. Kartene bygges derfor opp ved å sette sammen skyfrie bilder eller enkeltpiksler fra en valgt tidsperiode, ofte omtalt som mosaikker eller kompositter. Hvordan pikslene velges avhenger både av kartprodusenten og hva kartet skal brukes til. Vanlige metoder er å velge den klareste, grønneste eller nyeste pikselen, eller å beregne en gjennomsnitts- eller medianverdi fra flere bilder over tid. Det er derfor viktig å forstå hvordan mosaikken er laget fordi kartet ikke nødvendigvis viser forholdene på én bestemt dato, men kan representere informasjon samlet inn over flere dager eller uker.

Valg av metode for å lage kompositter bør tilpasses formålet med analysen. For eksempel kan en mosaikk basert på de grønneste pikslene være nyttig for å vise maksimal vegetasjonsdekning, men mindre egnet til å vurdere tørkestress fordi tørre eller skadede områder kan bli erstattet av grønnere piksler fra andre datoer. I slike tilfeller kan analyser av endringer i pikselverdier over tid gi mer relevant informasjon.

4.7 Fjernmåling

Satellittbilder i sin «rå form» er sjeldent direkte nyttige for kommuner eller fylkeskommuner ettersom et satellittbilde er en måling og ikke ferdige svar. For å være til støtte i arealplanlegging, miljøovervåking, beredskap eller krisehåndtering må dataene derfor behandles, tolkes og omformes til produkter som svarer på konkrete behov. En kommune trenger for eksempel ofte ikke bare et bilde av en elvedal, men heller et kart som viser hvilke områder som er oversvømt, hvilke veier som er berørt, og hvilke bygninger som kan være utsatt.

Behandling, tolking, og omforming av data omtales ofte som fjernmåling. Fjernmåling betyr å samle inn og tolke informasjon om objekter, overflater eller miljøforhold på avstand, uten å ha vært i direkte kontakt med dem. I praksis betyr dette at satellittmålinger bearbeides for å gjøre informasjonen lettere å bruke. Dette kan omfatte blant annet å korrigere bilder for atmosfæriske forhold, fjerne skyer, kombinere ulike spektrale bånd, sammenligne bilder fra forskjellige datoer eller beregne ulike indekser og indikatorer.

Maskinlæring brukes i økende grad innen fjernmåling for å analysere store og komplekse datamengder. Maskinlæring er en form for kunstig intelligens som lager modeller basert på referansedata for å gjenkjenne mønstre og produsere kart eller analyser automatisk. Modellene kan brukes til å klassifisere arealdekke, oppdage utbygginger, kartlegge flomutbredelse, vurdere vegetasjonstilstand eller identifisere endringer etter stormer, branner eller skred. Resultatet er ofte kart, indikatorer, varsler eller datasett som er langt lettere for beslutningstakere å bruke enn de opprinnelige satellittbildene.

4.8 Validering

Validering innebærer å kontrollere om et satellittbasert kart, en modell eller et datasett er nøyaktig nok til formålet det skal brukes til. Fjernmålingsprodukter er ikke automatisk riktige, selv når de er laget med avanserte metoder eller maskinlæring. De bør derfor sammenlignes med pålitelig referanseinformasjon eller uavhengig datasett, som feltobservasjoner, flybilder, offisielle kart eller lokalkunnskap. For eksempel kan et flomkart laget med satellittdata kontrolleres opp mot feltrapporter, dronebilder eller observasjoner fra veier og bygninger, mens et arealdekkekart kan sammenlignes med kjente lokaliteter eller eksisterende informasjon om arealbruk.

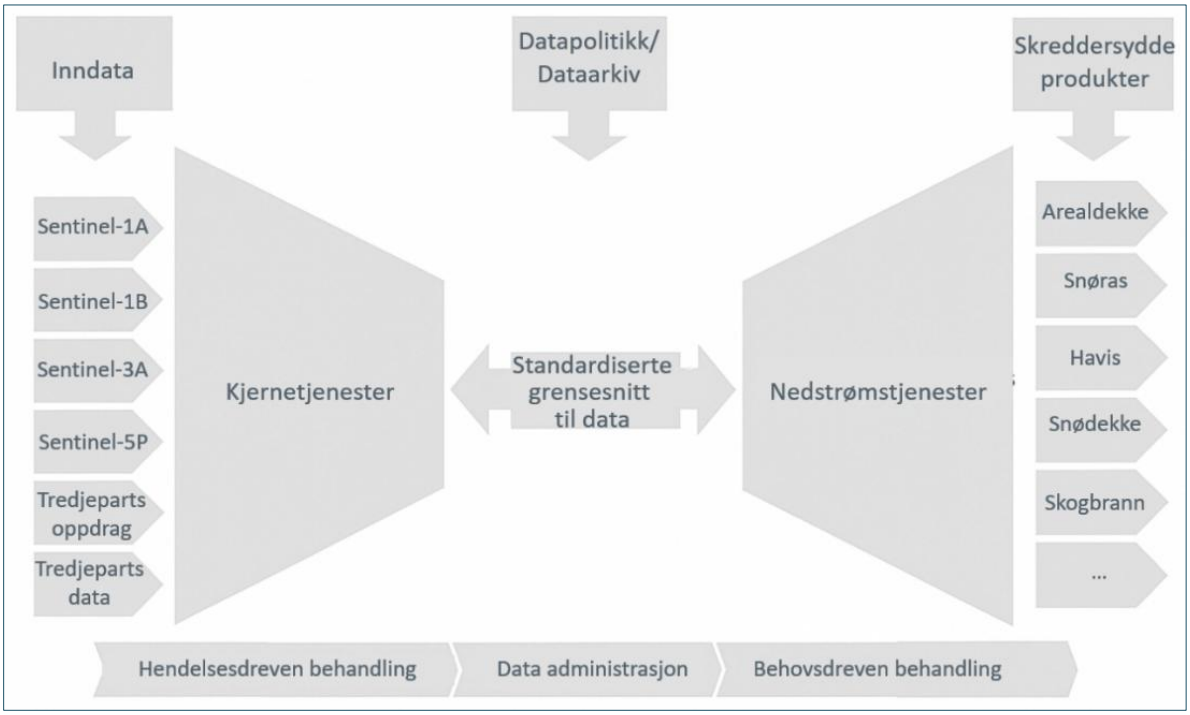
Validering er særlig viktig når satellittprodukter brukes til planlegging, beredskap eller prioritering av ressurser fordi feil kan påvirke de endelige beslutningene. Samtidig er ikke alle feil like alvorlige. I noen situasjoner kan det være mer kritisk å fokusere på et berørt område enn å inkludere et område som egentlig ikke er påvirket, mens falske alarmer i andre tilfeller kan føre til unødvendige tiltak eller kostnader. En god valideringsprosess bør derfor ikke bare rapportere samlet nøyaktighet, men også beskrive hvor produktet fungerer godt eller dårlig, hvilke usikkerheter som finnes og om dataene er egnet til den tiltenkte bruken.

4.9 Satellittprodukter og beslutningsstøtte

Brukere trenger i økende grad ikke å arbeide direkte med ubehandlede satellittbilder. Mange forhåndsbehandlede produkter er allerede tilgjengelige som arealdekkekart, vegetasjonsindekser, snødekkekart, flomkart og produkter for jordfuktighet eller luftforurensning. Slike produkter gjør satellittdata lettere å bruke ved å oversette målingene til tematisk informasjon som kan støtte konkrete oppgaver og beslutninger. I Norge støttes tilgjengeliggjøring og tilrettelegging av satellittdata gjennom Nasjonalt bakkesegment for satellittdata (NBS), som driftes av Meteorologisk institutt på vegne av Norsk romdirektorat. NBS gir tilgang til både Sentinel-data fra Copernicus-programmet og en rekke andre datatjenester (se Figur 3 under), og utgjør en viktig del av den nasjonale infrastrukturen for lagring, prosessering og distribusjon av satellittdata. Tjenesten er særlig rettet mot større operative brukere og systemer som har behov for automatisert tilgang til store datamengder. For mange kommunale brukere vil det imidlertid ofte være enklere å benytte ferdig bearbeidede kart- og analysetjenester, enten gjennom Copernicus-portaler eller gjennom nasjonale og tematiske tjenester som videreforedler satellittdata til produkter tilpasset konkrete forvaltningsbehov. Flere eksempler på slike tjenester er beskrevet i Vedlegg 3.

Men satellittproduktene må likevel vurderes opp mot lokal kontekst, nødvendig detaljnivå og formålet de skal brukes til. Satellittdata bør derfor brukes sammen med lokalkunnskap, feltundersøkelser, flybilder, droner og eksisterende karttjenester. Deres største styrke ligger i å tilføre regelmessig, sammenlignbar og heldekkende informasjon over store områder og over tid. Dette gjør satellittdata særlig nyttige for utvikling av miljøindikatorer og andre mål på endringer i natur og arealbruk. I

kommunal planlegging kan slike indikatorer bidra til å svare på praktiske spørsmål: Hvor endrer arealbruken seg? Hvilke områder er utsatt for flom eller skred? Hvordan utvikler restaurering av vegetasjon eller våtmark seg over tid? Brukt på denne måten kan satellittdata støtte mer informerte, tidsriktige og transparente



Figur 5. Nasjonal Bakkesegment for Satellittdata (NBS) skal forenkle tilgang til satellittdata og sikre operasjonelle nasjonale tjenester basert på Sentinel og andre tredjeparts satellitter. Figuren viser hvordan satellittdata går fra kjernetjenester og standardiserte grensesnitt til skreddersydde produkter og analyser tilpasset ulike brukerbehov. Aktuelle datakilder for norske kommuner og fylkeskommuner vil finnes på figurens høyre side under de skreddersydde produktene. Figuren er basert på en beskrivelse av NBS på deres nettside (Meteorologisk institutt (u.å.))

beslutninger.Kunstig intelligens (KI) får også en stadig større rolle i satellittbasert analyse. I tillegg til maskinlæringsmodeller for bildeanalyse kan store språkmodeller og andre grunnmodeller kombineres med satellittbilder og kartdata for å støtte søk, oppsummering og beslutningsstøtte. For eksempel kan en bruker benytte KI for å spørre hvor nye arealbruksendringer har skjedd og slik få både kartbaserte resultater og en kort forklaring på hva som har endret seg. Bruk av KI i forbindelse med satellittdata utdypes i Kapittel 6.

4.10 KPI-er basert på satellittdata

4.10.1 Hva er en KPI og hvorfor er satellittdata nyttige?

Key Performance Indicators (KPI-er) er målbare indikatorer som brukes for å følge utvikling, vurdere måloppnåelse eller støtte beslutninger. I kommunal og regional forvaltning kan KPI-er brukes til å overvåke miljøtilstand, arealbruk, naturfarer, klimatilpasning eller effekten av tiltak over tid. KPI-er fungerer som et bindeledd

mellom datakilder og beslutningstaking ved å oversette store mengder informasjon til indikatorer som er enklere å tolke og følge opp.

Satellittdata er særlig godt egnet som grunnlag for KPI-er fordi de gir regelmessige, sammenlignbare og heldekkende observasjoner over store områder. Jordobservasjonsprogrammer som EUs Copernicus gjør det mulig å overvåke miljøforhold systematisk gjennom tidsserier av satellittbilder og avledede produkter (Andreassen m.fl. 2025; NOU 2023:17). Fjernmålingsteknikker som optiske sensorer og SAR (syntetisk apertur-radar) kan blant annet brukes til å overvåke vegetasjon, arealbruk, vannforhold, naturfarer og endringer i landskapet over tid (Grinderud m.fl. 2017; Erikstad m.fl. 2013).

KPI-er basert på satellittdata bør være knyttet til konkrete brukerbehov og beslutningsprosesser. I kommunesektoren kan dette omfatte planlegging, miljøovervåking, klimatilpasning, beredskap og oppfølging av miljømål eller regelverk. Noen KPI-er kan brukes til løpende overvåking, mens andre er mer egnet til å følge langsiktige utviklingstrekk eller sammenligne utvikling mellom kommuner og regioner.

4.10.2 Hovedkategorier av KPI-er

Miljøvariabler som er spesielt godt egnet for satellittbasert overvåking kan grupperes i flere konseptuelle hovedkategorier som forklares i Tabell 3 under. KPI-ene i tabellen er eksempler på indikatorer som kan beregnes eller estimeres ved hjelp av satellittdata alene eller i kombinasjon med andre datakilder. De representerer ikke eksisterende eller standardiserte indikatorer, men illustrerer typer informasjon som satellittdata kan bidra til å produsere for kommunal planlegging, miljøforvaltning og beredskap.

Tabell 3 Hovedkategorier av KPI-er og satellittdatas egnethet

Miljøvariabler	Satellittdatas egnethet	Eksempler på relevante KPI-er
Arealdekke, arealbruk og arealendringer	Satellittdata egner seg godt til å overvåke endringer i arealdekke og arealbruk, for eksempel nedbygging, avskoging, eller gjengroing.	• nedbygd areal (km² per år) • endring i skogareal eller jordbruksareal (km² per år) • endring i utbredelse av grønnstruktur (km² per år) • arealbruk innenfor planområder
Vegetasjon, økosystem-tilstand, og karbonopptak/ -lager	Vegetasjonsindekser som normalisert differanse-vegetasjonsindeks (NDVI[7]) kan brukes til å beskrive vegetasjonens tilstand, produktivitet og sesongutvikling. Satellittdata kan også brukes til å estimere karbonrelaterte variabler og følge arealendringer med	• vegetasjonsproduktivitet (gjennomsnittlig NDVI per sesong eller år) • utvikling i grønnstruktur (% vegetasjonsdekket, endring i grønnstruktur per år) • restaurering av vegetasjon (restaurert areal i ha eller km², endring i vegetasjonsdekket over tid)

[7] NDVI (normalisert differansevegetasjonsindeks) er en satellittbasert vegetasjonsindeks som beregnes ut fra forskjellen mellom reflektert rødt og nær-infrarødt lys. Indeksen brukes til å beskrive vegetasjonens tetthet, grønnhet og produktivitet, og kan blant annet gi informasjon om plantevekst, vegetasjonstilstand og tørkestress over tid.

	betydning for klimagassutslipp og karbonlagring.	• skoghelse eller tørkestress (andel vegetasjon med redusert NDVI, varighet eller utbredelse av tørkestress) • karbonrike naturarealer (utbredelse eller sannsynlighet) • estimert karbonlagring eller karbonopptak (tCO_2-ekvivalenter per ha eller totalt per område) • utslippsrelaterte arealendringer (ha eller km² avskoging, nedbygging eller drenering per år)
Vannmiljø, hydrologi og marine forhold	Satellittdata kan brukes til å ferskvann, våtmarker, hydrologiske prosesser, kystområder og marine miljøforhold.	• endring av våtmarksareal (ha eller km² per år) • flomutbredelse og varighet (oversvømt areal i ha eller km² per hendelse) • jordfuktighet eller tørke (jordfuktighetsindeks, tørkeindeks, avvik fra normaltilstand over tid) • Algeoppblomstring (mg/m^3 klorofyll-a) • Vann temperatur
Klima og vær	Kombinert med modeller og gir satellittdata grunnlag for analyser av klima, ekstremvær og langsiktige miljøendringer.	temperatur • nedbør • snødybde og vannekvivalent • framtidsprognoser for klima
Beredskap, naturfare og klimatilpasning	SAR-data og tidsserier kan brukes til å overvåke terrengbevegelser, erosjon og skredfare	• terrengbevegelser (bevegelse i mm eller cm per år) • erosjonsutsatte områder (erosjonsutsatt areal i ha eller km², endring over tid) • endringer i kantvegetasjon langs vassdrag (% dekning eller bredde på kantvegetasjon, endring over tid) • areal eksponert for flom- eller skredfare (ha eller km² innenfor risikosoner, antall bygninger eller infrastrukturobjekter eksponert)
Naturmangfold og habitat	Tidsserier og arealdekkedata kan brukes til å beskrive størrelse, kvalitet og sammenheng i leveområder	• habitatfragmentering (% sammenhengende habitat, antall fragmenter per km², gjennomsnittlig habitatstørrelse) • sammenheng mellom leveområder (div. konnektivitetsindekser, avstand mellom habitatområder, andel sammenhengende korridorer) • utvikling i naturtyper (arealendring i ha eller km² per naturtype, endring i tilstand eller vegetasjonsdekket over tid) • påvirkning rundt viktige naturområder (andel påvirket buffersone, avstand til inngrep eller infrastruktur, endring i påvirkningsgrad over tid)

4.10.3 Vurdering av hvilke KPI-er som er mest aktuelle

Hvilke KPI-er som er praktisk anvendelige i kommunal sektor avhenger i stor grad av hvilke satellittdata som er tilgjengelige, og hvilke egenskaper de har. Særlig romlig

oppløsning og revisittid legger føringer for hvilke miljøvariabler som kan overvåkes pålitelig over tid. De mest aktuelle åpne datakildene for kommunal og regional bruk er i dag satellittprogrammene i Copernicus, som har en romlig oppløsning på 10 meter eller grovere. Denne oppløsningen er godt egnet for overvåking av større arealendringer og landskapstrekk, som nedbygging, skogendringer, vegetasjonsutvikling, våtmarker og større flomhendelser. KPI-er knyttet til arealdekke, vegetasjon og vannflater er derfor blant de mest realistiske og robuste for regional og kommunal bruk. Samtidig setter oppløsningen begrensninger for analyser av små objekter, smale landskapselementer og detaljerte forhold i tettbygde områder.

Dette gjelder også enkelte marine variabler langs norskekysten. Produkter i Copernicus Marine MyOcean Viewer[8] har en romlig oppløsning på 0,083° × 0,083° (som tilsvarer omtrent 9 × 4,6 km ved 60° N). Slike kartprodukter er laget for havområder og viser hovedsakelig forholdsvis grove celler med vannoverflater. Dette betyr at selve kystlinjen og de mest kystnære områdene ofte ikke inngår i kartlaget. De kan derfor være nyttige for regionale vurderinger av havtemperatur, strømforhold eller andre marine variabler, men mindre egnet for kommunale KPI-er som krever større detaljnivå nært land, i fjorder eller langs en kompleks kystlinje.

Revisittid påvirker samtidig hvor godt satellittdata kan brukes til overvåking av raske hendelser. Skydekke, mørketid og oppløsning kan begrense hvor raskt og detaljert enkelte hendelser kan kartlegges. Copernicus Emergency Management Service (CEMS) er EUs operative beredskapstjeneste for krise- og katastrofehåndtering, og bruker satellittdata fra flere kilder, inkludert kommersielle satellitter med høy romlig oppløsning, for å produsere detaljerte kart og analyser raskt etter en hendelse. Tjenesten er gratis for medlemslandene, og kartprodukter kan i mange tilfeller leveres innen 12–24 timer etter aktivering. CEMS brukes blant annet ved flom, skred, skogbrann og andre større naturhendelser. I Norge er Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) nasjonalt kontaktpunkt for tjenesten, og den aktøren som vurderer når tjenesten skal aktiveres.

