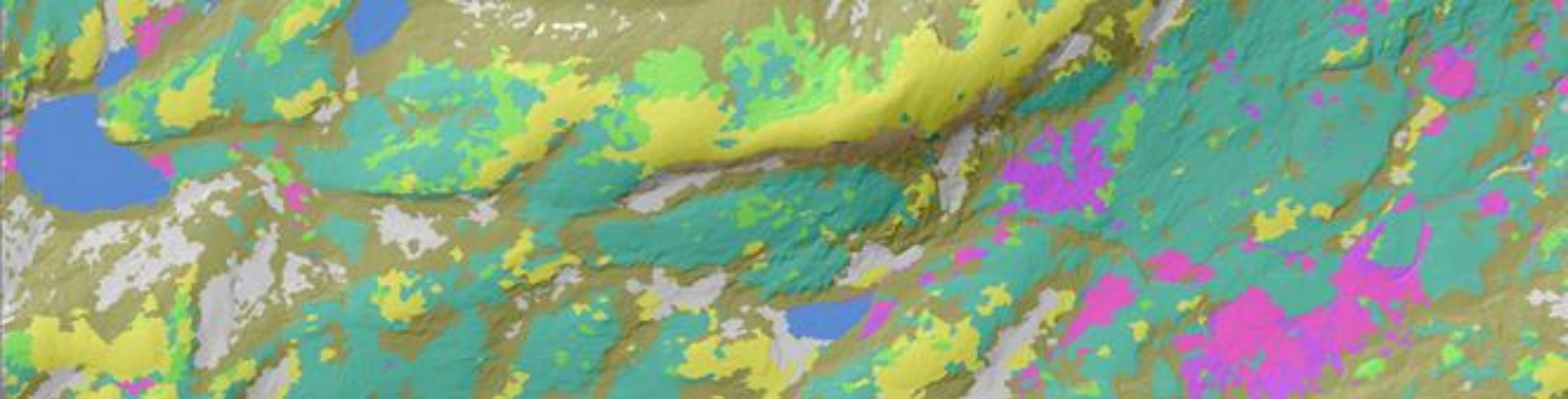




Fjernmåling av naturtyper i fjellet

videreutvikling av prototype

Hilde Tandstad, Geir Arnesen, Stian Rostad og Floris Groesz (Juni 2022)

Prosjektinformasjon

- Tittel: Fjernmåling av naturtyper i fjellet - videreutvikling av prototype
- Oppdragsgiver: Miljødirektoratet
- Utført av: Sállir Natur og Blom Norway
- Team: Geir Arnesen, Hilde Tandstad, Stian Rostad og Floris Groesz
- Gjennomføring 2021-2022

Behov

- Hovedøkosystemet «Fjell» (arealer over skoggrensen) er under press, både på grunn av klimaendringene og på grunn av menneskelige aktiviteter (utbygging)
- Samtidig er det arealmessige økologiske kunnskapsgrunnlaget temmelig dårlig

Behov

- Naturtypekartlegging in henhold til NiN (Natur i Norge) systemet er basert på feltarbeid og er svært resurskrevende
- NiN feltkartlegging vil ikke levere en heldekkende oversikt over fjell økosystemet i en overskuelig framtid

Mål for FALK* fjell

- Utvikle og teste metoder for å lage nasjonale kart over naturtyper med bruk av fjernmåling og kunstig intelligens
- Rammer og vilkår:
 - Metoden må følge NiN systemet
 - Fjernmålingsdataene som brukes må være tilgjengelige på nasjonalt nivå
 - Metoden må være automatisert, robust og transparent
- Første FALK prosjektet (FALK 1) ble gjennomført i 2019-2020. Da ble metoden utviklet og testet i Storfjord/Kåfjord