Ut ifra våre vurderinger og samtalene med brukerkommunene og fylkeskommunen har vi identifisert noen KPI-er som vi mener er de mest interessante og aktuelle for å kunne forbedre kunnskapsgrunnlag innen miljøovervåking, planlegging og beredskapsarbeid: Arealendginer og nedbygging; Kartlegging av naturtyper; Marine variabler; Algeoppblomstring i ferskvann; Karttjenester for flom beredskap og krisehåndtering og Kartlegging av vegetasjonshelse og skogbrann. Disse KPI-kategoriene presenteres i avsnittene under:

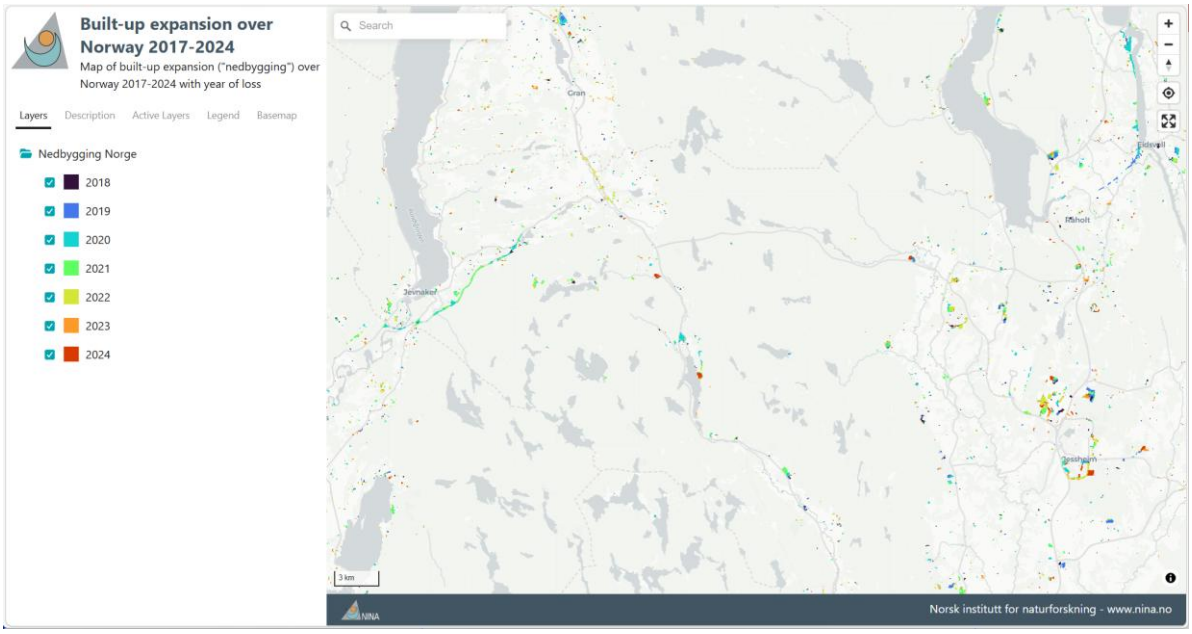
4.10.3.1 Arealendringer og nedbygging

Dette er et stort satsningsområde på grunn av den åpenbare relevans innen arealregnskap og naturregnskap fra nasjonalt til lokalt nivå. For eksempel nevnes satellittdata eksplisitt som et sentralt datagrunnlag i SSBs beskrivelse av sitt arbeid

[8] Copernicus Marine MyOcean Viewer

med endringsanalyse; å kvantifisere overgang fra naturlige overflater til bebygde områder (Randen 2025). Foreløpig er det ikke offentliggjort spesifikke detaljer om hvordan satellittdata skal brukes i SSBs arbeid, men det er flere eksisterende kartgrunnlag som illustrerer datagrunnlag som kan benyttes i analyser av arealendringer. NIBIOs FKB Grønnstruktur[9] og Skogressurskartet SR16[10] er eksempler på slike datasett som er tilgjengelig nå på GeoNorge. Begge kombinerer satellittdata med andre geografiske datakilder, og kan fungere som grunnlag for å identifisere og kvantifisere endringer når de sammenstilles med nyere kartlegginger eller satellittobservasjoner.

NINA har utviklet en karttjeneste[11] som kan gi en indikasjon på hva som kan være mulig innen endringsanalyse bygget på satellittdata. Figur 4 under viser et skjermbilde av karttjenesten for et datasett over mulig nedbygging i Norge mellom 2017 og 2024. Polygonene med utbygging var identifisert gjennom en kombinasjon av Sentinel-2 satellittbilder, KI-modellen Dynamic World fra Google , og metoder som NINA har utviklet for tidsserieanalyse av disse dataene (Venter m.fl. 2026). Kart som er utviklet med KI inneholder alltid feil (dvs. falske positiver). På grunn av 10-m oppløsningen i Sentinel-data vil enkelte typer nedbygging, som skogsveier og små hytter, også kunne mangle i datasettet (dvs. falske negativer). Det er viktig at man tar høyde for denne usikkerheten for å unngå feilaktig bruk av utbyggingsestimater (Venter m.fl. 2024).



Figur 6. Skjermbilde fra nettjenesten som viser kart over den årlige nedbygging av naturområder mellom 2018 og 2024.

fra nettjenesten som viser kart over den årlige nedbygging av naturområder mellom 2018 og 2024.

[9] https://www.nibio.no/tema/jord/arealressurser/gronnstruktur

[10] https://www.nibio.no/tema/skog/kart-over-skogressurser/skogressurskart-sr16

[11] https://maps.nina.no/built-up-expansion-over-norway-2017-2024

Bruk av kartdata med en grovere 10-m oppløsning vil naturligvis begrense mulighetene for å oppdage både utbygging som skjer på små arealer og reising av enkelte mindre bygg. Googles «Open Buildings 2.5D Temporal Dataset» viser imidlertid hvordan satellittdata og kunstig intelligens kan brukes til å overvåke utbygging over store områder og over tid (Yingying m.fl. 2026). Datasettet er utviklet for land i Afrika, Latin-Amerika og deler av Asia, og kombinerer tidsserier fra Sentinel-2 med maskinlæring for å estimere bygningers utbredelse, tetthet og høyde fra 2016 til 2023. Metoden bygger blant annet på å kombinere flere satellittbilder med relativt lav 10-m oppløsning for samme område. Gjennom bruk av bilder som er delvis forskjøvet kan det overordnete detaljnivået forbedres til ca. 3 m. Dermed kan modellen oppdage bygninger mer presist, noe som også gjør det mulig å estimere antall bygninger og byggehøyder (feilmargin for bygningshøyder er 1,5 m, eller mindre enn én etasje). Selv om datasettet foreløpig ikke dekker Norge, illustrerer det hvordan åpne satellittdata kan brukes til å utvikle detaljerte og regelmessig oppdaterte kartprodukter som kan støtte arealplanlegging, overvåking av urbanisering, befolkningsestimater og beredskap.

4.10.3.2 Kartlegging av naturtyper

Naturtyper har ikke vanligvis tydelige og skarpe grenser i landskapet, men varierer gradvis over både tid og rom. Nye metoder for naturtypekartlegging bruker derfor i økende grad satellittdata for å lage sannsynlighetskart framfor kart som deler landskapet opp i faste og absolutte kategorier. Sannsynlighetskart viser hvor sannsynlig det er at en naturtype eller miljøtilstand forekommer, og kan dermed gi et mer realistisk bilde av usikkerhet og variasjon i naturen. Dette kan bidra til bedre beslutningstaking ved å synliggjøre risiko, prioriteringer og avveininger i arealforvaltning og planlegging. Samtidig kan slike kart øke åpenhet og innsyn i forvaltningen ved at både datagrunnlag og usikkerhet blir tydeligere kommunisert. Metodeutvikling av denne type naturtypekarlegging beskrives i nærmere detaljer i Kapittel 2.

4.10.3.3 Marine variabler

Satellittdata brukes i økende grad til å overvåke marine miljøforhold og naturfarer ved å gi regelmessige observasjoner av blant annet stormflo, havtemperatur, algeoppblomstring, havstrømmer og akutt forurensning over store hav- og kystområder. Meteorologisk institutt (MET Norge) har ansvaret for hav- og kystvarsling basert delvis på satellittdata og publisert via yr.no, Varsom.no og SeNorge.no. Kartverket har samtidig ansvar for tidevannsmålere, det nasjonale referansesystemet for havnivå og grunnlagsdata for stormfloberegninger. Sammen utgjør disse tjenestene en viktig del av det nasjonale kunnskapsgrunnlaget for kystberedskap og klimatilpasning.

Kystverket tilbyr flere digitale kart- og informasjonstjenester som støtter maritim sikkerhet, overvåking og beredskap langs norskekysten. Kystinfo og Kystinfo Beredskap gir tilgang til kartlag og situasjonsinformasjon om blant annet skipstrafikk, farleder, navigasjonsinstallasjoner og akutt forurensning, og brukes av både beredskapsaktører og offentlige myndigheter. Tjenestene bygger i stor grad på operative maritime data, og en rekke satellittdatakildene. Radarbaserte satellitter, som SAR-sensorer (*Synthetic Aperture Radar*) fra Sentinel-1-satellittene, måler refleksjon fra havoverflaten og kan detektere oljesøl på havoverflaten. Optiske satellitter, som Sentinel-2 og Landsat, kan under gode lys- og skyforhold gi mer detaljert informasjon om farge, utbredelse og enkelte typer forurensning. AIS-data (Automatic Identification System) kan brukes sammen med satellittbilder for å koble observerte utslipp til skipstrafikk og identifisere mulige kilder til forurensning. Kystverkets nyeste AIS-satellitt, AISSat-4, ble sendt opp i 2026 og styrker overvåkingen av skipstrafikk i norske havområder (Kystverket 2026, 29. mars). AIS-kan også være nyttige for overvåking av trafikk i sårbare områder.

Kystverkets karttjenester overlapper noe med Copernicus Marine MyOcean Viewer karttjeneste, men de har ulike hovedformål og brukergrupper. Kystverkets tjenester er primært operative systemer for maritim sikkerhet, navigasjon, trafikkovervåking og håndtering av hendelser som akutt forurensning. Copernicus Marine MyOcean Viewer er derimot en forsknings- og miljøorientert tjeneste som gir tilgang til store mengder marine observasjoner og modellerte data for miljødata om havområder, inkludert havtemperatur, saltholdighet, havstrømmer, bølger, havnivå, isforhold og enkelte biologiske og biogeokjemiske variabler som oppblomstring av alger og zooplankton. Mange av datasettene har imidlertid relativt grov romlig oppløsning (ca. 9 x 4,6 km ved 60° N), noe som begrenser nytten i fjorder, havner og kystnære områder med kompleks geografi.

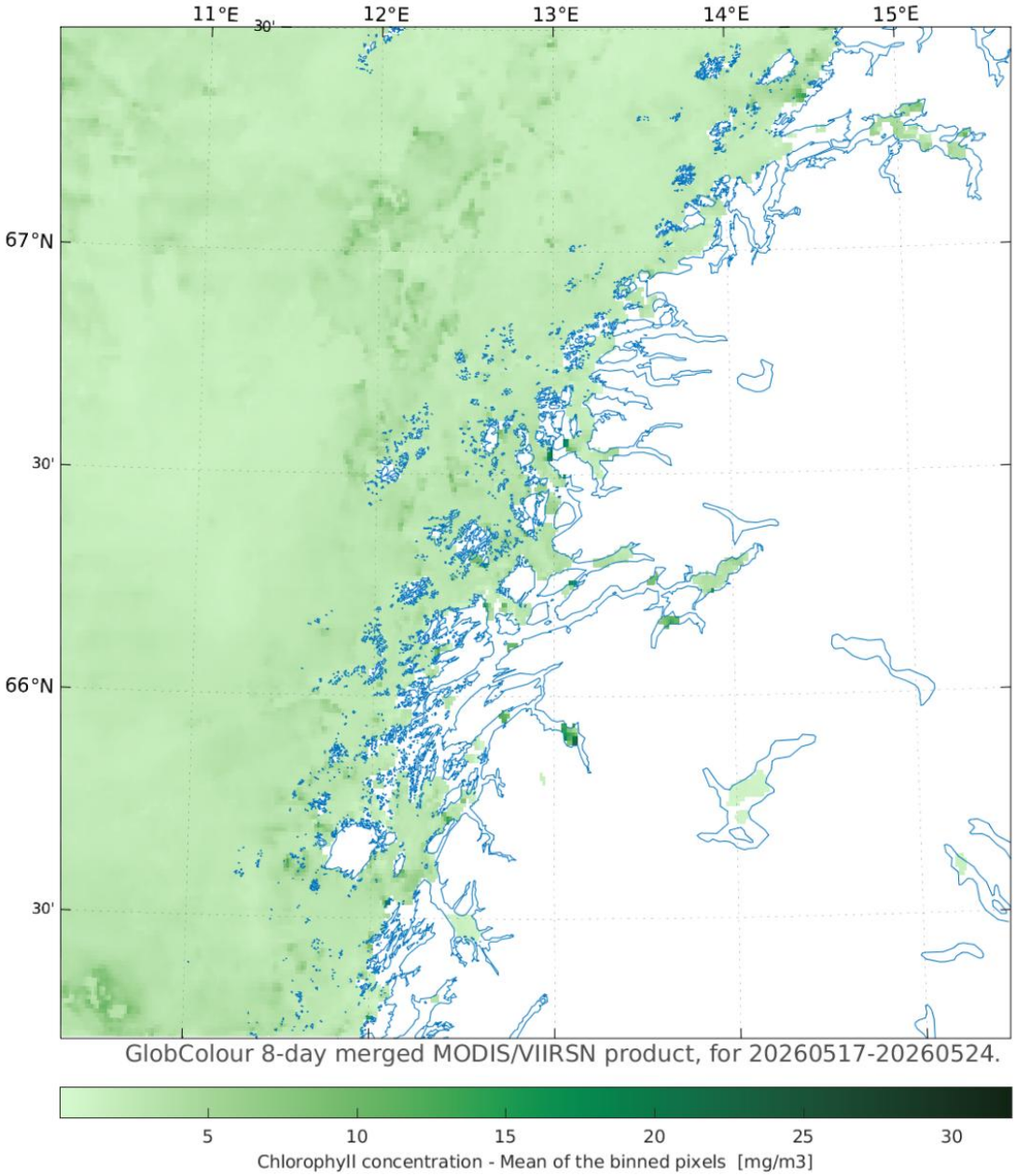
For norske kyst- og fjordområder finnes det også nasjonale tjenester som bruker både satellittdata og andre observasjoner for å gi mer detaljert informasjon om marine miljøforhold. Havforskningsinstituttets (HI) geodataportal[12] samler en rekke marine kartlag og datasett som beskriver biologiske, kjemiske og fysiske forhold i norske havområder. Flere av disse bygger helt eller delvis på satellittdata, blant annet observasjoner av klorofyll, havtemperatur og andre havfarge- og miljøvariabler. Satellittdata kombineres ofte med oseanografiske modeller, fartøymålinger og andre observasjoner for å produsere kart og analyser som støtter forskning, miljøovervåking og marin forvaltning.

Et eksempel på hvordan satellittdata allerede brukes operativt i Norge er Havforskningsinstituttets Algestatus-tjeneste[13]. Tjenesten benytter satellittbaserte estimater av klorofyll-a som indikator på planteplanktonbiomasse og algeoppblomstring i norske hav- og kystområder. Informasjonen brukes blant annet til miljøovervåking, forskning og vurdering av forhold som kan påvirke marine

[12] https://www.imr.no/geodata/geodataHI.html

[13] Satellittinformasjon - klorofyllkonsentrasjoner | Algestatus

økosystemer og akvakultur. Satellittdata gir her en mulighet til å overvåke store havområder regelmessig og med langt høyere geografisk dekning enn det som er mulig gjennom tradisjonelle prøvetakingsprogrammer alene. Tidsserier av klorofyllkonsentrasjoner kan også bidra til å identifisere langsiktige endringer i produktivitet, eutrofiering og miljøtilstand i kyst- og havområder.



Figur 7. Skjermbilde av kart fra Algestatus[14] for klorophyllkonsentrasjon (i mg/m³) for produksjons-området mellom Helgeland – Bodø, laget med bruk av satellittdata.

For kommunesektoren vil Kystverkets tjenester ofte være mest relevante for operative oppgaver knyttet til sikkerhet og beredskap, mens Copernicus Marine og HI dataportalen i større grad kan bidra med miljø- og klimarelaterte analyser over tid.

[14] https://algeimg.hi.no/figurer_regelmessig/weekly_prodomrade8.png

Dette kan omfatte tidsserier for havtemperatur, bølgeklima, havstrømmer og andre indikatorer som er relevante for klimatilpasning, miljøovervåking, akvakultur og kystsoneplanlegging.

4.10.3.4 Algeoppblomstring i ferskvann

På samme måte som marine karttjenester kan støtte overvåking av havområder, kan satellittbaserte ferskvannstjenester bidra til tidlig varsling og overvåking av miljøforhold i innsjøer og vassdrag. Blant kartlagene som finnes i Copernicus Land Monitoring Service er kart for vannkvalitet i store og mellomstore innsjøer. Med data fra Sentinel-3 lages kart om klorofyll-a-konsentrasjonen og turbiditet (konsentrasjonen av suspenderte stoffer), med en 300 m oppløsning som er oppdatert hver 10. dag. Tidsserier for vannkvalitet går tilbake til 2002.

For norske forhold er ØKOSAT[15] et eksempel på hvordan satellittdata kan brukes til mer detaljert overvåking av ferskvann. Prosjektet utvikler metoder for å estimere vannkvalitetsparametere som klorofyll-a, turbiditet og siktedyp i innsjøer og kystvann ved hjelp av satellittdata kombinert med lokale målinger og modellering. Mens europeiske produkter fra Copernicus hovedsakelig dekker større innsjøer, er målet med ØKOSAT å gjøre satellittbasert vannovervåking relevant også for mindre vannforekomster som ofte er viktige i kommunal forvaltning. Prosjektet er etablert som et partnerskap under Space Climate Observatory (SCO) med støtte fra Direktoratet for romvirksomhet, og en første operativ testversjon av tjenesten er planlagt tilgjengelig i 2026. Slike tjenester kan gi hyppigere og mer arealdekkende informasjon enn tradisjonell feltbasert overvåking alene, og kan støtte oppfølging av vannforskriften, overvåking av eutrofiering og algeoppblomstringer, samt gi et bedre kunnskapsgrunnlag for forvaltning av innsjøer og vassdrag.

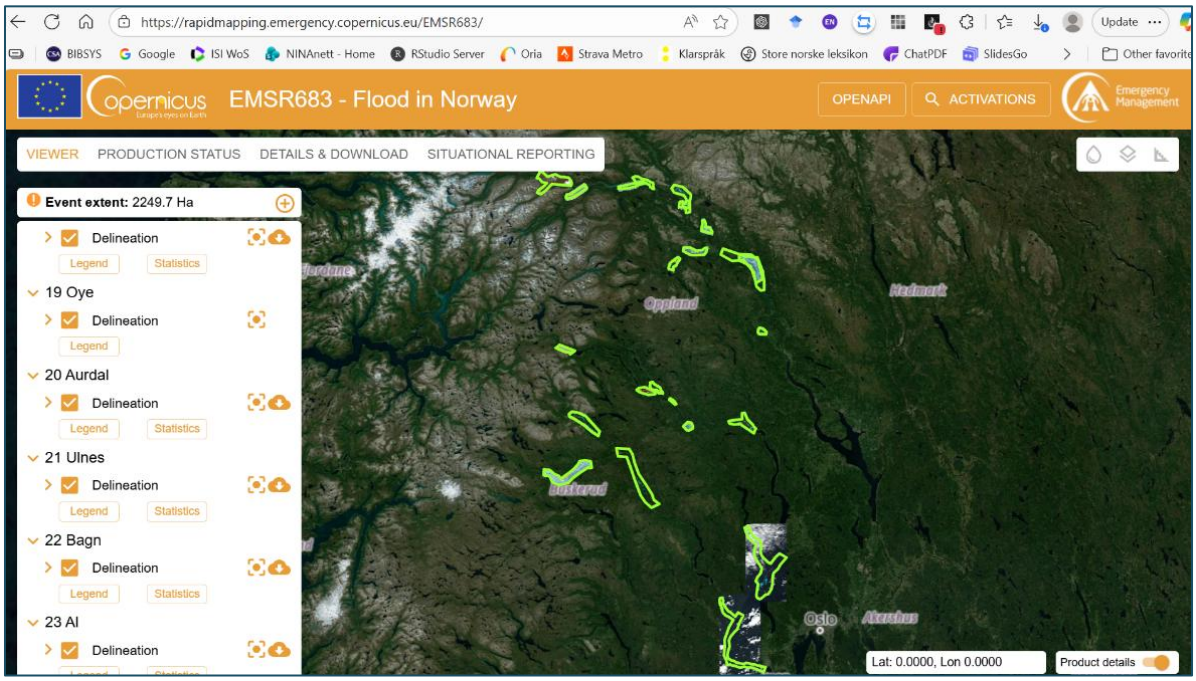
4.10.3.5 Satellittdata-tjenester for flom beredskap

De nasjonale flomvarslene i Norge bygger i stor grad på modeller og data fra SeNorge-systemet med omtrent 1 × 1 km romlig oppløsning og daglig tidsoppløsning. Disse dataene brukes i hydrologiske modeller for å beregne vannføring, jordfuktighet og flomfare på regionalt nivå (Langsholt og Grønbech 2021). Varslene fra NVE/Varsom er derfor godt egnet for nasjonal og regional overvåking og tidlig varsling, men er ofte for grove til å beskrive detaljert flomutbredelse i enkeltkommuner, små vassdrag eller tettbygde områder.

Som supplement til de nasjonale varslene bruker DSB også EUs system for tidlig flomvarsling: European Flood Awareness System (EFAS) (se figur 9 under). EFAS er en del av Copernicus Emergency Management Service (EMS) og brukes til å overvåke og forutsi flomfare flere dager i forveien, vanligvis mellom 3 og 10 dager før

[15] ØKOSAT | Space for Climate Observatory

en hendelse. Systemet opererer hovedsakelig på regional skala og gir normalt ikke høyere romlig detaljering enn de norske modellene, men styrken ligger i europeisk samordning, ensembleprognoser og tidlig varsling flere dager fram i tid. Som beskrevet over kan EMS aktiveres ved større hendelser slik at Copernicus data suppleres med høyoppløselige data fra kommersielle satellitter samt bilder fra fly og droner for å støtte situasjonsforståelse og beredskap.

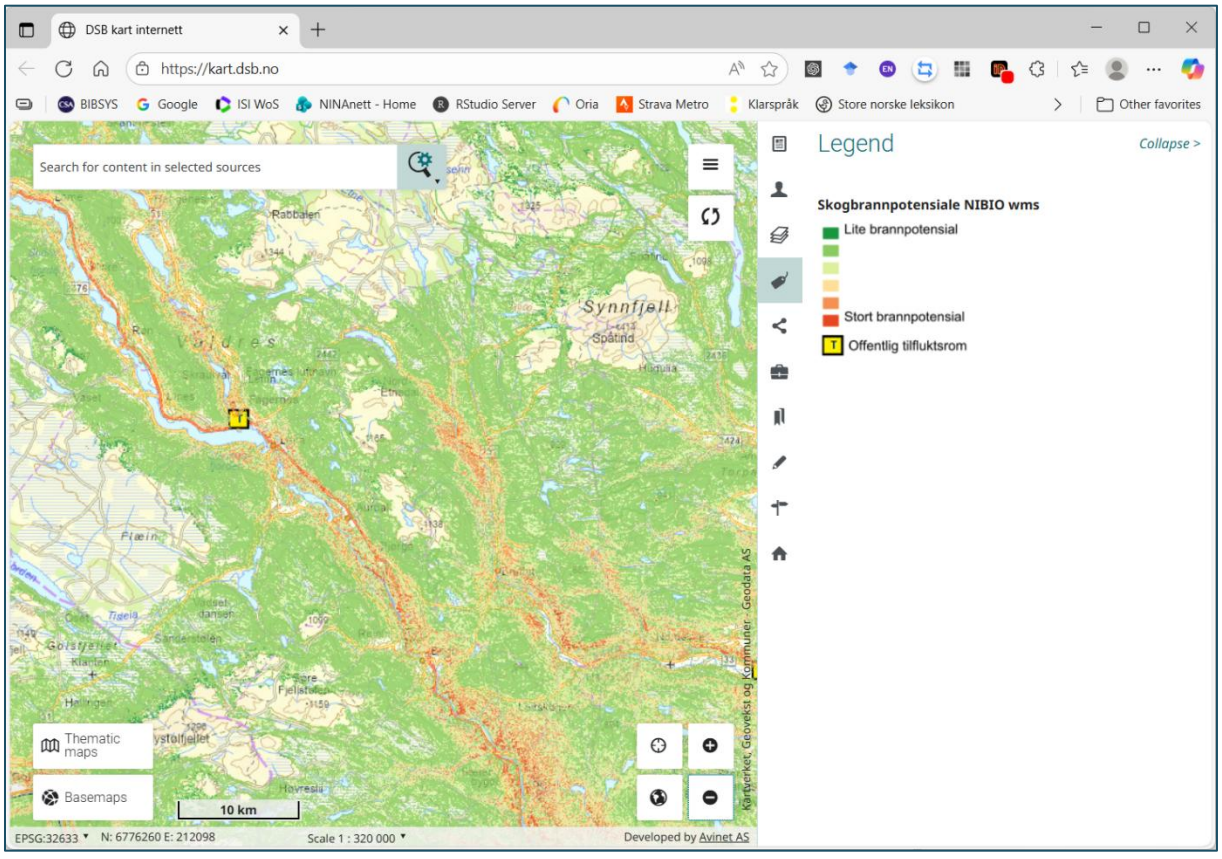


Figur 8. Skjermbildet fra Copernicus EMS - European Flood Awareness System som viser noen av de 23 områdene som ble kartlagt i Norge under ekstremværet Hans, august, 2023. Kartlegging av flomutbredelsene hadde en høy romlig oppløsning (0,3 – 0,5 m).

4.10.3.6 Vegetasjon og skoghelse

Copernicus Land Monitoring Service tilbyr flere satellittbaserte kart- og analysetjenester som kan brukes til å utvikle KPI-er for vegetasjon, jordfuktighet, tørke og skoghelse. Tjenesten bygger blant annet på Sentinel-satellittene og produserer regelmessig oppdaterte datasett for vegetasjonsindekser, bladareal, jordfuktighet, markfuktighet og ulike indikatorer for plantevekst og tørkestress. Slike data kan brukes til å overvåke utviklingen i vegetasjonstilstand over tid, identifisere områder med redusert plantevekst eller tørkepåvirkning, og følge endringer etter ekstremvær, skogskader eller langvarige tørkeperioder. For jordbruk og arealforvaltning kan satellittdata også brukes til å kartlegge avlingsutvikling og avlingsskader, for eksempel etter tørke, flom eller frost. Regelmessige satellittobservasjoner gjør det mulig å utvikle KPI-er som beskriver både dagens tilstand og endringer over tid, noe som kan være relevant for klimatilpasning, naturforvaltning, landbruk og beredskap i kommunesektoren.

NIBIO har utviklet et nasjonalt kart for skogbrannpotensiale som er tilgjengelig gjennom DSBs kartløsning på kart.dsb.no (se skjermbilde i Figur 10 under). Kartet viser hvor stor sannsynlighet det er for at en skogbrann kan utvikle seg og spre seg, basert på terreng- og vegetasjonsegenskaper. Modellen kombinerer satellittdata og annet digitale skogressursdata, blant annet om treslag, skoghøyde, volum, markfuktighet, terrenghelling og eksposisjon. Disse variablene vektes sammen til en indeks for skogbrannpotensiale med verdier fra 0 til 100 og en romlig oppløsning på 16 × 16 meter. Kartet er utviklet for å støtte beredskap, risikovurderinger og planlegging ved skogbrannhendelser, og illustrerer hvordan satellittdata og andre fjernmålingsdata kan brukes til operative naturfareanalyser.

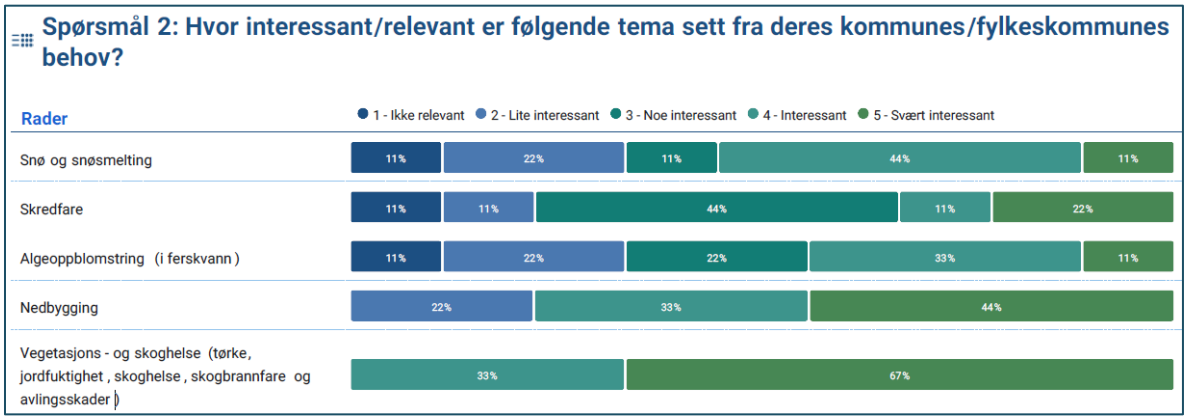


Figur 9 Skjermbilde av kart over skogbrannpotensiale, tilgjengelig gjennom https://kart.dsb.no/

4.11 Deltakende kommuners innspill på utvalg av KPI-er

Deltakerne i prosjektets første workshop og i gruppeintervjuene identifiserte et bredt spekter av temaområder der satellittdata kunne være relevante for kommunal planlegging, miljøovervåking, klimatilpasning og beredskap (se vedlegg 2 og Kapittel 3). De uttrykket særlig stor interesse for tema knyttet til flom, skred, arealbruksendringer, vegetasjon og naturfare, men også marine forhold, forurensning

og kystrelaterte problemstillinger ble trukket fram. Flere av forslagene handlet om overvåking av endringer over tid, som nedbygging, skoghelse, restaurering av natur eller utvikling i flom- og skredrisiko. Prosjektteamets referansegruppe, bestående av fageksperter innen satellittdata, vurderte deretter hvilke temaer som egnet seg best for satellittbasert overvåking, samt behovet for å kombinere satellittdata med andre datakilder som terrengmodeller, sensorer og lokale fagdata. Med utgangspunkt i denne prosessen ble det valgt ut fem prioriterte variabler som ble vurdert som særlig relevante og realistiske for utvikling av en Proof of Concept (PoC) for prosjektets Del 3. Denne listen ble deretter sendt til deltakerkommunene og fylkeskommunen for avstemming og videre prioritering (se Kapittel 5). Figur 11 under viser resultater av denne spørreundersøkelsen.



Figur 10. Resultater av spørreundersøkelsen vi sendte til prosjektdeltakere for å måle hvilke temaer skulle brukes i utvikling av et PoC for verktøy for å tilrettelegge økt bruk av satellittdata i kommunalt og fylkeskommunalt arbeid.

4.12 Oppsummering

Satellittdata gir kommuner og fylkeskommuner nye muligheter til å overvåke miljøforhold, arealbruk og naturfare på en systematisk og oppdatert måte. Åpne satellittprogrammer som Copernicus gjør det mulig å følge endringer over tid i en rekke miljøvariabler som kan gi et bedre kunnskapsgrunnlag for norske kommuner og fylkeskommuner på en mer effektiv måte. I dette kapittelet identifiserer vi noen spesifikke variabler og KPI-er som er spesielt godt egnet for bruk av satellittdata: arealendringer, naturtypekartlegging, overvåking av en rekke marinvariabler og ferskvannsvariabler, beredskap og krisehåndtering knyttet til flom, og vegetasjon. Satellittdata er særlig verdifulle fordi de gir heldekkende og sammenlignbare observasjoner over store områder, også på steder som er vanskelig tilgjengelige fra bakken. Samtidig er satellittdata sjelden tilstrekkelige alene, og må ofte kombineres med lokale data, modeller, sensorer og fagkunnskap for å gi et godt beslutningsgrunnlag.

Kapittelet har beskrevet hvordan satellittdata i økende grad brukes til å utvikle karttjenester, indikatorer og varslingstjenester som kan støtte planlegging,

klimatilpasning, miljøforvaltning og beredskap i kommunesektoren. Eksemplene spenner fra overvåking av nedbygging og naturtyper til flomvarsling, skogbrannpotensiale og marine miljøvariabler. Samtidig understrekes det at valg av satellittdata og indikatorer må tilpasses problemstillingen, blant annet med hensyn til oppløsning, oppdateringsfrekvens og usikkerhet. Satellittdata representerer derfor ikke ferdige svar, men et stadig viktigere kunnskapsgrunnlag som kan bidra til mer systematiske, transparente og kunnskapsbaserte beslutninger over tid.

5. Utarbeidelse av Proof of Concept

Formålet med vår Proof of Concept (PoC) har vært å undersøke om og hvordan satellittdata og andre relevante datakilder kan omsettes til konkret og anvendbar innsikt for kommuner og fylkeskommuner. PoC-en inngår som prosjektets visualiseringsdel, og skal demonstrere hvordan indikatorer og datagrunnlag kan presenteres på en måte som er operativt nyttig. Det er viktig å merke seg at PoC-en ikke er utviklet som en ferdig løsning, men som en demonstrator for å teste hvordan satellittdata, indikatorer og geografiske analyser kan sammenstilles og presenteres i et brukerrettet grensesnitt.

5.1 Avgrensning til vegetasjon, tørke og vegetasjonsstress

Innspillene fra workshopene og gruppeintervjuene viste at deltakerkommunene og fylkeskommunen ser et bredt potensial for satellittdata innen flere fagområder. Samtidig kom det tydelig fram at utfordringen i liten grad handler om mangel på data, men snarere om hvordan data kan omsettes til anvendbar kunnskap inn i kommunal arbeidshverdag. Flere pekte også på behovet for å kunne følge utvikling og endringer over tid, snarere enn tilgang til enkeltstående observasjoner. Historikk og tidsserier ble trukket fram som særlig relevant i arbeidet med forebygging, beredskap og langsiktig planlegging.

På bakgrunn av innspillene fra Del 1 og 2 ble PoC-en avgrenset til vegetasjon, tørke og vegetasjonsstress. Temaet ble valgt fordi det svarte på tydelige behov i kommunene/fylkeskommunen, samtidig som området egner seg godt for analyser av utvikling over tid basert på satellittobservasjoner. Andre temaer, som flom, naturfare og arealbruksendringer, ble også vurdert som relevante. For flere av disse finnes det allerede etablerte datakilder, sektorløsninger eller pågående initiativer (se Kapittel 3). Derfor ble vegetasjon og tørke vurdert som et egnet område for å demonstrere hvordan ulike datakilder kan bearbeides, sammenstilles og presenteres som beslutningsstøtte.

Tilbakemeldingene fra brukertestene (se avsnitt 2.3.1) ble brukt aktivt i videreutviklingen av løsningen. Dette førte blant annet til: forenkling av visualiseringer og grensesnitt, tydeligere bruk av indikatorer og risikonivåer, større fokus på historikk og utvikling over tid, samt bedre sammenstilling av flere datakilder i samme arbeidsflate.

Flere av deltakerne trakk særlig fram verdien av å samle flere datakilder, indikatorer og analyser i én arbeidsflate. Historikk, utvikling over tid og muligheten til å analysere egendefinerte geografiske områder ble også opplevd som særlig nyttig i arbeidet med situasjonsforståelse og beredskap. Brukertestene viste samtidig at brukerne i liten grad var opptatt av den tekniske prosesseringen eller satellittdataene i seg selv, men i større grad av hvilken innsikt løsningene kunne gi og hvordan informasjonen kunne brukes som støtte i praktiske vurderinger og beslutninger.

5.2 Teknisk tilnærming og operasjonalisering

Det tekniske arbeidet hadde som mål å utvikle en generisk og skalerbar prosesseringskjede for innhenting, bearbeiding og operasjonalisering av satellittdata og andre relevante datakilder for kommunal sektor. Arbeidet har derfor i stor grad vært rettet mot automatisert datainnhenting, filtrering, prosessering og tilgjengeliggjøring av data, fremfor manuell analyse eller enkeltstående visualiseringer.

Et sentralt mål har vært å undersøke hvordan store mengder satellittdata og indikatorer kan bearbeides til mer relevante, forståelige og anvendelige datasett tilpasset norske forhold og kommunale/fylkeskommunale behov.

Dataflyten ble utviklet som en parameterstyrt arbeidsflyt der data automatisk kan hentes inn basert på geografisk område og tidsperiode. Dette gjør det mulig å oppdatere analyser løpende etter hvert som nye observasjoner blir tilgjengelige, samtidig som løsningen kan skaleres til flere kommuner, geografiske områder og temaområder. PoC-en fungerer i denne sammenhengen primært som en demonstrator for hvordan slike data, indikatorer og arbeidsflyter kan presenteres og brukes i praksis.

5.3 Datainnhenting og prosessering

Vi tok utgangspunkt i Sentinel-2-data fra Copernicus-programmet, nivå 2A-data (S2MSI2A), som er atmosfærekorrigerte satellittdata tilrettelagt for analyse av vegetasjon og miljøforhold. Mer spesifikt ble indikatorene NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index* - og NDMI - *Normalized Difference Moisture Index* - brukt i analysene. Ferdig prosesserte produkter fra Copernicus Land Monitoring Service (CLMS), ble også vurdert. Disse produktene tilbyr blant annet ferdig beregnede vegetasjons- og tørkeindikatorer, men med en geografisk oppløsning på rundt 300 meter. Dette ble vurdert som for grovt for analyser på kommunenivå, der det var behov for høyere detaljnivå.

For å oppnå høyere detaljnivå ble indikatorene NDVI og NDMI beregnet direkte fra rådataene gjennom egne prosesseringsrutiner utviklet i FME[16], med støtte fra GIS-

[16] Feature Manipulation Engine (FME) er et verktøy for integrasjon, transformasjon og automatisert behandling av geografiske data. Verktøyet brukes til å strukturere, analysere og konvertere data mellom ulike formater og systemer. Les mer om FME her: https://www.norkart.no/fme

og analysebiblioteker som GDAL[17], SAGA GIS[18] og QGIS[19]. Data ble hentet automatisk gjennom Copernicus sitt API (Application Programming Interface), som gjør det mulig å søke opp og laste ned satellittdata basert på geografisk område og tidsperiode. I PoC-en ble Ringebu kommune, ett av casene i prosjektet, brukt som testområde.

Det ble samtidig gjennomført filtrering av irrelevante observasjoner knyttet til blant annet skyer, skygger, vann og snø for å gjøre analysene mer robuste og bedre egnet for videre bruk i visualiseringer og tidsserier. Tabell 4 under oppsummerer datagrunnlaget brukt i PoC-en.

Tabell 4. Oversikt over sentrale datakilder og indikatorer brukt i PoC-en.

Datakilde / indikator	Bruksområde	Opp-datering	Opp-løsning	Begrensninger / kommentar	Kilde
NDVI (egen beregning)	Vegetasjons-helse og vegetasjons-stress	~1-3 dager	10 m	Påvirkes av skydekke, snø og sesong-variasjoner	Basert på Sentinel-2 rådata
NDMI (egen beregning)	Fuktighet og tørkestress i vegetasjon	~1-3 dager	10 m	Påvirkes av skydekke og lavere oppløsning	Basert på Sentinel-2 rådata
Vegetasjons- og tørkestress (kombinert indikator)	Samlet vurdering av vegetasjons-tilstand og tørkerisiko	~1-3 dager	10 m	Bygger på kombinasjon av NDVI og NDMI	Egen prosess-ering
Nedbør (prognose)	Prognose for forventet nedbør	Daglig	Modell-basert prognose	Prognose-usikkerhet	MET Location forecast
Nedbør (observert)	Observerte nedbørs-målinger og historikk	Løpende	Måle-stasjon	Lokal variasjon mellom stasjoner	MET Frost API
Skogbrann-potensial	Risiko for spredning og intensitet ved skogbrann	Ikke løpende oppdatert	16 × 16 m	Modellbasert kart basert på skogressurser, terreng og satellittdata	NIBIO
AR5	Areal-ressurskart	Kontinuerlig ajourhold og periodisk	Kart-måle-	Oppdaterings-grad varierer	NIBIO

[17] GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) er et åpent kildekodebibliotek for lesing, skriving og prosessering av geografiske raster- og vektordata. Biblioteket brukes mye innen fjernmåling og satellittdataanalyse. Les mer om GDAL her: https://gdal.org/
[18] SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analyses) er et åpent kildekodeverktøy for geografiske analyser og behandling av rasterdata, ofte brukt innen terrenganalyse, miljømodellering og satellittdata. Les mer om SAGA GIS her: http://www.saga-gis.org/
[19] QGIS er en fri og åpen kildekode-programvare for geografiske analyser, visualisering og behandling av geografiske data. Les mer om QGIS her: https://qgis.org/

		oppdatering mot nye flybilder	stokk 1:5 000	mellom kommuner	

5.3.1 Utfordringer og begrensninger

En sentral utfordring ved bruk av optiske satellittdata er skydekke, som i perioder kan gi mangelfulle eller uegnede observasjoner for analyse. Dette er særlig relevant i deler av Norge med hyppig skydekke og begrenset sikt (se kapittel 3.2).

Det finnes alternative datakilder, som radarbaserte satellittdata fra Sentinel-1, som kan observere gjennom skyer. Slike data innebærer imidlertid andre begrensninger knyttet til blant annet oppløsning og tolkbarhet.

Arbeidet har derfor måttet balansere hensyn knyttet til oppdateringsfrekvens, geografisk oppløsning, datakvalitet og robusthet i datagrunnlaget.

5.3.2 Skalerbarhet og videre bruk

En sentral erfaring fra prosjektarbeidet er at den største verdien ikke nødvendigvis ligger i selve visualiseringen eller PoC-en, men i den underliggende prosesseringskjeden for innhenting, filtrering, bearbeiding og operasjonalisering av data. Arbeidsflyten ble utviklet som en generisk og parameterstyrt metode som kan videreføres til andre geografiske områder, temaområder og datakilder.
Dette gjør det mulig å:

- hente inn data automatisk
- filtrere og strukturere relevante datasett
- beregne indikatorer
- sammenstille flere datakilder
- og tilgjengeliggjøre resultatene gjennom standardiserte tjenester og arbeidsflater.

Tilnærmingen kan samtidig bidra til å redusere kompleksiteten knyttet til store internasjonale datakataloger, som Copernicus-programmet, ved å tilrettelegge og filtrere data tilpasset norske behov og kommunale arbeidsprosesser.

Arbeidet viser samtidig at satellittbaserte analyser ofte blir mest relevante når flere datakilder kombineres. Dette samsvarer med eksisterende nasjonale løsninger, som NIBIOs kart for skogbrannpotensial (NIBIO rapport nr. 162, 2021), der satellittdata kombineres med blant annet værdata, terrengmodeller, skogressurser og andre geografiske analyser for å gi et bedre beslutningsgrunnlag.