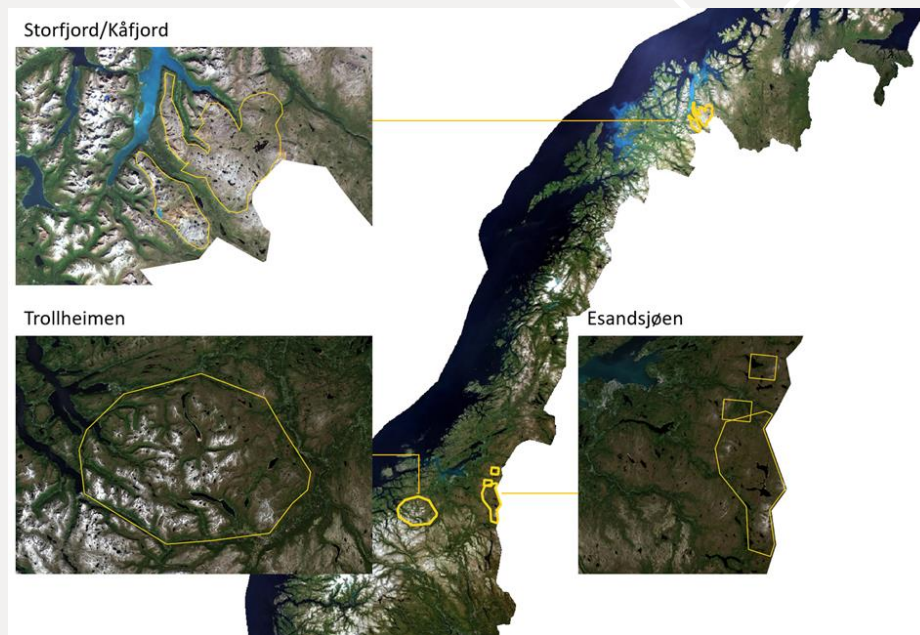
*Fjernmåling av landøkologisk kart

Spesifikke mål i dette prosjektet

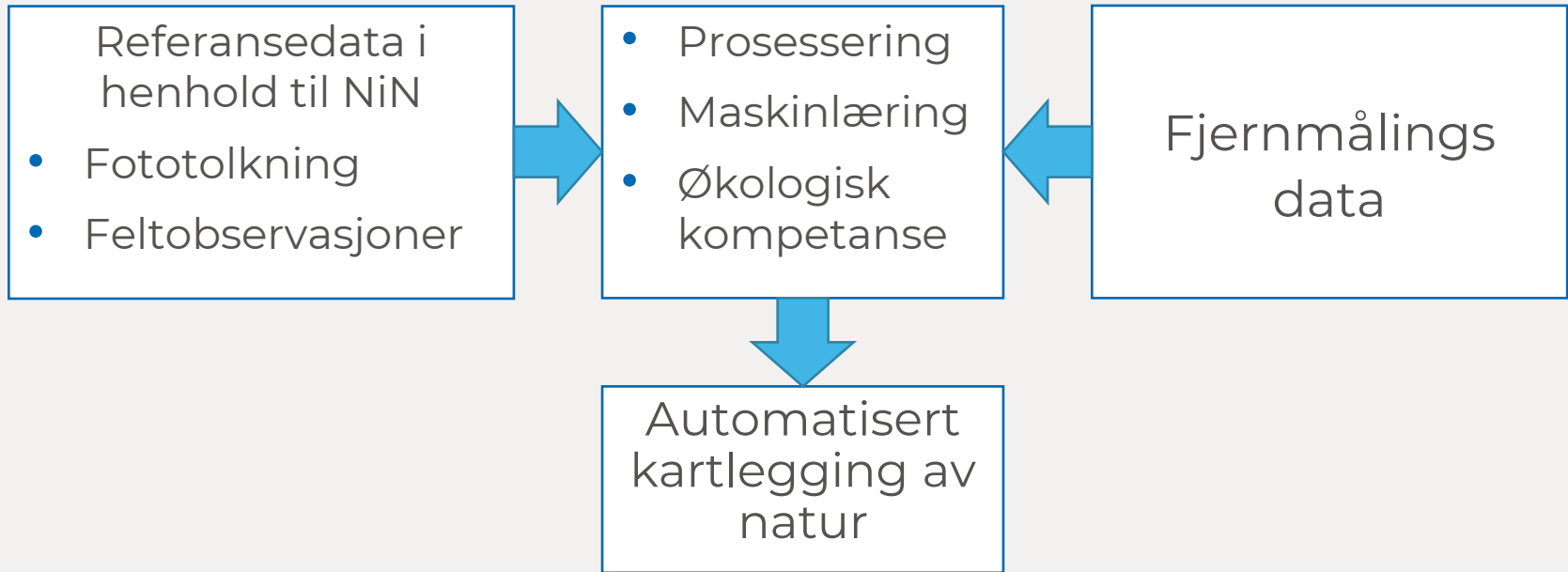
- Å teste metodene videre i nye områder: i Trollheimen og i Esandsjøen
- Å teste overførbarhet av metodene mellom Storfjord/Kåfjord (FALK 1) og Trollheimen og Esandsjøen
- Å validere resultatene med bruk av feltobservasjoner i Trollheimen
- Å validere resultatene med bruk av NiN-feltkart i Storfjord/Kåfjord