Den tekniske tilnærmingen gjør det mulig å videreutvikle metodikken til flere temaområder, eksempelvis:

- flom

- naturfare
- hav og kyst
- arealbruksendringer og
- miljøovervåking.

Strukturen legger også til rette for videre bruk av automatiserte analyser, prognoser og KI-baserte metoder for å håndtere større datamengder, forklare resultater og identifisere utvikling og avvik over tid.

5.4 PoC – funksjonalitet og oppbygning

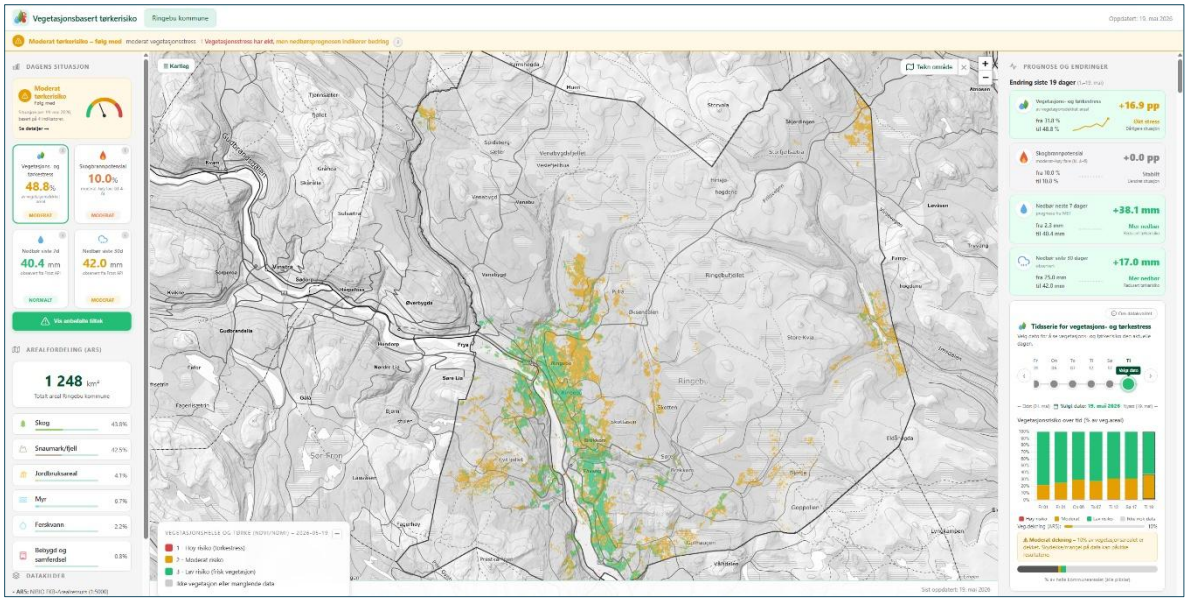
Visualiseringsløsningen er bygget opp som en kartbasert arbeidsflate for visualisering av indikatorer og tilhørende analyser. Kartet fungerer som hovedflate for analyse og visualisering, og kombineres med nøkkeltall, indikatorer og tidsserier som gir brukeren oversikt over både nåsituasjon og utvikling over tid.

Et bevisst valg i utviklingen av arbeidsflaten har vært å tone ned tekniske begreper, satellittfaglige uttrykk og komplekse datakilder i selve brukergrensesnittet. Dette bygger på tilbakemeldinger og innspill fra casekommunene og fylkeskommunen (se kapittel 2). Arbeidet har i stedet fokusert på hvordan indikatorer, analyser og utvikling over tid kan presenteres på en måte som er relevant og forståelig i kommunal arbeidshverdag.

Satellittdataene fungerer dermed primært som et underliggende datagrunnlag, mens arbeidsflaten fokuserer på innsikt, situasjonsforståelse og beslutningsstøtte framfor selve teknologien og datakildene.

PoC-en er ikke utviklet med fullverdige prognosemodeller, men undersøker hvordan historiske observasjoner, indikatorutvikling og tilgjengelige værdata kan brukes som grunnlag for enkle framoverskuende vurderinger. Løsningen bygger på løpende oppdaterte nedbørsdata hentet automatisk fra MET sine API-er. Så lenge løsningen har tilgang til internett og oppdaterte datakilder, vil visualiseringer, indikatorer og vurderinger oppdateres automatisk etter hvert som nye observasjoner blir tilgjengelige. Dette innebærer at både indikatorverdier, risikovurderinger, fargeklassifiseringer og overordnede meldinger i arbeidsflaten kan endres over tid basert på nye data og utvikling i situasjonen. Dette gjelder foreløpig ikke satellittdata, men tilsvarende automatiserte oppdateringer vil også kunne etableres for disse.

Figur 12 under viser arbeidsflaten i sin helhet, der nåsituasjon for vegetasjon og tørkestress vises til venstre, mens prognoser, framoverskuende vurderinger og utvikling over tid vises til høyre.



Figur 11. Oversiktsvisning av den kartbaserte arbeidsflaten utviklet i PoC-en, med indikatorer, historikk, utvikling over tid og geografiske analyser knyttet til vegetasjon og tørkerisiko.

Løsningen er utviklet med vekt på oversikt, raske vurderinger og tydelig formidling av utvikling, risiko og tilstand over tid.

PoC-en inkluderer blant annet (se figur 13 under):

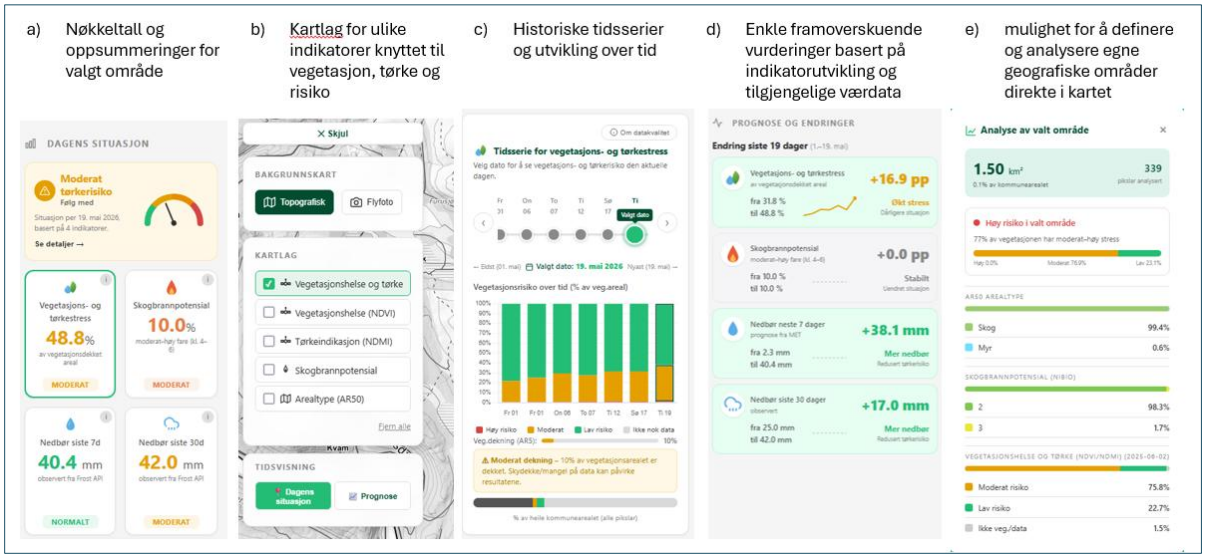
a) nøkkeltall og oppsummeringer for valgt område

b) kartlag for ulike indikatorer knyttet til vegetasjon, tørke og risiko

c) historiske tidsserier og utvikling over tid

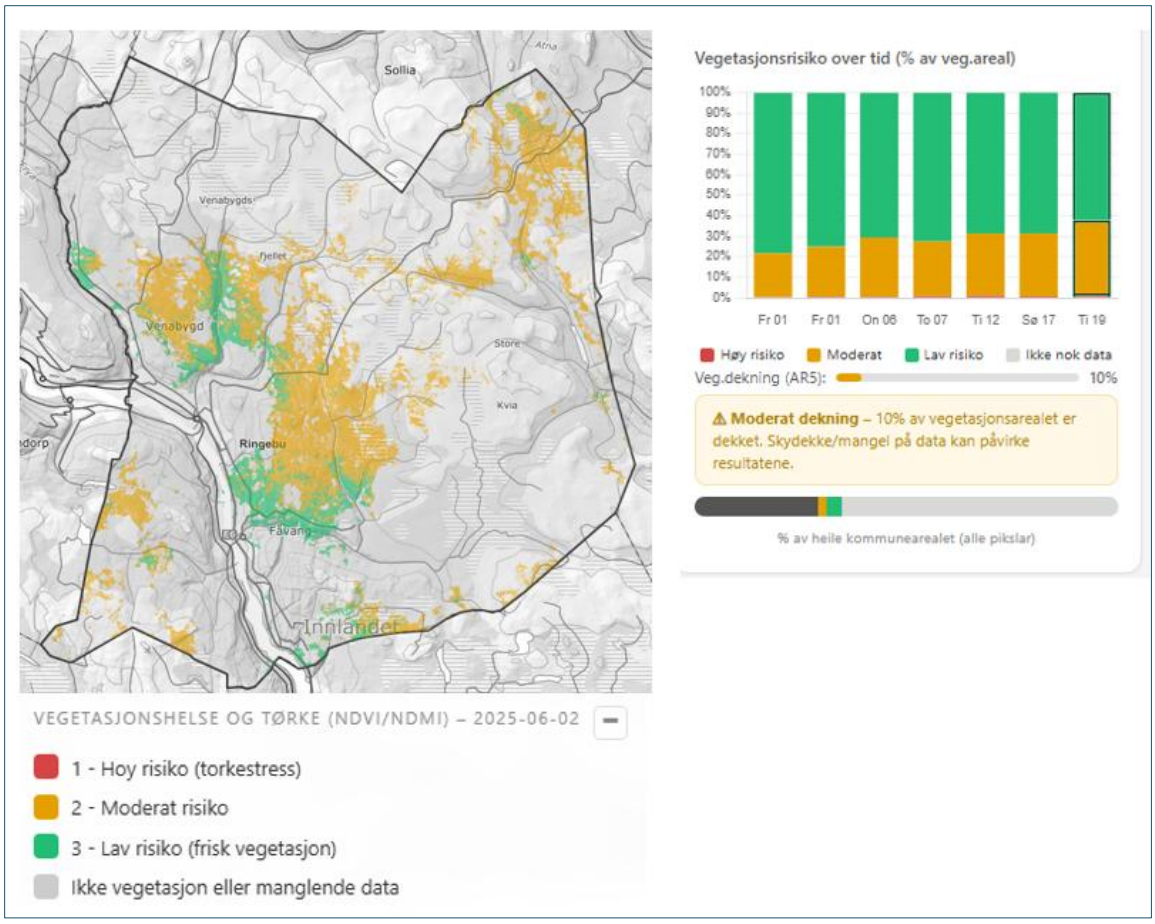
d) enkel visualisering av utvikling over tid og framoverskuende vurderinger

e) samt mulighet for å definere og analysere egne geografiske områder.



Figur 12. Eksempler på sentrale funksjoner i den kartbaserte arbeidsflaten, inkludert nøkkeltall, kartlag, tidsserier, utvikling over tid og analyse av egendefinerte områder.

Visualiseringen bygger på tydelig fargebruk og indikatornivåer gjennom bruk av lav, moderat og høy risiko, visualisert gjennom grønn, gul og rød fargebruk. Målet er å gjøre det lettere å identifisere områder som krever oppfølging eller nærmere vurdering.



Figur 13. Eksempel på den kombinerte indikatoren for vegetasjons- og tørkestress, basert på sammenstilling og klassifisering av NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) og NDMI (Normalized Difference Moisture Index) -indikatorer. Visualiseringen viser risiko- og tilstandsnivåer gjennom grønn, gul og rød klassifisering samt utvikling over tid.

I stedet for å presentere store mengder rådata, fokuserer løsningen på å løfte fram beslutningsstøtte gjennom:

- sammenstilling av flere indikatorer
- forenklede risikovurderinger
- og tydelig visualisering av endringer over tid.

Løsningen er utviklet med tre hovedbrukere i tankene:

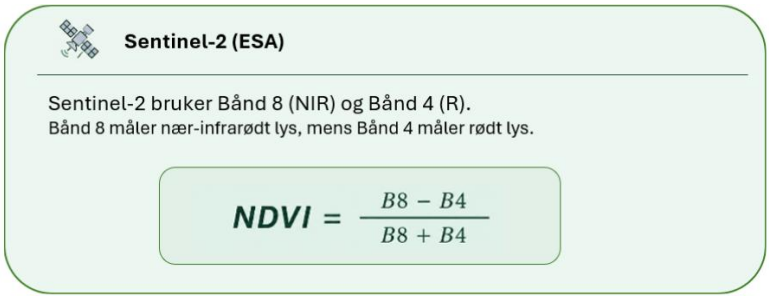
- operativt nivå innen beredskap og samfunnssikkerhet
- fagområder som miljø, arealplanlegging og landbruk
- og ledelse og beslutningstakere med behov for en mer aggregert framstilling.

Arbeidet forsøker dermed å balansere behovet for detaljert faglig innsikt med behovet for en oversiktlig presentasjon som kan støtte beslutninger på flere nivåer i kommunal sektor.

5.5 Indikatorer og faglig grunnlag

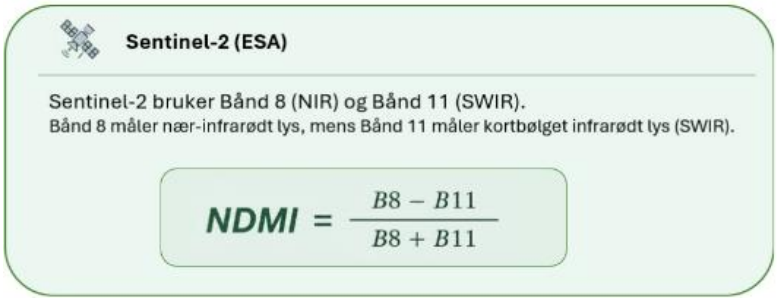
Løsningen bygger på egen beregning av indikatorene NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) og NDMI (Normalized Difference Moisture Index) basert på rådata fra Sentinel-2.

NDVI (figur 15) ble brukt som indikator på vegetasjonshelse og vegetasjonsstress. Høye verdier indikerer normalt sunn og aktiv vegetasjon, mens lave verdier kan indikere redusert vekst, svak vegetasjon eller vegetasjonsstress.



Figur 14 Beregning av NDVI basert på rødt og nær-infrarødt lys fra Sentinel-2.

NDMI (figur 16) ble brukt som indikator på fuktighet i vegetasjonen. Lave verdier kan indikere tørrere forhold og mulig tørkestress, mens høyere verdier indikerer bedre fuktighetsstatus.



Figur 15 Beregning av NDMI basert på nær-infrarødt og kortbølget infrarødt lys fra Sentinel-2.

For å gjøre resultatene enklere å bruke i analyser og vurderinger ble indikatorene klassifisert i tre nivåer: lav risiko, moderat risiko og høy risiko som vist i tabell 5:

Tabell 5. Klassifisering av indikatorverdier brukt i PoC-en.

Risiko	NDVI	NDMI
Høy risiko	< 0.4	< 0.0
Moderat risiko	0.4 – 0.6	0.0 – 0.2
Lav risiko	> 0.6	> 0.2

Klassifiseringene bygger på generelle terskelverdier og erfaringsverdier brukt i internasjonale vegetasjons- og tørkeanalyser basert på NDVI- og NDMI-indikatorer, blant annet beskrevet av Agricolus (2024[20]). Terskelverdiene ble videre vurdert opp mot norske forhold som en del av PoC-arbeidet.

Det ble samtidig gjort vurderinger av hvor godt slike terskelverdier treffer norske forhold. Norge har generelt høyere fuktighet og tettere vegetasjon enn mange av områdene indikatorene ofte brukes på internasjonalt. Det kan derfor være behov for videre kalibrering og tilpasning av terskelverdier for å unngå at store områder framstår som gjennomgående grønne selv i situasjoner med økende tørkestress.

I tillegg ble det utviklet en kombinert indikator for vegetasjons- og tørkestress, der NDVI og NDMI sammenstilles til en samlet vurdering:

rød → begge indikatorer viser høy risiko

gul → én indikator viser høy risiko eller begge moderat risiko

grønn → begge indikatorer viser lav risiko

Målet med denne sammenstillingen har vært å undersøke hvordan flere indikatorer kan kombineres og visualiseres som et enklere grunnlag for vurderinger og beslutningsstøtte i kommunal sektor. PoC-en er ikke utviklet som en full fagmodell eller endelig risikovurdering, men som en demonstrasjon av hvordan ulike indikatorer kan bearbeides, kombineres og presenteres i en kommunal arbeidshverdag.

5.6 Avgrensninger

PoC-en er avgrenset til vegetasjon, tørke og vegetasjonsstress som eksempelområde for å demonstrere hvordan satellittdata og andre relevante datakilder kan bearbeides og presenteres som beslutningsstøtte i kommunal sektor. Temaområdet ble valgt som en bevisst avgrensning av arbeidet. Målet har ikke vært å utvikle en generell innsynsløsning for alle tilgjengelige satellittdata, men å undersøke hvordan utvalgte data og indikatorer kan sammenstilles, analyseres og presenteres som beslutningsstøtte gjennom en konkret demonstrator, som senere kan videreføres til andre temaområder.

[20] NDVI and NDMI vegetation indices: instructions for use, 29 May 2018, https://www.agricolus.com/en/vegetation-indices-ndvi-ndmi/

Med større omfang eller lengre tidshorisont kunne PoC-en også vært kombinert med en bredere oversikts- og innsynsløsning for tilgjengelige datasett og tjenester. Det ble samtidig gjort bevisste valg knyttet til datagrunnlag og prosessering. Ferdig prosesserte produkter fra Copernicus Land Monitoring Service (CLMS) ble vurdert, men oppløsningen ble vurdert som for grov for analyser på kommunenivå. Det ble derfor valgt å beregne indikatorer direkte fra Sentinel-2-rådata for å oppnå høyere geografisk detaljnivå og større fleksibilitet i videre bearbeiding.

Klassifiseringene og terskelverdiene som er brukt i visualiseringen, inkludert inndeling i lav, moderat og høy risiko, er utviklet som en del av PoC-en og må forstås som foreløpige demonstrasjoner av metodikken. Terskelverdier, klassifiseringer og kombinasjoner av indikatorer vil kreve videre faglig vurdering, testing og kalibrering for ulike norske forhold, landskapstyper og bruksområder før eventuell operativ bruk.

Nedbørsprognosene som er brukt i PoC-en må også tolkes i sammenheng med historiske forhold og utvikling over tid. Økt nedbør i prognosene betyr ikke nødvendigvis at situasjonen forbedres dersom området allerede har vært preget av langvarig tørke eller lav fuktighet over tid. Tilsvarende vil perioder med mye nedbør ikke nødvendigvis redusere vegetasjonsstress umiddelbart.

Framoverskuende vurderinger i PoC-en må derfor forstås som forenklede indikasjoner basert på sammenstilling av flere datakilder. Løsningen er ikke utviklet som en fullverdig prognosemodell eller faglig risikovurdering.

Det tekniske arbeidet har også fokusert på å etablere en generisk og parameterstyrt arbeidsflyt for automatisk oppdatering og videre bearbeiding av data. Løsningen må imidlertid forstås som en demonstrator og ikke som en ferdig operativ produksjonsløsning. Flere deler av arbeidsflyten vil kreve videre utvikling, testing og kvalitetssikring ved eventuell videreføring.

Arbeidet er videre avgrenset til Ringebu kommune som testområde og et begrenset sett med indikatorer og datakilder. Det vil derfor være behov for videre testing, tilpasning og evaluering dersom metodikken skal videreføres til andre geografiske områder, temaområder eller operative arbeidsprosesser.

5.7 Oppsummering

PoC-en demonstrerer hvordan satellittdata og andre relevante datakilder kan bearbeides, sammenstilles og presenteres som beslutningsstøtte gjennom en kartbasert arbeidsflate for kommunal sektor.

Løsningen viser hvordan indikatorer, tidsserier og geografiske analyser kan brukes til å gi oversikt over utvikling, tilstand og risiko over tid, samtidig som data presenteres på en måte som er mer relevant og forståelig i kommunal arbeidshverdag.

Brukertestene viste særlig behov for:

- sammenstilling av flere datakilder i én arbeidsflate
- historikk og utvikling over tid

- tydelige indikatorer og visualiseringer
- løsninger som støtter situasjonsforståelse og beslutningsprosesser.

PoC-en viser samtidig hvordan satellittdata kan gi økt verdi i kommunal sektor når data gjøres mer tilgjengelige, forståelige og anvendelige i praktiske arbeidsprosesser.

Et viktig resultat fra PoC-en er derfor ikke bare selve visualiseringen, men også metodikken for datainnhenting, prosessering og operasjonalisering av data gjennom en generisk og parameterstyrt arbeidsflyt.

Selv om PoC-en er avgrenset til vegetasjon, tørke og vegetasjonsstress, viser demonstratoren hvordan metodikken senere kan videreføres til andre temaområder og datakilder.

PoC-en viser samtidig at det finnes et betydelig potensial i satellittdata og relaterte datakilder som i dag i begrenset grad utnyttes direkte i kommunal sektor, blant annet fordi dataene er komplekse, lite tilrettelagte og krevende å operasjonalisere i praktiske arbeidsprosesser.

Dialogen med kommunene og fylkeskommunen og brukertestene viser at utfordringen i liten grad handler om tilgang til data alene, men i større grad om manglende oversikt, bestillerkompetanse og kapasitet til å forstå hvilke datasett som er relevante og hvordan de kan brukes i praksis. Et mulig neste steg vil derfor være å undersøke hvordan en mer generell innsyns- og oversiktsløsning for satellittdata kan utvikles, inspirert av eksisterende løsninger i Copernicus-programmet, men tilpasset norske behov, språk og kommunale arbeidsprosesser.

Videre utvikling bør særlig fokusere på:

- videre utvikling av generiske og automatiserte dataløyper for innhenting, prosessering og tilgjengeliggjøring av satellittdata og relaterte datakilder
- utvikling av mer tilrettelagte innsyns- og oversiktsløsninger som gjør det enklere for norske brukere og kommuner å forstå hvilke datasett, tjenester og indikatorer som finnes og hvordan de kan brukes
- videre utvikling og kvalitetssikring av indikatorer, KPI-er og klassifiseringer tilpasset norske forhold og kommunale behov
- samt videre testing, evaluering og integrasjon mot kommunale arbeidsprosesser og eksisterende systemer.

6. Bruk av KI for satellittbasert analyse og beslutningsstøtte

Kunstig intelligens (KI) brukes i økende grad sammen med satellittdata for å støtte analyse, overvåking og beslutningstaking i offentlig forvaltning. KI-basert beslutningsstøtte kan grovt deles i to hovedretninger: Analyse og tilrettelegging av eksisterende satellittdata, og bruk av satellittdata til prediksjon og prognoser. Den første retningen handler om å identifisere mønstre, kartlegge miljøforhold og gjøre komplekse data lettere tilgjengelige, mens den andre handler om å estimere framtidige utviklingstrekk og risiko.

6.1 KI for analyse og tilrettelegging av satellittdata

Store deler av moderne satellittbasert kartlegging og overvåking er allerede avhengig av ulike former for automatisert analyse, maskinlæring eller KI, fordi datamengdene er for store og komplekse til å tolkes manuelt alene. Innen jordobservasjon kan KI både brukes til å analysere store mengder satellittdata automatisk og til å gjøre komplekse datasett lettere tilgjengelige for brukere uten spesialisert kompetanse. For kommunal sektor avhenger den praktiske verdien av satellittbilder av om de kan omsettes til informasjon som støtter konkrete plan- og forvaltningsoppgaver. Rå satellittbilder gir sjelden direkte svar på kommunalfaglige spørsmål og arbeidsoppgaver, men KI kan bidra til å bygge bro mellom data, beslutningsgrunnlag og kommunalfaglige arbeidsoppgaver, ved å oversette satellittbilder til relevante miljøvariabler, estimere usikkerhet og presentere resultatene som kart, indikatorer eller beslutningsstøtteprodukter.

KI kan brukes på flere måter innen fjernmåling og jordobservasjon. Metodene omfatter blant annet:

- Bildeklassifisering som brukes til å tilordne arealdekke- eller miljøklasser til piksler eller områder, for eksempel skog, våtmark, vann, jordbruk eller bebygd areal.
- Objektdeteksjon som identifiserer bestemte objekter eller strukturer, som bygninger, veier, solcelleanlegg, vindturbiner, skredspor eller skadet infrastruktur.
- Segmentering som avgrenser områder eller objekter, for eksempel flomutbredelse, brannflater, hogstflater, anleggsområder eller våtmarksområder.
- Endringsdeteksjon som sammenligner bilder fra ulike tidspunkt for å identifisere hvor arealdekke, vegetasjon, vannflater eller infrastruktur har endret seg.

I denne sammenhengen brukes KI til å identifisere mønstre som er vanskelige eller tidkrevende å kartlegge manuelt. For kommunal planlegging kan KI-baserte resultater

fra satellittdata brukes som KPI-er eller støtteindikatorer, for eksempel andel våtmarksareal i en kommune, våtmarksareal som berøres av foreslått utbygging, eller antall høyrisikoområder der det er behov for verifisering gjennom karlegging i felt.

KI kan også bidra til å håndtere noen av de praktiske utfordringene ved optiske satellittbilder. Enkeltbilder fra optiske sensorer kan være påvirket av skyer, skygger, snø, sesongvariasjon eller begrensninger ved sensoren, og mange miljøvariabler er ofte avhengige av kontekst snarere enn enkeltstående pikselverdier. En våtmark kan for eksempel ikke nødvendigvis gjenkjennes bare ut fra farge alene, men er lettere å gjenkjenne når informasjon om vegetasjon, fuktighet, terrengplassering, sesongvariasjon og omkringliggende arealdekke kombineres. KI-modeller kan integrere flere datakilder, som optiske satellittbilder, radarbilder, høydedata, flybilder og eksisterende kart, for å lære mønstre på tvers av rom og tid. Dette kan gjøre satellittbasert kartlegging mer konsistent, skalerbar og oppdatert over store områder.

En nyere utvikling innen satellittanalyse er bruk av grunnmodeller (*foundation modells*) og såkalte embeddings, altså numeriske representasjoner av geografiske mønstre i dataene. I stedet for å trene egne modeller for hver enkelt oppgave, trenes slike grunnmodeller på store mengder satellittbilder og geodata for å lære generelle mønstre i landskapet. Modellene kan deretter brukes til å lage representasjoner av landskap, vegetasjon, arealbruk eller endringer over tid som kan inngå i mange ulike analyser. For eksempel produserer Google DeepMinds AlphaEarth Foundations geospatiale embeddings som kombinerer flere typer jordobservasjonsdata i en samlet representasjon for kartlegging og overvåking (Tollefson 2025). Tilsvarende europeiske grunnmodeller utvikles nå for Copernicus-data gjennom datasett og modeller som MajorTOM (Czerkawski et al. 2024; Copernicus Data Space Ecosystem 2025).

For kommunale bruksområder kan embeddings redusere behovet for å utvikle mange separate satellittindekser manuelt, og for å behandle lange tidsserier av bilder for hver ny oppgave. En planlegger eller analytiker kan bruke slike representasjoner som grunnlag for å klassifisere arealdekke, identifisere områder som ligner på kjente våtmarker, oppdage uvanlige endringer mellom år, eller estimere miljøvariabler basert på et mindre sett med lokale referansedata. Embeddings er likevel ikke selvforklarende kartprodukter. Resultatene trenger fortsatt validering, tolkning og, ikke minst, "oversetting" fra datagrunnlag til informasjon som kan brukes i konkrete arbeidsoppgaver og som beslutningsbehov i kommunal/fylkeskommunal forvaltning.

En annen retning for KI-bruk er å kombinere satellittbilder med såkalte språkmodeller[21] for uthenting, gjenfinning og enkel analyse basert på naturlig språk. I slike systemer kan brukeren samhandle med satellittbasert informasjon gjennom vanlige spørsmål i stedet for spesialisert GIS-programvare. En bruker kan for eksempel spørre hvilke planlagte utbyggingsområder som overlapper med sannsynlig våtmark, hvor har vegetasjonsdekket gått tilbake siden 2018, eller hvilke

[21] Språkmodeller er KI-systemer som er trent til å forstå og genere tekst basert på store mengder språkdata. ChatGPT, Claude, Gemini, og Grok er eksempler av vanlige kommersielle språkmodeller.

veier som ligger nær kartlagte flomutbredelse. Systemet kan deretter hente relevante kartlag, gjennomføre geografiske analyser og returnere både et kart og korte forklaringer. I en krisesituasjon kan slike løsninger brukes til å identifisere berørt infrastruktur basert på flomkart, vei- og bygningsdata.

Slike løsninger kan redusere behovet for spesialisert GIS-kompetanse og gjøre satellittbaserte analyser lettere tilgjengelige for kommunale planleggere, beredskapsaktører og andre beslutningstakere. Felles for disse bruksområdene er at satellittdata omsettes fra piksler og rådata til informasjon som kan forstås, sammenlignes og brukes direkte i planlegging og beslutningsprosesser.

Flere av metodene som er beskrevet over brukes allerede i operative eller eksperimentelle løsninger for kartlegging, overvåking og beslutningsstøtte. Eksemplene nedenfor illustrerer hvordan KI-baserte analyser av satellittdata brukes i problemstillinger med relevans for kommunesektoren.

6.1.1 KI for å kartlegge nedbygging av natur

En av de mest kjente anvendelser av KI i analyse av satellittdata i Norge er prosjektet «Norge i rødt, hvitt og grått», utviklet i samarbeid mellom NRK og NINA. Prosjektet kombinerte KI, satellittdata og geografiske analyser for å lage den første heldekkende kartleggingen av nedbygging av natur i Norge (Støstad m.fl. 2024). Metodikken ble senere videreutviklet og oppskalert til europeisk nivå gjennom prosjektet «Fra grønt til grått» (*Green to Grey*), som kartla nedbygging i 39 europeiske land (Arena for Journalism i Europe 2025; Venter m.fl. 2026).

Metoden bygger på Sentinel-2-satellittdata og KI-modellen Dynamic World[22], utviklet av Google og World Resources Institute (Brown m.fl. 2022). Modellen analyserer satellittbilder og estimerer sannsynligheten for ulike typer arealdekke, som skog, jordbruk, vann eller bebyggelse. Ved å analysere hvordan sannsynligheten for bebyggelse utviklet seg over tid, kunne prosjektet identifisere områder der natur eller jordbruksareal gradvis ble omgjort til kunstige flater. Dette gjorde det mulig å kartlegge nedbygging systematisk over store områder og over flere år.

Eksemplet illustrerer hvordan KI og fjernmåling kan brukes til å overvåke arealendringer raskere og mer konsistent enn ved manuell sammenstilling av mange ulike kart- og statistikkilder. KI-baserte satellittanalyser gjør det mulig å overvåke arealendringer systematisk over tid og sammenligne utviklingen på tvers av kommuner og regioner. Samtidig krever slike analyser fortsatt faglig kvalitetssikring, lokal kunnskap og vurdering av usikkerhet før resultatene kan brukes som beslutningsgrunnlag.

[22] https://dynamicworld.app/

6.1.2 KI for å kartlegge ulike naturtyper – eksempler på pågående forskningsprosjekter

LAVDAS[23] - Landsdekkende våtmarksdatasett - er et eksempel på hvordan KI og satellittdata kan brukes til å utvikle miljøfaglige kartprodukter for planlegging og naturforvaltning. Målet med prosjektet er å kartlegge våtmark i hele Norge ved hjelp av satellittbilder, høydedata, flybilder og andre geodata. Våtmark er ofte vanskelig å kartlegge konsistent fordi grensene kan være uklare, forholdene varierer gjennom sesongen, og områdene kan være delvis dekket av vegetasjon eller skog.

KI-modeller kan kombinere informasjon om vegetasjon, fuktighet, terreng og landskapsstruktur[24] for å identifisere områder med sannsynlige forekomster av våtmark. Prosjektet undersøker blant annet bruk av embeddings, altså numeriske representasjoner av geografiske mønstre lært fra store mengder satellittdata, for å identifisere områder med lignende egenskaper som kjente våtmarker. I stedet for å produsere et enkelt ja/nei-kart lager modellen sannsynlighetskart som viser hvor sikre klassifiseringene er. Dette gjør det mulig å synliggjøre overgangssoner og usikkerhet, noe som ofte er vanskelig å håndtere i tradisjonelle kartprodukter.

For kommunal planlegging ligger hovedverdien derfor ikke nødvendigvis i et endelig våtmarkskart, men i beslutningsstøtte. Analysene kan framheve områder med høy sannsynlighet for våtmark, vise hvor eksisterende kartgrunnlag kan være mangelfullt og peke på hvor det er behov for mer detaljert kartlegging eller feltverifisering. De kan også støtte utvikling av indikatorer knyttet til våtmarksareal, arealendringer eller mulige konflikter mellom naturverdier og foreslått utbygging. Prosjektet illustrerer dermed hvordan KI kan bidra til å gjøre storskala miljøinformasjon mer operativ og anvendbar i kommunal planlegging og naturforvaltning.

NYVEST[25] - Nyskapande metodar for naturdata og arealrekneskap for å vise samspeleffektar mellom natur og klima på Vestlandet - er et Forskningsrådsprosjekt som undersøker hvordan satellittdata, kunstig intelligens og arealregnskap kan brukes for å styrke kunnskapsgrunnlaget i kommunal og regional planlegging. Målet er å utvikle mer oppdaterte og sammenlignbare kart over arealdekke og naturtyper, slik at endringer i natur, klima og arealbruk kan følges over tid. Prosjektet er særlig rettet mot utfordringer knyttet til nedbygging, tap av naturtyper, karbonrike arealer og andre arealendringer som er relevante for klima- og naturforvaltning.

Prosjektet bruker satellittdata og KI til å lage heldekkende og oppdaterbare arealdekkekart. Blant metodene som undersøkes er bruk av grunnmodeller og embeddings[26], beskrevet tidligere, for å kombinere informasjon om vegetasjon,

[23] https://www.kartverket.no/forskning-og-utvikling-fou/lavdas

[24] Disse inkluderer radardata fra Sentinel-1, optiske data fra Sentinel-2, høydedata fra LiDAR, flybilder, og høyoppløselige bilder fra både offentlige (Copernicus og NISAR) og kommersielle (Planet) kilder.

[25] https://nyvest-vestlandfylke.hub.arcgis.com/

[26] NYVEST bruker TabPFN som en tabulær grunnmodell sammen med AlphaEarth embeddings.

terreng, sesongvariasjon og arealbruk i et felles datagrunnlag. Dette gjør det mulig å produsere heldekkende og regelmessig oppdaterte arealdekkekart basert på et felles datagrunnlag. Analysene kan også gjentas når nye satellittdata blir tilgjengelige, slik at kart og indikatorer kan oppdateres regelmessig.

For kommunal planlegging kan slike analyser brukes til å utvikle indikatorer og arealregnskap som viser hvordan arealbruk og naturverdier endrer seg over tid. Kommuner kan for eksempel overvåke om ny utbygging skjer i naturområder, om våtmarker og andre karbonrike arealer går tapt, eller om restaurering og fortetting gir målbare effekter. Prosjektet illustrerer hvordan KI og satellittdata kan bidra til mer systematisk, oppdatert og transparent kunnskapsgrunnlag i arealplanlegging og naturforvaltning.

6.2 KI for prediksjon og prognoser

Mens de foregående eksemplene hovedsakelig handler om kartlegging og analyse av eksisterende forhold, kan KI også brukes til å estimere hvordan miljøforhold, naturfare og arealbruk kan utvikle seg over tid. Slike prognoser bygger ofte på analyse av satellittbaserte tidsserier, der KI-modeller brukes til å identifisere mønstre og utviklingstrekk som kan gi grunnlag for risikovurderinger eller framskrivinger.

Prediksjonsmodeller basert på satellittdata kan brukes på ulike måter. Enkelte modeller brukes primært til varsling og risikovurdering basert på observerte og modellerte forhold i dagens situasjon. Eksempler er flomvarsling, skogbrannpotensial eller stormflovarsler, der satellittdata kombineres med meteorologiske, hydrologiske eller terrengbaserte modeller for å estimere sannsynligheten for at en hendelse skal oppstå. Slike systemer bygger ofte på en kombinasjon av sanntidsdata, fysiske modeller og maskinlæring, og brukes hovedsakelig til kortsiktige prognoser og beredskap.

Andre typer modeller bruker satellittbaserte tidsserier til å analysere langsiktige utviklingstrekk og framskrive mulige framtidige endringer. I fjernmåling omtales dette ofte som satellittbasert tidsserieanalyse, der gjentatte observasjoner brukes til å identifisere trender, anomalier og endringsprosesser over tid (Fu et al. 2024; Miller et al. 2024). Internasjonalt finnes det en voksende litteratur om bruk av KI og satellittdata for å simulere urban vekst, framtidig arealbruk, vegetasjonsutvikling og naturtap basert på historiske mønstre i satellittdata (Hussain et al. 2025; Tariq & Mumtaz 2023). Slike modeller brukes blant annet til å estimere hvor framtidig nedbygging eller urban ekspansjon sannsynligvis vil skje (O'Neill et al. 2025), hvordan vegetasjon og skoghelse kan utvikle seg under tørke eller klimaendringer (Bloom et al. 2025; Oucheikh et al. 2025), eller hvordan ulike plan- og utbyggingsscenarioer kan påvirke natur og karbonlagring over tid (Li et al. 2025).

Forskjellen mellom disse tilnærmingene er viktig i kommunal planlegging og beredskap. Varslingsmodeller forsøker primært å estimere sannsynligheten for konkrete hendelser basert på dagens forhold, mens tidsserie- og trendmodeller brukes til å forstå langsiktige utviklingstrekk og mulige konsekvenser av arealbruk,

klima og miljøendringer. Vi kjenner foreløpig ikke til operative systemer i Norge som bruker satellittbaserte tidsserier til å framskrive framtidige areal- og miljøendringer i stor skala. Den konseptuelle tilnærmingen vil likevel kunne anvendes i kombinasjon med datagrunnlaget og metodene som er beskrevet i de foregående forskningsprosjektene.

6.3 Behandling av usikkerhet med KI

Uavhengig av om KI brukes til analyse, overvåking eller prediksjon, vil resultatene alltid være forbundet med usikkerhet. For kommunal bruk er det derfor viktig, ikke bare å forstå hva modellene kan gjøre, men også hvilke begrensninger og feilkilder som finnes i datagrunnlaget, analysene og modellene som brukes. Satellittbilder påvirkes blant annet av skydekke, skygger, snø, sesongvariasjon, sensor-begrensninger og forskjeller mellom landskapstyper. Dette kan føre til både falske positive og falske negative registreringer, samt usikre avgrensninger mellom ulike natur- eller arealtyper.

Derfor er validering mot uavhengige referansedata avgjørende, særlig når resultatene skal brukes i planlegging, regulering eller beredskap. I arbeidet med kartlegging av nedbygging av naturarealer i «Norge i rødt, hvitt og grått», ble tusenvis av punkter manuelt kontrollert mot høyoppløselige flyfoto og satellittbilder gjennom såkalte designbaserte statistiske metoder (Venter et al. 2026). Dette gjorde det mulig å estimere usikkerhet og korrigere for systematiske kartfeil, slik at arealregnskap og statistikk kunne sammenlignes på tvers av kommuner og land. Tilsvarende er sannsynlighetskart og usikkerhetsestimater sentrale i prosjekter som LAVDAS, der gradvise overganger mellom våtmark og andre naturtyper gjør entydig klassifisering vanskelig.

Nyere forskning viser også at usikkerhet ikke bare kan kvantifiseres, men brukes aktivt i KI-baserte arbeidsflyter. Innen såkalt *aktiv læring* kan KI-modeller identifisere områder der usikkerheten er størst, og prioritere disse for manuell kontroll, feltkartlegging eller innsamling av nye treningsdata (Singh et al. 2024). På denne måten kan usikkerhet brukes til å forbedre modellene over tid og samtidig styre hvor begrensede ressurser for kvalitetssikring og feltarbeid brukes mest effektivt. Dette kan være særlig relevant i kommunal planlegging og miljøforvaltning, der det ofte er nødvendig å prioritere hvilke områder som skal undersøkes nærmere.

KI-baserte satellittanalyser bør derfor forstås som beslutningsstøtte snarere enn automatiske fasitsvar. Nyttige produkter må ikke bare vise resultater, men også synliggjøre usikkerhet, kjente begrensninger og hvilke typer beslutninger dataene er egnet til å støtte. I mange tilfeller vil den viktigste funksjonen ikke være å erstatte faglige vurderinger, men å hjelpe kommuner og forvaltningsaktører med å prioritere oppmerksomhet, feltkontroll og videre analyser.

6.4 Oppsummering

Kunstig intelligens er allerede en sentral del av moderne satellittbasert kartlegging, overvåking og beslutningsstøtte. I praksis brukes KI både til å analysere store mengder satellittdata automatisk og til å gjøre komplekse geografiske data mer tilgjengelige for planleggere, beredskapsaktører og andre beslutningstakere. Kapittelet viser hvordan KI kan brukes til alt fra kartlegging av nedbygging og naturtyper til flomvarsling, skogbrannpotensial og arealregnskap. Samtidig illustrerer eksemplene at verdien av satellittdata i stor grad avhenger av hvordan dataene oversettes til informasjon som er relevant for konkrete plan- og forvaltningsoppgaver.

KI kan støtte satellittbaserte indikatorer og beslutningsstøtte i flere ledd ved å:

- detektere miljøvariabler eller arealendringer
- estimere utbredelse, tilstand eller intensitet
- identifisere mønstre og utviklingstrekk over tid
- estimere risiko og sannsynlighet for hendelser,
- sammenligne resultater med planområder, infrastruktur eller andre kartlag
- prioritere områder for verifisering med bakkesannhet samlet i felt eller videre analyse
- og oppsummere funnene i en form som er lettere å bruke i planlegging, beslutningsprosesser og krisesituasjoner.

Samtidig bør KI-baserte satellittanalyser ikke oppfattes som automatiske fasitsvar. Resultatene vil alltid være forbundet med usikkerhet knyttet til datagrunnlag, modeller og lokale forhold. Verdien ligger derfor ofte ikke i å erstatte faglige vurderinger, men i å styrke kunnskapsgrunnlaget, synliggjøre mønstre og hjelpe kommuner og andre forvaltningsaktører med å prioritere oppmerksomhet, nye analyser og videre undersøkelser.

7. Beslutningsgrunnlag og anbefalinger for kommunal sektor

Gjennom workshoper og gruppeintervjuer ble det tydelig at deltakerkommunene og fylkeskommunen først og fremst etterspør en bedre oversikt over hvilke satellittdata og satellittdatatjenester som allerede finnes. Selv om enkelte deltakere kjente til noen datakilder og tjenester, oppga de fleste at de hadde begrenset kunnskap om hvilke muligheter som er tilgjengelige og hvordan satellittdata kan brukes i praktisk arbeid på kommune- og fylkeskommunenivå. Flere etterspurte derfor både informasjon om eksisterende løsninger og opplæring i hvordan satellittbaserte data og analyser kan tolkes og anvendes i planlegging, beredskap og miljøforvaltning.

Det finnes allerede store mengder tilgjengelige satellittdata, kartprodukter og operative tjenester gjennom nasjonale og internasjonale aktører. Hovedutfordringen mener vi derfor handler i mindre grad om mangel på data, og i større grad om å vite hva som finnes og forstå hvilke data og tjenester som er relevante for ulike arbeidsoppgaver, og hvordan satellittbasert informasjon kan oversettes til praktisk innsikt og integreres i eksisterende arbeidsprosesser og fagsystemer.

I kapittel 2.4 presenterte vi overordnede funn fra Workshop 3 og diskuterte konkrete forslag til anbefalinger for hvordan å øke bruken av satellittdata og satellittdatatjenester i kommunal sektor. Anbefalingene som følger i dette kapittelet tar utgangspunkt i disse utfordringene som ble løftet frem på workshopen og er ment å svare på følgende spørsmål: Hvordan kan satellittdata organiseres og tilgjengeliggjøres bedre for kommunesektoren, hvordan kan kommuner og fylkeskommuner ta satellittdata i bruk i praksis, og hvilke investeringer og tiltak er nødvendige for å realisere nytten av satellittdata i planlegging, beredskap og miljøforvaltning.

7.1 Tilrettelagte løsninger tilpasset lokale behov

Tilbakemeldingene fra deltakerne i den siste workshopen i prosjektet bekreftet i stor grad funnene fra tidligere i prosjektet og viste bred støtte til den retningen som vi endte opp med. Deltakerne opplevde at både de foreslåtte anbefalingene og PoC-en traff godt på behovene de har uttrykt gjennom prosjektets gang, og flere mente at løsningen synliggjør potensialet i satellittdata på en konkret og relevant måte.

Et gjennomgående poeng var behovet for at satellittdata må være ferdig tilrettelagt, og flere oppga at integrasjon i eksisterende systemer vil være helt avgjørende for faktisk bruk: Løsninger må kunne kobles inn i kommunenes egne kartløsninger og arbeidsflater, gjerne gjennom API-er, slik at satellittdata kan berike eksisterende datasett. Separate løsninger ble vurdert å ha begrenset verdi i en travel arbeidshverdag.

Flere deltakere reiste også spørsmål om organisering og ansvar, og pekte på at utvikling og tilrettelegging av satellittdata ikke bør være et kommunalt ansvar alene Behovet for mer sentrale eller nasjonale løsninger ble fremhevet, både når det kom til utvikling, drift og finansiering, slik at kommunene kan ta dataene i bruk uten å nødvendigvis måtte bygge opp egen kapasitet. Det ble nevnt at dette særlig gjaldt små utkantkommuner hvor en slik oppgave kan bli for «voldsom».

Kompetanse og opplæring ble ansett som viktig, men det ble samtidig presisert at utfordringen ikke bare handler om kunnskap, men også om tid og kapasitet. Mange oppga at de har høy fagkompetanse, men begrensede ressurser til å sette seg inn i nye datakilder, som derfor må være «ferdig tygd». Kommunedirektøren på Lillehammer påpekte også at det var viktig at dataene må være tilgjengelige for ledere som trenger å kunne fatte raske beslutninger.

Anbefalingen som gikk på bruk av kunstig intelligens ble ansett som en sentral og selvfølgelig del av løsningen, særlig for å håndtere store datamengder, gjøre analyser og utvikle prognoser. Samtidig ble det understreket at modellene må ta hensyn til kontinuerlige endringer, for eksempel i naturgrunnlaget, for å gi pålitelige resultater.

PoC-en og visualiseringen ble positivt mottatt, med forbehold at det må følge med opplæring og konkret tilrettelegging. Til slutt etterlyste deltakerne videre utvikling av PoC-en til flere temaområder som flom, havstrømmer og vannforvaltning, samt tilstrekkelig finansiering og tilgang til data. Oppsummert kan vi konkludere med at tilbakemeldingene fra Workshop 3 viste at slik videreutvikling forutsetter enkle, integrerte og sentralt tilrettelagte løsninger som er tilpasset kommunenes behov og kapasitet.

7.2 Bedre tilgang og oversikt over satellittdata

Vi anbefaler at det etableres en nettportal for kommunale brukere av satellittdata og satellittbaserte karttjenester. Portalen bør fungere som et første steg inn i satellittdata for kommunal sektor og ha en struktur som ligner GeoNorge, der brukerne får oversikt over eksisterende datakilder, karttjenester og relevante analyseverktøy samlet på ett sted. Formålet vil ikke primært være å utvikle nye datasett, men å gjøre eksisterende satellittdata og tjenester lettere å finne, forstå og ta i bruk i kommunal planlegging, beredskap og miljøforvaltning.

Portalen bør gi tilgang til tilrettelagt informasjon om eksisterende tjenester fra blant annet Copernicus-programmet, nasjonale etater og andre relevante aktører. Brukerne bør kunne søke både gjennom en vanlig søkefunksjon og gjennom tematisk organisering etter miljøvariabler eller forvaltningsformål, for eksempel flom, skogbrann, naturmangfold, arealendringer, jordfuktighet eller klimatilpasning. En slik struktur vil gjøre det lettere for kommunale brukere å finne fram til relevante datakilder uten å måtte kjenne til satellittprogrammer, sensorer eller tekniske standarder på forhånd.

For hvert datasett eller hver karttjeneste bør portalen inneholde korte faktaark skrevet i klart språk. Disse kan beskrive hva datasettene viser, hvilke sensorer og satellitter som brukes, romlig og tidsmessig oppløsning, oppdateringsfrekvens, usikkerhet, begrensninger og anbefalte bruksområder. Faktaarkene kan også informere om tilfeller der tilgang til satellittbaserte tjenester eller aktivering av beredskapssystemer ligger utenfor kommunesektoren, slik som ved bruk av Copernicus Emergency Management Service (CEMS) eller nasjonal flomkartlegging gjennom DSB og NVE.

Ved å organisere informasjonen etter miljøvariabler og kommunale arbeidsoppgaver kan portalen også fungere som en veileder til hvilke datakilder som er best egnet til ulike formål. I noen tilfeller vil satellittdata være mest relevante, mens andre oppgaver kan løses bedre gjennom eksisterende kartgrunnlag (for eksempel flyfoto), sensornettverk, terrengmodeller eller nasjonale fagsystemer. Portalen kan dermed bidra til at satellittdata brukes der de faktisk gir merverdi, samtidig som den reduserer terskelen for å ta i bruk både satellittbaserte og andre geodata i kommunal sektor.

7.3 Opplæring og bestillerkompetanse

Behovet i kommunesektoren handler først og fremst om å forstå hvilke satellittdata og satellittbaserte tjenester som er relevante for konkrete arbeidsoppgaver. For de fleste kommunale brukere vil ferdig prosesserte kartprodukter og indikatorer være mer nyttige enn rå satellittbilder. Det er derfor særlig behov for opplæring i hvordan satellittbasert informasjon kan tolkes, hvilke begrensninger og usikkerheter som finnes i datasettene, og hvordan resultatene kan brukes som beslutningsstøtte i planlegging, beredskap og miljøforvaltning.

En nettportal eller oversiktstjeneste alene vil imidlertid ikke være tilstrekkelig for å sikre bred og effektiv bruk av satellittdata i kommunesektoren. Prosjektet viser at det også er behov for aktiv opplæring, veiledning og kompetanseheving for å redusere terskelen for bruk og styrke forståelsen av hvordan satellittbaserte analyser kan inngå i eksisterende arbeidsprosesser. Vi anbefaler derfor et målrettet kompetanseløft for kommuner og fylkeskommuner, med kurs, veiledningsmateriell og praktisk opplæring i bruk av eksisterende tjenester og plattformer som GeoNorge, Copernicus-tjenester og andre relevante kartløsninger. Opplæringen bør være oppgaveorientert og knyttet til konkrete arbeidsprosesser, for eksempel arealplanlegging, klimatilpasning, flomberedskap, naturkartlegging eller overvåking av arealendringer, heller enn generell teknisk opplæring i satellittdata.

En viktig del av dette er å styrke bestillerkompetansen i kommunal sektor. Kommuner og fylkeskommuner trenger ikke nødvendigvis å utvikle egne satellittanalyser, men må kunne vurdere hvilke produkter og tjenester som er relevante, hvilke spørsmål som kan besvares med satellittdata, og når andre datakilder er mer hensiktsmessige. Økt bestillerkompetanse vil gjøre det lettere å ta i bruk eksisterende tjenester på en effektiv måte, stille riktige krav ved innkjøp eller samarbeid, og forstå hvordan satellittdata kan integreres i eksisterende arbeidsprosesser og fagsystemer.

7.4 Fra PoC til operativ karttjeneste

Utover informasjonstjenesten skissert i kapittel 7.1 anbefaler vi at satellittdata organiseres og tilgjengeliggjøres gjennom operative kart- og analyseverktøy for kommunesektoren, med utgangspunkt i erfaringene og funksjonaliteten som er demonstrert i prosjektets Proof of Concept (PoC). PoC-en viser hvordan satellittdata, geografiske analyser og KPI-er kan kombineres i en arbeidsflate som er mer tilpasset kommunale behov enn dagens generelle satellittplattformer og datagrensesnitt. Samtidig bør PoC-en forstås som en demonstrasjon av prinsipper og mulige arbeidsformer, snarere enn som en ferdig modell for en konkret nasjonal løsning.

Neste steg er å videreutvikle prinsippene som PoC bygges på til robuste og operative løsninger for flere temaområder som kan integreres i kommunale arbeidsprosesser og eksisterende fagsystemer. En operativ karttjeneste bør gjøre det mulig å kombinere flere relevante datakilder i én arbeidsflate, vise historikk og utvikling over tid, og presentere indikatorer, analyser og visualiseringer på en måte som støtter situasjonsforståelse og beslutningsprosesser. Videre bør løsningen bygge på åpne grensesnitt og standarder slik at funksjonalitet, data og analyser kan integreres i kommunenes eksisterende arbeidsflater og gjenbrukes på tvers av kommuner med ulik digital modenhet. Dette vil være viktig både for skalerbarhet, interoperabilitet og framtidig videreutvikling til nye temaområder og typer beslutningsstøtte.

7.5 Finansiering, organisering og videre utvikling

Erfaringene fra prosjektet viser at økt bruk av satellittdata i kommunesektoren krever langsiktig organisering, finansiering og forvaltning av tjenester, datagrunnlag og kompetanse. Store mengder satellittdata er allerede tilgjengelige gjennom åpne programmer som Copernicus, men det kreves betydelig arbeid for å omsette slike data til operative tjenester som er stabile, forståelige og integrert i kommunale arbeidsprosesser. Videre utvikling av satellittbaserte tjenester for kommunesektoren vil derfor kreve tydelig organisering av ansvar, drift, vedlikehold og kompetansestøtte over tid.

En mulig modell for videre utvikling kan bygge på eksisterende virkemidler for nasjonal rominfrastruktur. Siden 2014 har norsk romdirektorat forvaltet tilskuddsmidler til nasjonale aktiviteter og rominfrastruktur som skal bidra til å utvikle og vedlikeholde teknisk infrastruktur, datatjenester og kompetanse som gjør det mulig å ta i bruk satellittdata og romrelatert teknologi i Norge (Norsk romdirektorat, u.å.). Ordningen har blant annet som formål å styrke samfunnsnytten av investeringene i internasjonale romprogrammer og bidra til at satellittdata omsettes til operative tjenester og anvendelser. Slike virkemidler kan være viktige også for videre utvikling av nasjonale satellittbaserte fellestjenester rettet mot kommunal sektor, særlig i en oppbyggingsfase der det er behov for investeringer i dataplattformer, analysekapasitet og kompetanseutvikling.

Prosjektet peker på at eksisterende samarbeidsmodeller innen norsk geodataforvaltning også kan gi nyttige erfaringer for hvordan satellittdata kan organiseres som en mer operativ fellesressurs. Geovekst[27]-samarbeidet viser hvordan statlige aktører, kommuner og private virksomheter kan samarbeide om finansiering, etablering, drift og vedlikehold av felles geografiske datagrunnlag som flyfoto og høydedata. Tilsvarende viser Norge digitalt[28] hvordan en nasjonal geodatainfrastruktur kan organiseres gjennom standardisering, deling av data og samarbeid mellom offentlige aktører på tvers av sektorer og forvaltningsnivåer. Disse modellene illustrerer hvordan fellestjenester, standardiserte dataløyper og felles forvaltning kan redusere dobbeltarbeid og gjøre geografiske data lettere tilgjengelig for brukerne.

En tilsvarende tilnærming kan være relevant også for satellittdata og satellittbaserte analyser og karttjenester. Mange kommuner har ikke kapasitet til å utvikle eller drifte egne løsninger, særlig når det gjelder databehandling, KI-baserte analyser, oppdatering av tidsserier eller integrasjon av flere datakilder. Det vil derfor være behov for nasjonale eller sektorovergripende fellestjenester som kan tilby standardiserte datastrømmer, analyseprodukter og karttjenester som kan tas i bruk av kommuner med ulik kompetanse og kapasitet. Samtidig må løsningene være fleksible nok til å kunne integreres i lokale arbeidsprosesser og eksisterende fagsystemer gjennom åpne standarder og grensesnitt.

Videre utvikling av satellittbaserte tjenester bør også ses i sammenheng med den nasjonale geodatastrategien og eksisterende arbeid med digital samhandling i offentlig sektor. Satellittdata representerer ikke en separat type informasjon, men en ny og stadig viktigere kilde til oppdatert geografisk kunnskap som kan supplere eksisterende kartgrunnlag, sensordata og administrative data. På lengre sikt kan satellittdata derfor inngå som en mer integrert del av den nasjonale geodatainfrastrukturen, der både data, analyser og beslutningsstøtte deles og forvaltes som felles digitale ressurser.

Flere europeiske land arbeider allerede med å utvikle nasjonale strukturer for operativ bruk av Copernicus-data og satellittbaserte tjenester. Tyskland har for eksempel en mer koordinert nasjonal tilnærming, der det tyske romfartssenteret DLR har fått ansvar for å støtte videre bruk av Copernicus-data gjennom nasjonale programmer, brukerrettede tjenester, kompetansetiltak og tekniske plattformer (DLR u.å.). Gjennom den nasjonale plattformen CODE-DE tilbys offentlige virksomheter tilgang til Sentinel-data, prosesseringsressurser og analyseverktøy i en felles skybasert infrastruktur. Plattformen brukes både av føderale myndigheter, forskningsmiljøer og regionale og kommunale aktører (European Commission 2016).

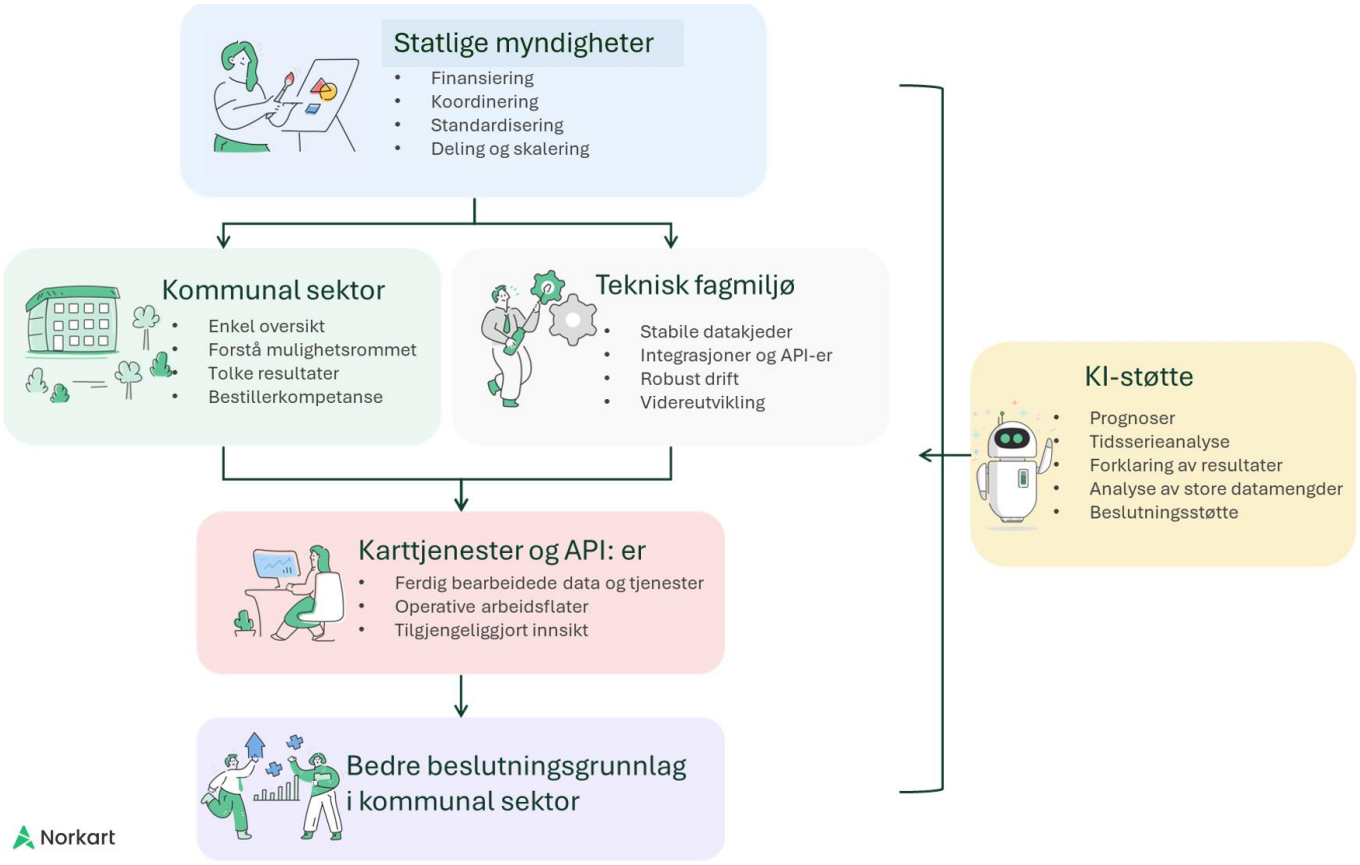
Den tyske strategien legger samtidig stor vekt på brukeroppfølging, opplæring, standardisering og utvikling av såkalte downstream (nedstrøms)-tjenester, der

[27] https://www.kartverket.no/geodataarbeid/geovekst

[28] https://www.kartverket.no/geodataarbeid/norge-digitalt

satellittdata oversettes til operative produkter og beslutningsstøtte tilpasset ulike sektorer og forvaltningsnivåer (DLR u.å.). Erfaringene viser at verdien av satellittdata i stor grad avhenger av nasjonale strukturer for tilrettelegging, kompetansebygging og integrasjon i eksisterende arbeidsprosesser. Dette kan også være relevante erfaringer for videre utvikling av satellittbaserte fellestjenester og beslutningsstøtte i norsk kommunesektor.

I figur 16 under har vi laget en oversikt over hvordan veien fra satellittdata til operativ bruk for kommuner og fylkeskommuner kan se ut.



Figur 16. Veien fra satellittdata til operativ bruk i kommunal sektor.

8. Avsluttende refleksjoner

Utredningen om bruk av satellittdata og andre kilder for bedre kunnskap og innsikt av miljørettede tiltak i kommuner og fylkeskommuner har vist at utfordringen ikke er mangel på satellittdata, men mangel på oversikt og tilrettelegging. Kommunene og fylkeskommunen oppgir at de mangler kunnskap om hva som finnes, hvordan data kan brukes, og hvordan de kan oversettes til praktisk beslutningsstøtte. Vår studie viser at satellittdata har et stort potensial for kommunal sektor, men at nytten i praksis avhenger av at dataene blir tilgjengelige og forståelige, tilpasset konkrete arbeidsoppgaver og integrert i eksisterende systemer. Uten dette vil satellittdata i liten grad bli brukt selv om det finnes et stort behov for bedre og mer oppdatert kunnskapsgrunnlag innen areal- og samfunnsplanlegging, miljøovervåking og beredskapsarbeid.

Vi konkluderer med at det bør utvikles i) en nasjonal portal eller oversiktstjeneste over tilgjengelige satellittdata og -tjenester; ii) tilrettelagte og ferdige dataprodukter og operative løsninger; iii) opplæring og kompetanseheving; iv) videreutvikling av operative karttjenester basert på PoC-en utviklet i dette prosjektet sine prinsipper; og v) KI-baserte analyser og prognoser for å håndtere datamengder.

Funnene fra workshoper, intervjuer og dialog med deltakerkommunene og fylkeskommunen viser at eksisterende kartgrunnlag, og da særlig flyfoto, oppleves som godt egnet til detaljerte arbeidsoppgaver. De fleste mener at behandling av rå satellittdata er for komplekst og ressurskrevende og at det er for mange fragmenterte datasystemer og separate løsninger som er tidkrevende å finne fram i, og som ofte krever spesialkompetanse som ikke alle kommunene innehar.

Kommunene og fylkeskommunene er interesserte i å tilegne seg og bruke satellittdata mer aktivt. Ut ifra overnevnte forutsetninger er det realistisk at de selv kan håndtere bruk av ferdige analyseprodukter og tjenester, i tillegg til å tolke resultater og anvende dem i planlegging, beredskap og forvaltning. Med kursing og kompetanseheving vil kommunene og fylkeskommunene kunne utvikle sin egen bestillerkompetanse til å kunne etterspørre relevant data og selv vurdere relevante datakilder. Kommunene kan derimot i liten grad forventes å bearbeide rå satellittdata, utvikle komplekse analyser eller KI-modeller, eller drifte egne avanserte dataplattformer.

Det er derfor behov for standardisering av organisering og beskrivelse av satellittdata og datasett, i tillegg til analyseprodukter og KPI-er. Flere oppgaver bør løses nasjonalt for å redusere belastningen på kommunene og fylkeskommunene og sikre likeverdig tilgang til dataprodukter, som bearbeidede satellittdata og analyseverktøy for prosessering. I tillegg bør kompetansetilbud, veiledning og felles tjenester støttes av nasjonale aktører/statlige myndigheter.

REFERANSER

Arena for Journalism in Europe. (2025). Green to Grey – revealing nature loss across Europe. https://journalismarena.eu/arenas-green-to-grey-project-reveals-scale-of-europes-nature-loss/

Bloom, C.K., Koch, T.L., Meusburger, K., Zweifel, R., Walthert, L., Etzold, S., Scherrer, D., Wilhelm, M., Kahmen, A. & Baltensweiler, A. 2025. Towards near real-time drought stress assessment in Europe's temperate forests – comparing remote sensing time series with continuous in-situ tree-level measurements. Ecological Indicators 177: 113757. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113757

Brown, C. F., Brumby, S. P., Guzder-Williams, B., Birch, T., Hyde, S. B., Mazzariello, J., Czerwinski, W., Pasquarella, V. J., Haertel, R., Ilyushchenko, S., Schwehr, K., & Weisse, M. (2022). Dynamic World, Near real-time global 10 m land use land cover mapping. Scientific Data, 9, 251. https://doi.org/10.1038/s41597-022-01307-4

Copernicus Data Space Ecosystem. (2025, 14. november). Global Embedding Dataset Now Available on CDSE. https://dataspace.copernicus.eu/news/2025-11-14-global-embedding-dataset-now-available-cdse

Czerkawski, M., Kluczek, M., & Bojanowski, J. Ä. (2024). Global and dense embeddings of earth: Major tom floating in the latent space. arXiv preprint arXiv:2412.05600. DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt. (u.å.). *Copernicus Downstream Dienste und nationale Programme*. Hentet 22. mai 2026 fra https://www.dlr.de/de/eoc/forschung-transfer/themen/copernicus/copernicus-downstream-dienste-und-nationale-programme

Danilova, K. B., Iden, J., & Osmundsen, K. S. (2024). Hvordan kan norske offentlige virksomheter lykkes med digitalisering? Magma, 27(2), 87–95. https://magmaforskning.econa.no/index.php/magma/article/view/1434

Digitaliseringsdirektoratet. (2025). Kommunal sektor er ei viktig drivkraft for digital transformasjon: Digitaliseringsrådets erfaringsrapport 2025. Hentet 1. juni fra https://www.digdir.no/digitaliseringsradet/kommunal-sektor-er-ei-viktig-drivkraft-digital-transformasjon/7588

European Commission. (2016). *Copernicus downstream sector report*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Hentet 22. mai 2026 fra https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2018-10/Copernicus_Report_Downstream_Sector_October_2016_0.pdf

Fu, Y., Zhu, Z., Liu, L., Zhan, W., He, T., Shen, H., ... & Ao, Z. (2024). Remote sensing time series analysis: A review of data and applications. Journal of Remote Sensing, 4, 0285.

Hauglin, M. & Storaunet, K. O. 2021. Kartlegging av skogbrannpotensiale basert på informasjon om terreng og vegetasjon fra fjernmåling. Rapport 7/162/2021. Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO).

Hussain, S., Qaisrani, S.A., Tariq, A., Mubeen, M. & Ullah, S. 2025. Assessing past, present, and simulated future prediction of land use land cover changes using CA-Markov chain models with Satellite data. Results in Engineering 26: 105585. doi:https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.105585

Kartverket (2026). Kartdata i en urolig tid. Statusrapport: https://www.kartverket.no/geodataarbeid/kartverkets-statusrapport-om-kartdata

Kjæreng, A., Alexandersen, L., Thoresen, T., Haaland, B. E., Brorson, K. S., Toftøy-Andersen, E., Feder, B. S., Waage Sørensen, M., & Rolstad, T. (2024). Barrierer og muligheter i kommunal sektors arbeid med kunstig intelligens (FOU-rapport utarbeidet for KS). KS.

Kommunal- og distriktsdepartementet. (2023). Nasjonale forventninger til regional og kommunal planlegging 2023–2027. Regjeringen

Kystverket. (2026, 29. mars). Ny satellitt styrker beredskapen i norske havområder. https://www.kystverket.no/nyheter/ny-satellitt-styrker-beredskapen-i-norske-havomrader/

Langsholt, E. G., & Grønbech, B. J. (2021). Felles plattform for flomvarslingsmodellene: sluttrapport for FoU-prosjektet 80503. NVE Rapport nr. 8/2021

Li, B., Liu, S., Liu, D., Fan, Z., Qu, Z., Yao, S., Su, X. & Wang, L. 2025. Using Sentinel 2A and Landsat 8 imagery to assess changes in forest carbon storage. Scientific Reports 15(1). doi:10.1038/s41598-025-21607-0

Meteorologisk institutt. (u.å.). Om Nasjonalt bakkesegment for satellittdata (NBS). Tilgjengelig fra: https://www.satellittdata.no/nb/om

Miller, L., Pelletier, C., & Webb, G. I. (2024). Deep learning for satellite image time-series analysis: A review. IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine, 12(3), 81-124.

NIBIO rapport nr. 162, 2021_Hauglin, M. & Storaunet, K. O. 2021. Kartlegging av skogbrannpotensiale basert på informasjon om terreng og vegetasjon fra fjernmåling. Rapport 7/162/2021. Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO).

Norsk romdirektorat. (u.å.). *Tilskuddsmidler til nasjonale aktiviteter og rominfrastruktur*. Hentet fra https://romdirektoratet.no/midler-til-nasjonal-infrastruktur-og-tekniske-aktiviteter

O'Neill, F.D., Wayant, N.M. & Becker, S.J. 2025. Predicting Future Built-Up Land Cover from a Yearly Time Series of Satellite-Derived Binary Urban Maps. Land 14(8): 1630. doi:10.3390/land14081630

Oucheikh, R., Arampola, N., Zhao, P. & Mansourian, A. 2025. Understanding drought related tree responses using deep learning approaches and satellite based proxy. Science of Remote Sensing 12: 100317. doi:https://doi.org/10.1016/j.srs.2025.100317

Pei, Yingying, et al. "Three-dimensional time series building reconstruction framework in global south based on openly available satellite data." International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 146 (2026): 105160.

Randen 2025 «Status for arbeidet med nasjonalt naturregnskap.» Innlegg under plenumssamling for KS prosjektet: Areal og Naturregnskap for kommuner, 19.november, 2025.

Singh, G., Moncrieff, G., Venter, Z., Cawse-Nicholson, K., Slingsby, J. & Robinson, T.B. 2024. Uncertainty quantification for probabilistic machine learning in earth observation using conformal prediction. Scientific Reports 14(1). doi:10.1038/s41598-024-65954-w

Statistisk sentralbyrå. (2023). Digitalisering i kommunene: Utviklingen fra 2018 til 2022 (Rapporter 2023/27). https://www.ssb.no/teknologi-og-innovasjon/informasjons-og-kommunikasjonsteknologi-ikt/artikler/digitalisering-i-kommunene [sdglocalaction.org]

Støstad, M. N., Solvang, R., Kumano-Ensby, A. L., & Mon, S. T. (2024). Norge i rødt, hvitt og grått. NRK. https://www.nrk.no/dokumentar/xl/norge-i-rodt_-hvitt-og-gratt-1.16679829

Tariq, A. & Mumtaz, F. 2023. A series of spatio-temporal analyses and predicting modeling of land use and land cover changes using an integrated Markov chain and cellular automata models. Environmental Science and Pollution Research 30(16): 47470–47484. doi:10.1007/s11356-023-25722-1

Tollefson, J. (2025). Google AI model creates maps of Earth 'at any place and time'. Nature, 644, 313.

Venter, Z.S., Czúcz, B., Stange, E., Nowell, M.S., Simensen, T., Immerzeel, B. & Barton, D.N. 2024. 'Uncertainty audit' for ecosystem accounting: Satellite-based ecosystem extent is biased without design-based area estimation and accuracy assessment. Ecosystem Services 66: 101599. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101599

Venter, Z. S., Czúcz, B., Kumano-Ensby, A. L., Salzenstein, L., Simensen, T., Solvang, R., & Støstad, M. N. (2026). Europe's land take and the loss of nature and cropland to artificial surfaces. Nature Communications. https://doi.org/10.1038/s41467-026-71931-w

VEDLEGG

VEDLEGG 1: INTERVJUGUIDE

Innledning:

- Kort introduksjon av prosjektet og formålet med intervjuet.
- Informasjon om rettigheter og hvordan data vil bli brukt og anonymisert.
- Spørsmål om informantenes rolle og bakgrunn.

Del 1: Dagens bruk og erfaringer

1. Bruker dere satellittdata i planlegging, miljøovervåkning eller beredskap i dag? Hvordan?

2. Hvilke typer satellittdata har dere erfaring med (f.eks. NDVI, radar, termisk, multispektral)?

3. Hvilke datakilder benyttes (f.eks. Copernicus, Sentinel, private leverandører)?

4. Hva har fungert godt, og hva har vært utfordrende?

5. Har dere eksempler på konkrete hendelser eller prosjekter der satellittdata har vært nyttige?

Del 2: Kunnskapsbehov og potensial

6. På hvilke områder innen miljøovervåkning, planlegging, beredskap eller krisehåndtering mangler dere god nok kunnskap?

7. Hvordan tror dere satellittdata kan bidra til å fylle disse kunnskapshullene?

(Hvordan opplever dere behovet for satellittdata i deres kommune/fylke?)

8. Hvordan vurderer dere relevansen og nytteverdien av satellittdata for deres arbeid?

9. Hvilke nøkkelindikatorer (KPI-er) – eksempler som våtmark, tørke – kunne vært nyttige for dere dersom de kunne genereres fra satellittdata? (Hvordan kan man måle ting og visualisere?)

10. Hvilke utfordringer i kommunen/fylket kunne slike indikatorer bidra til å belyse eller løse? Tror dere behovene varierer mellom ulike kommuner og regioner? I så fall, hvordan?

Del 3: Barrierer og forutsetninger

11. Hvilke organisatoriske, teknologiske eller kompetanserelaterte barrierer opplever dere?

12. Er det utfordringer knyttet til datatilgang, tolkning, og/eller integrering i eksisterte systemer?

13. Har dere intern kompetanse til å bruke og tolke satellittdata?

14. Hvilken støtte eller opplæring ville vært nyttig?

15. Hva skal til for at dere skal bruke slike data mer aktivt?

16. Hvordan ser dere mulighetene med å kunne bruke satellittdata i kunnskapsgrunnlag opp mot de folkevalgte i kommunen?

Avslutning

17. Er det noe vi ikke har spurt om, som dere mener er viktig?

VEDLEGG 2: HVA KOMMUNENE ØNSKER Å BRUKE SATELLITTDATA TIL

Flom

- **Faresonekartlegging**, flomvoller, flomtopp og gjennomsnittlig oppbygging etter hver flom (Kristiansund, Hamar, Ringebu, Moss, Innlandet FK)
- Kartlegge **snø og snøsmelting** (hvor mye snø som er igjen i fjellet for å forutse flom) (Hamar, Ringebu).
- **Vannfordrøyingspotensial** (Aurskog-Høland)
- **Overvannsproblematikk**/håndtering i tettbygde strøk (Kristiansund)

Skred

- **Skredfare** (tidligere farevarsel) (Bodø, Kristiansund, Ringebu, Aurskog-Høland)
- **Steinsprang** (Kristiansund, Bodø)
- Fange opp **bevegelser i terrenget** over tid/detaljert terrenganalyse og mulighet for varsling (identifisere aktsomhetsområder, løsmasser skjult av vegetasjon, rasvifter, utglidninger, flomskred, gamle/endring av elveløp, tidligere sikre boligområder som ikke er sikre lenger) (Bodø, Ringebu)
- Satellittdata fra forskjellige årstider for å lage gode **terrengmodeller** (Kristiansund)

Algeoppblomstring

- Få vite i sanntid slik at man kan varsle badegjester, allergikere og fiskere (Moss, Ringebu, Aurskog-Høland, Innlandet FK)

Arealbruksendringer

- **Ulovlighetsoppfølging**, som ulovlige fyllinger, ulovligheter i strandsonen (Bodø, Kristiansund, Moss, Ringebu, Aurskog-Høland, Innlandet FK)
- Kartlegge **nedbygging** (inkl. hyttebygging) (Moss, Innlandet FK)
- Hvordan naturen blir nedslitt/ikke blir det over tid (turstier, turområder, traktorveier, hvor plassere toalett m.m.) (Kristiansund, Innlandet FK)
- **Veierosjon**/veiforvaltning/kvaliteten på vei (Kristiansund, Innlandet FK)
- **Naturrestaurering** – identifisere områder som kan restaureres og følge restaureringa over tid (Innlandet FK)
    - Naturrestaurering i villreinområder (hvor man ikke bør oppholde seg for mye) (Innlandet FK)
    - Restaurering av myr (Innlandet FK)
- Flater dekket/med potensial til å dekkes av **solcellepaneler** (Hamar)
- **Grå arealer** for utbygging (Aurskog-Høland)
- **Grønne flater**/grønn struktur i byer og tettsteder (Hamar)

Ekstremværhendelser

- **Storm** (Hans), bølgehøyder, stormflo (Bodø, Ringebu, Aurskog-Høland, Innlandet FK, Kristiansund)
- Kartlegge endringer i **risikobildet** i takt med **klimapåvirkning/endring** (Bodø, Moss)
- Marine kriser; skipskantring, stenging av broer m.m. (Kristiansund)
- Taksering av vindfall i skog, flom- og tørkeskader (Ringebu)

Vegetasjonskartlegging

- Kartlegge **tørke/jordfuktighet,** vegetasjons/skogshelse, skogtetthet, skogbrannfare, avlingsskader i landbruket (Hamar, Ringebu, Aurskog-Høland, Innlandet FK)
- Hyppig oppdatering ved **skogbrann**-hendelser (beredskap) (Innlandet FK)
- Til identifisering av **ulike naturtyper** (for naturkartlegging) (Bodø)
- **Villrein**-beiteområder (Innlandet FK)
- Overvåke **barkebilleangrep** (Aurskog-Høland)
- **Fotosynteseintensitet** – hvor gode arealene er på å drive fotosyntese? (Aurskog-Høland)
- Identifisere og kartlegge **kvikkleireforekomster** (ulike typer leire) (Bodø)

Forurensing

- **Marint avfall og forurensning** (Kristiansund, Moss)
- **Luftkvalitet/forurensing** (varsle astmatikere) (Hamar, Moss)
- **Måle eutrofiering** utenfor lakseoppdrett (kommunen er pålagt å rense) (Kristiansund)
- Informasjon om **havstrømmer** (detaljerte strømkart for kystsoneplanlegging) for miljøhensyn og beredskap ved utslipp og redning (Bodø, Moss)
- Lys- og lydforurensning over tid, særlig knyttet til hyttebygging (Hamar)
- Informasjon om **havtemperatur**–tidsserier over mange år kan vise endringer som påvirker miljøet, som trådalger som man har sett lenger sør (Bodø)

Endringer til havs/langs kysten

- **Havnivåendringer/stigning** (Kristiansund, Bodø)
- Se om klimaendringene fører til økt ustabilitet i områder med bebyggelse: Hvis havnivået fortsetter å stige, kan hus ende opp på små holmer) (Bodø)
- Kontinuerlig overvåkning av endringer i kystlinjen (Bodø)

Annen miljøovervåkning/planlegging/beredskap:

- **Overvåke fyringsfrekvens** (private boliger, hytter m.m.) (Kristiansund)
- **Snømåking** – hvor innsats må legges først ut ifra beredskapsperspektiv (Kristiansund)
- **Varmetap** fra (offentlige) bygninger (Kristiansund)
- **Trafikkovervåking** under akutte hendelser (Ringebu)
- (Så å si alle nevner muligheten for å ta i bruk satellittdata som verktøy inn i areal- og naturregnskap)

VEDLEGG 3: SATELLITTPRODUKTER

Oversikt over satellittbaserte produkter (datasett, kartprodukter, og tjenester) med relevans for kommunal planlegging, miljøforvaltning og beredskap. Produktene er gruppert etter hovedanvendelse: arealdekke og arealbruk, vegetasjon og økosystemtilstand, vannmiljø og marine forhold, klima og vær, beredskap og naturfare, samt referansebilder og grunnlagsdata. Tabellen beskriver produktenes innhold, sentrale egenskaper og eksempler på nøkkelindikatorer (KPI-er) og anvendelser i kommunal sektor. Kolonnen «Eksempler på KPI-er og anvendelser» viser eksempler på indikatorer og analyseformål som de ulike produktene kan støtte. KPI-ene må i mange tilfeller beregnes eller avledes gjennom videre analyse og er ikke nødvendigvis tilgjengelige som ferdige produkter. Internasjonale produkter er oppgitt med sine engelske navn.

Produkt (med URL)	Beskrivelse	Spesifikasjoner	Eksempler på KPI-er og anvendelser
Arealdekke, arealbruk og arealendringer *Produkter for kartlegging av landskap, arealressurser og endringer i arealbruk over tid.*			
CORINE Land Cover (CLC)	Europeisk arealdekke- og arealbruksinventar basert på tematiske klasser (f.eks. skog, grasmark, urbane områder og våtmark).	Omtrent 100 m oppløsning; tilgjengelig som både vektor- og rasterdata; oppdateres omtrent hvert sjette år (f.eks. 2018).	Andel skog, jordbruksareal, våtmark og bebygd areal; endring i arealbruk mellom planperioder. (Naturregnskap, klima, planlegging)
CORINE Land Cover (CLC) Change Layers	Endringskart mellom to CORINE-perioder (f.eks. 2012–2018).	Samme oppløsning som CLC (~100 m); men minste kartlagte endringsareal er omtrent 5 hektar.	Årlig eller periodisk nedbygging av natur; omdisponering av jordbruksareal; endring i skogareal. (Naturregnskap, planlegging)
CLCplus Backbone	Mer detaljert og harmonisert arealdekkelag som supplerer CORINE. Bedre oppløsning i urbane og periurbane områder.	Europa-dekkende raster med 10 m oppløsning; klassifisering i om lag 11 grunnleggende arealdekkeklasser; tilgjengelig for 2018 og senere år (oppdateres omtrent hvert annet år).	Andel grønnstruktur, naturareal nær tettsteder, arealbruk i planområder. (Naturmangfold, klimatilpasning)
ELC10	Europeisk arealdekkekart med 10 m oppløsning basert på maskinlæring og satellittdata fra Sentinel-1 og Sentinel-2. (mer detaljert arealdekkekartlegging enn CORINE).	Europa-dekkende raster med 10 m oppløsning; klassifisering i om lag 11 grunnleggende arealdekkeklasser; tilgjengelig for 2018. Klassifiserer landskapet i åtte	Arealdekke per kommune, endringer i naturareal, fragmentering av grønne områder. (Naturregnskap, planlegging)

		hovedklasser som bebygde områder, jordbruk, skog, grasmark, våtmark og vann.	
Dynamic World	Globalt arealdekkekart utviklet av Google og World Resources Institute. Bruker maskinlæring på Sentinel-2-data for å estimere sannsynlighet for ni arealdekkeklasser for hver piksel.	10 m oppløsning; oppdateres kontinuerlig med Sentinel-2-observasjoner. Leverer sannsynligheter i stedet for faste klasser.	Årlig nedbygging, endringer i vegetasjon, endringer i våtmark, arealdekke i planområder. (Naturregnskap, planlegging)
Global Dynamic Land Cover (GDL / Copernicus Global Land Cover / LCFM)	Globale kart over arealdekke og arealendringer basert på satellittbaserte tidsserier med forbedret detaljnivå.	Årlige kart; under løpende validering; benytter FAOs klassifikasjonssystem for arealdekke (LCCS).	Langsiktige trender i arealdekke, sammenligning mellom regioner, rapportering mot internasjonale mål. (Klima, naturmangfold)
FKB Grønnstruktur	Kartlegging av vegetasjon, grøntområder og landskapsstruktur basert på satellittdata, flybilder og andre geodata. Beskriver sammenhengende grønne områder i og rundt tettsteder.	Nasjonal kartlegging med høy romlig detaljgrad. Kombinerer flere datakilder og oppdateres i takt med tilgjengelige grunnlagsdata. Har benyttet Copernicus Contribution Mission data	Andel grøntareal, tilgjengelig grønnstruktur, endring i grøntområder. (Folkehelse, friluftsliv, naturmangfold, overvåking av fortetting og nedbygging av grøntområder, klimatilpasning)
HRL ("High Resolution Layers"): Imperviousness	Kartlegging av tette flater (f.eks. veier, bygninger, asfalt).	Årlige oppdateringer; basert på mosaikker og klassifiseringsmetoder.	Andel tette flater, fortetting, overvannsrisiko. (Byplanlegging, overvannshåndtering, dreneringsanalyser, overvåking av endringer i tette flater, klima)
Vegetasjon, skog, økosystemtilstand og karbon *Produkter for overvåking av vegetasjon, skogressurser, naturtilstand og karbonrelaterte miljøvariabler.*			
Vegetasjon/ Biofysiske variabler	Copernicus kartleg med indekser og avledede variabler som NDVI, LAI, vegetasjonsdekke, jordfuktighet m.m.	Tidsserieprodukter (månedlige og sesongbaserte) for Europa og globale områder.	Overvåking av vegetasjonstilstand, grønnhet (NDVI), vektsesong og -utvikling; tidlig varsling av stress og tørke; analyse av sammenhenger mellom vegetasjon og arealendringer. (Klima, skoghelse og jordbruk)
HRL: Vegetation / Trees / Forest / Grassland / Imperviousness	Detaljerte tematiske kartlag avledet fra satellittbilder og støtteinformasjon. Serien inkluderer kart over tette flater	Årlige kart for hele Europa; omfatter blant annet trekronedekning, små skogelementer, grasmark, skogtyper og tette flater.	Vegetasjonsdekke, grasmark, trekronedekning, grønnstruktur. (Naturmangfold, klimatilpasning)

HRL: Small Woody Features	Kartlegger små skog- og buskarealer som ofte ikke fanges opp i grovere kartlag.	Europa-dekkende produkt i HRL-serien.	Lengde/areal av kantsoner og små skogelementer. Nyttig i kulturlandskap, kantsoner og grønne korridorer; støtte til økologisk sammenheng og grønnstrukturplanlegging.
HRL: Dominant Leaf Type / Forest Type	Skiller vegetasjon i klasser som løvskog, barskog og ulike skogtyper.	Del av HRL-produktserien.	Andel løvskog/barskog, skogstruktur og naturtyper. (Støtte til skogforvaltning, naturmangfoldsanalyser og vegetasjonskartlegging, karbonregnskap)
Skog i Norge	Under utvikling som operasjonell overvåkingstjeneste for norsk skog basert på Sentinel-1 og Sentinel-2. Fokuserer på skoghelse, skogskader, forstyrrelser og endringer i vegetasjonstilstand.	Nasjonal dekning. Bygger på tidsserier fra radar- og optiske satellittdata med 10–20 m oppløsning. Utvikles for nær sanntidsoppdatering av skogrelaterte indikatorer.	Areal med skogskader, barkbilleangrep, tørkestress, stormskader. (Beredskap, naturforvaltning, klimatilpasning)
Vannmiljø og marine forhold *Produkter for overvåking av vannkvalitet, marine økosystemer og kystnære miljøforhold.*			
Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)	Europeisk tjeneste for overvåking av havmiljøet. Leverer observasjoner og modellerte data om havtemperatur, havnivå, strømmer, bølger, saltholdighet, isforhold og marine økosystemer.	Regional og global dekning; kombinerer satellittdata og havmodeller. Oppdateres løpende. Typisk oppløsning fra ca. 1–10 km avhengig av produkt.	Havtemperatur, stormfloeksponering, marine hetebølger, vannkvalitet. (Kystsoneforvaltning, beredskap)
Algestatus	Satellittbasert overvåking av klorofyll-a i havet, brukt som indikator på planteplankton og algeoppblomstring. Bygger på havfargeprodukter avledet fra satellittsensorer.	Regional og nasjonal dekning av norske hav- og kystområder. Oppdateres løpende basert på satellittpasseringer og skyforhold. Typisk romlig oppløsning fra ca. 300 m til 1 km avhengig av sensor og produkt.	Klorofyllkonsentrasjon, varighet av algeoppblomstring, vannkvalitet. (Akvakultur, beredskap, miljøovervåking)
Bio-ORACLE	Globalt datasett med marine miljøvariabler som temperatur, saltholdighet, oksygen, næringsstoffer, havstrømmer, pH, primærproduksjon og havdybde.	Global dekning; standardisert rasterdatasett med omtrent 5 bueminutters oppløsning (~9 km). Tilgjengelig både for dagens forhold og framtidige klimascenarioer fram	Endringer i marine miljøforhold, habitategnethet, klimaeksponering av marine naturtyper. (Kystsoneforvaltning, artsfordeling, habitatmodellering, klimatilpasning)

	Kombinerer satellittdata, havmodeller og observasjonsdata for å beskrive fysiske, kjemiske og biologiske forhold i havet.	til 2100 (CMIP6/SSP-scenarioer). Omfatter både overflate- og bunnforhold i marine områder.	
ØKOSAT	Norsk prosjekt som bruker satellittdata til overvåking av vannkvalitet i innsjøer og kystområder. Estimerer blant annet klorofyll-a, siktedyp (*Secchi-dybde*) og turbiditet.	Bygger på satellittdata kombinert med lokale observasjoner og analyseverktøy. Utvikles som operativ løsning for overvåking av klima- og miljørelaterte endringer i vannmiljø.	Klorofyll, siktedyp, turbiditet, miljøtilstand i innsjøer og kystvann. (Vannforvaltning, klimatilpasning)
Lake water quality	Copernicus kartlag fra Sentinel 2 som beskriver vannkvalitet i store og mellomstore innsjøer (som klassifiert i Global Lakes and Wetlands Database)	Mellom 100 – 300 m oppløsning, avhengig av versjon. 10-daglige observasjoner.	Overvåking av innsjøer, eutrofiering og miljøtilstand. Relevans for vannforvaltning, klimatilpasning og kommunal miljøovervåking.
HRL: Wetness/ water bodies	Kartlegger forekomst av vann og fuktighet i landskapet.	Del av den tematiske HRL-serien.	Våtmarksareal, endringer i vannflater, identifisering av flomutsatte områder. (Naturmangfold, beredskap)
Klima, og vær *Datasett og tjenester som beskriver klima, værforhold og miljøvariabler som påvirker natur og samfunn.*			
SeNorge.no	Nasjonalt datasystem for meteorologiske og hydrologiske variabler som nedbør, temperatur, snø og jordfuktighet. Grunnlag for mange norske miljø- og hydrologiske analyser.	Omtrent 100 m oppløsning; daglige data; dekker hele Norge	Jordfuktighet, snødekke, ekstremnedbør, tørkeindikatorer. (Beredskap, klimatilpasning, vannforvaltning, analyser av historiske forhold, planlegging og modellering.)
ERA5 Reanalysis (ECMWF)	Globalt klimadatasett som kombinerer observasjoner og værmodeller til en konsistent historisk rekonstruksjon av atmosfære-, land- og havforhold.	Omtrent 31 km romlig oppløsning; timevise data fra 1940 til i dag. Omfatter temperatur, nedbør, vind, jordfuktighet, snø m.m.	Temperaturtrender, ekstremnedbør, tørkeindekser, klimarisiko. (Klimatilpasning, beredskap)
Copernicus Climate Change Service (C3S)	Europeisk klimatjeneste som tilbyr observasjoner, indikatorer, analyser og framtidsprognoser for klima.	Europeisk og global dekning; historiske dataserier,	Framtidige klimaindikatorer, hetebølger, tørke, havnivåendringer. (Klimatilpasning, planlegging)

	Baserer seg blant annet på ERA5 og klimamodeller.	sanntidsprodukter og klimascenarioer.	
Beredskap, naturfare og klimatilpasning *Produkter og tjenester for overvåking varsling, og analyse av naturfare og samfunnsrisiko.*			
Varsom.no	Nasjonal varslingstjeneste for naturfarer, inkludert flom, jordskred, snøskred, isforhold og overvann. Kombinerer værdata, hydrologiske modeller, observasjoner og satellittbasert informasjon.	Operative varsler med daglige oppdateringer og prognoser flere dager fram i tid. Bygger på data fra blant annet NVE, Meteorologisk institutt og SeNorge.	Antall dager med flomfare, skredfare eller overvannsvarsel; beredskapsindikatorer. (Beredskap, ROS-analyser, og tidlig varsling, krisehåndtering).
NVE Karttjenester	Kart og analyser for flom, skred, vassdrag, grunnvann og energisystemer. Benytter modeller, sensordata og satellittbaserte observasjoner som del av datagrunnlaget.	Nasjonal dekning; kombinerer historiske data, modeller og sanntidsinformasjon. Flere kartlag og varslingstjenester tilgjengelig gjennom NVE og Varsom.	Bygg i flomsoner, areal innenfor faresoner, eksponert infrastruktur. (Planlegging, ROS-analyser, klimatilpasning, overvåking av flom- og skredrisiko).
InSAR.no	Landsdekkende tjeneste for overvåking av bevegelser i jordoverflaten ved hjelp av radarinterferometri (InSAR). Måler innsynking, heving og deformasjon med millimeterpresisjon.	Basert på Sentinel-1-radardata. Tidsserier fra 2015 og framover. Dekker hele Norge med milliarder av målepunkter. Oppdateres fortløpende med nye satellittobservasjoner.	Antall områder med terrengbevegelse, deformasjonshastighet, bygg eller infrastruktur i risikoområder. (Beredskap, arealplanlegging)
ESA FireCCI (Climate Change Initiative Fire Project)	Globalt datasett over brannpåvirkede arealer utviklet av ESA Climate Change Initiative. Kartlegger utbredelse og utvikling av vegetasjonsbranner basert på satellittdata.	Global dekning; månedlige og årlige produkter. Oppløsning ned til ca. 250 m avhengig av produktversjon. Tidsserier fra begynnelsen av 2000-tallet.	Brannpåvirket areal, brannhyppighet, vegetasjonstap etter brann. (Beredskap, klima, naturforvaltning)
Referansebilder og grunnlagsdata *Bildemateriale og grunnlagsdata som støtter kartlegging, visualisering og videre analyser.*			

Land Satellite Mosaics / Global / Pan-European Mosaics	Sømløse bildemosaikker (optisk reflektans), vanligvis med redusert skydekke.	Sentinel-2-mosaikker og kommersielle høy- og svært høyoppløselige mosaikker; brukes ofte som grunnlag for andre tematiske kartlag.	Visuell kontroll av endringer, dokumentasjon av arealinngrep, kvalitetssikring av analyser. (Alle kategorier)
European / Pan-European Image Mosaic VHR and HR	Ortorektifiserte bildemosaikker for Europa for utvalgte referanseår (f.eks. 2006, 2009, 2012, 2015, 2018, 2021 og 2024).	Basert på både høy- og svært høyoppløselige datakilder; mosaikker med 2 m eller 10 m oppløsning avhengig av område.	Kartlegging av utbygging, kontroll av naturinngrep, historiske sammenligninger. (Planlegging, beredskap)

VEDLEGG 4: SATELLITTUTSTYR

Oversikt over sentrale satellittprogrammer og satellittsensorer med relevans for kommunalt arbeid. Tabellen viser sentrale egenskaper ved de ulike systemene, inkludert operatør, datatilgang, sensortype, romlig oppløsning, oppdateringsfrekvens* og typiske bruksområder innen miljøovervåking, arealplanlegging, beredskap og klimarelaterte analyser. Oppdateringsfrekvens angir hvor ofte satellitten kan observere samme område under ideelle forhold. Faktisk datatilgjengelighet kan påvirkes av blant annet skydekke, sensorinnstillinger og tilgangsbegrensninger.

Satellittprogram/ operatør	**Datatilgang**	**Sensor Type**	**Romlig Oppløsning**	**Oppdatering**	**Bruksområde**
Sentinel-1 (ESA/Copernicus)	Åpen	Radar	5 x 20 m	12 dager	Flomkartlegging, jordskred, grunnforskyving
Sentinel-2 (ESA/Copernicus)	Åpen	Optisk	10-20 m	10 dager	Brannskader, vegetasjonsstress, kystovervåking og skred
Sentinel-3 (ESA/Copernicus)	Åpen	Optisk	300 m – 1 km	1 – 2 dager	Havnivå, hav- og landoverflatetemperatur, havfarge og vegetasjonsforhold på land.
Sentinel-4 (ESA/Copernicus)	Åpen	Optisk	Ca. 8 km	Timevis	Overvåking av sporgasser, luftforurensning og atmosfærisk kjemi.
Sentinel-5 (ESA/Copernicus)	Åpen	Optisk: hyper-spektral	Ca. 7km	Daglig	Overvåking av atmosfæren, luftkvalitet, klimagasser og sporgasser.
Sentinel-6 (ESA/Copernicus)	Åpen	Radar	Altimetri (ikke bildeprodukt)	10 dager	Overvåking av havnivå, havstrømmer og klimaendringer gjennom presise målinger av havoverflatens høyde.
Landsat-8 (NASA/USGS)	Åpen	Optisk	15 m for PAN, 30 m for NVIR/SWIR	16 dager	Trendanalyse (kartlegging av flomslette, avskoging, utvidelse av bebyggelse, tørke)
Landsat-9 (NASA/USGS)	Åpen	Optisk	15 m for PAN, 30 m for NVIR/SWIR	8 dager	Trend analyse (kartlegging av flomslette, avskoging, utvidelse av bebyggelse, tørke)
Terra & Aqua (MODIS) (NASA)	Åpen	Optisk	250 - 1000m	1-2 dager	Brannvarsling (aktive brannherder i nær sanntid), Overvåking av tørke og vegetasjonsstress, Røykfaner og luftkvalitet.
Suomi NPP (National Polar-orbiting Partnership) & NOAA-21 (NASA/NOAA)	Åpen	Optisk	375 og 750 m	1 dag	Brannvarsling, vegetasjonsovervåking, snø- og iskartlegging, nattlys, havtemperatur og værvarsling.

Meteosat-10 & Meteosat-12 (EUMETSAT)	Åpen	Optisk	0,5 – 3 km (avhengig av kanal)	5 – 10 min	Geostasjonære værsatellitter for overvåking av værutvikling, ekstremvær, klima og atmosfæriske forhold i nær sanntid.
PlanetScope SuperDove (Planet Labs)	Kommersiell	Optisk	3m	daglig	Egnet for beredskap, endringsdeteksjon og overvåking av vegetasjonsutvikling på grunn av daglige observasjoner.
WorldView (Maxar Technologies)	Kommersiell	Optisk	Opptil 0,3 m	tasked	Kartlegging av arealendringer, infrastruktur, naturinngrep, flom, skred, stormskader og andre hendelser som krever svært høy romlig oppløsning.
RADARSAT constellation (Canadian Space Agency)	Begrenset / kommersiell	Optisk	3 – 100 m	4 dager	Overvåking av havis, navigasjon, naturfare, jordfuktighet og beredskap.
TerraSAR-X/ TanDEM-X (DLR/ Airbus Defence & Space)	Kommersiell	Radar	Opptil 1 m	11 dager	Høypresis kartlegging av terreng, deformasjoner, skredfare, infrastruktur og høyde-modeller.
ICEYE	Kommersiell	Radar	3 m	Flere ganger daglig (konstellasjon)	Flomkartlegging, havisovervåking, skipsdeteksjon, naturfare og beredskap i nær sanntid.
ALOS Mission Series (JAXA)	Delvis åpen	Optisk /Radar	3 – 100 m	14 dager	Miljøovervåking, skogkartlegging og naturfarehåndtering.
EnMap (DLR)	Åpen	Optisk: hyper-spektral	30 m	27 days	Hyperspektrale data for jordbruk, geologi, snøforhold og vegetasjon. Egnet når spektral detalj er viktigere enn romlig oppløsning.
GEDI (NASA)	Åpen	LiDAR	ISS-basert LiDAR-fotavtrykk (~25 m)	Varierer med breddegrad	LiDAR-basert kartlegging av skogstruktur, biomasse, avskoging og vegetasjonsutvikling.(Kun fram til 60 grader N)
OCO-2 (NASA)	Åpen	Optisk	2,25 x 1,3 km	16 dager	Overvåking av atmosfærisk CO_2 og klimagassrelaterte analyser.
BIOMASS (ESA)	Åpen	Radar	200 m	1 - 4 dager	Kartlegging av skogbiomasse, karbonlagre og globale karbonkretsløp.
VHR bilder i Google Earth (Google / ulike leverandører)	Begrenset lisens	Optisk RGB	Ca. 1 m	Varierer (typisk måneder–år)	Historiske fly- og satellittbilder med høy oppløsning. Brukes til visuell tolkning, validering av kartprodukter og trening av KI-modeller.
ICESat-2 (NASA)	Åpen	LiDAR	0,7 m	91 dager	Måling av terrenghøyde, snø- og istykkelse, vegetasjonshøyde og skogstruktur.
SMOS (ESA)	Åpen	Mikrobølge -radiometer	35 km	3 dager	Overvåking av jordfuktighet og havets saltholdighet, tørkeanalyse og klimaforskning.

SPOT 6/7 (Airbus Defence & Space)	Kommersiell	Optisk	6 m (multi-spektral)	Daglig	Arealkartlegging, landbruk, skogforvaltning, naturinngrep og endringsdeteksjon.
Pleiades Neo (Airbus Defence & Space)	Kommersiell	Optisk	0,3 – 0,5 m	Daglig (ved oppgavebestilling)	Kartlegging av arealendringer, bebyggelse, infrastruktur, naturinngrep og beredskapshendelser som krever svært høy romlig oppløsning.

Ytterligere informasjon om satellittprogrammene finnes hos de respektive operatørene (ESA/Copernicus, NASA, USGS, EUMETSAT, DLR, JAXA, CSA, Planet Labs, Maxar, Airbus m.fl.):

Copernicus Programme – https://www.copernicus.eu
Landsat Program (NASA/USGS) – https://landsat.gsfc.nasa.gov
EUMETSAT – https://www.eumetsat.int
Planet Labs – https://www.planet.com
Maxar Technologies – https://www.maxar.com
Airbus Intelligence – https://www.intelligence-airbusds.com
DLR Earth Observation Center – https://www.dlr.de/eoc
Japan Aerospace Exploration Agency - https://www.eorc.jaxa.jp