Prosjektområde

- Prosjektområdet omfatter Trollheimen og Esandsjøen.
- Storfjord/Kåfjord (FALK 1) ble også analysert på nytt



Metode

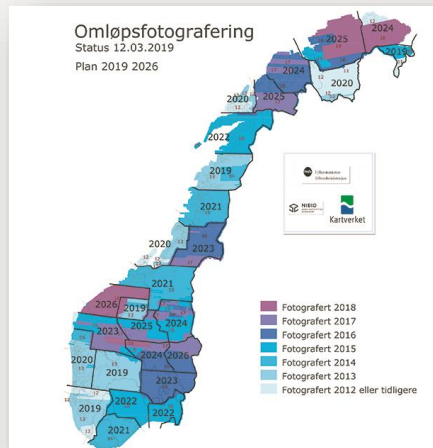


Landsdekkende fjernmålingsdatasett

Laserdata



Flyfoto



Sentinel-2
satellittbilder



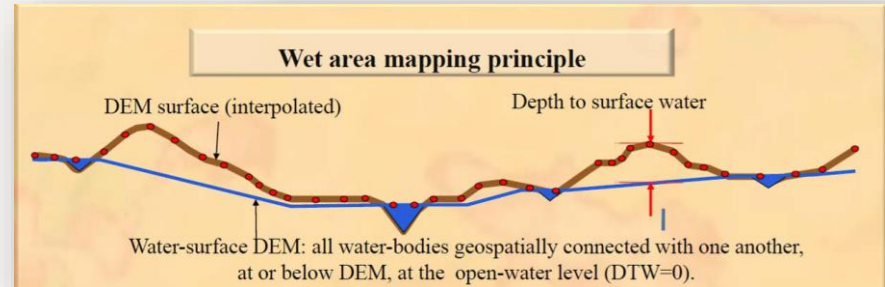
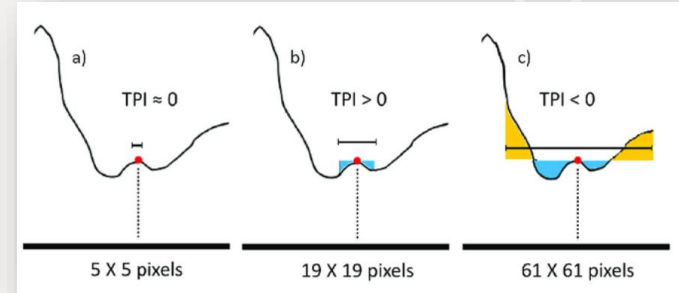
Laserdata

- Nasjonal Detaljert Høydemodel (NDH)
- Laserdata og data fra bildematching
- Punktsky (x, y, z)
- 2 eller 5 punkt/m²
- Beskriver terrenget og overflaten
- Finnes på hoydedata.no



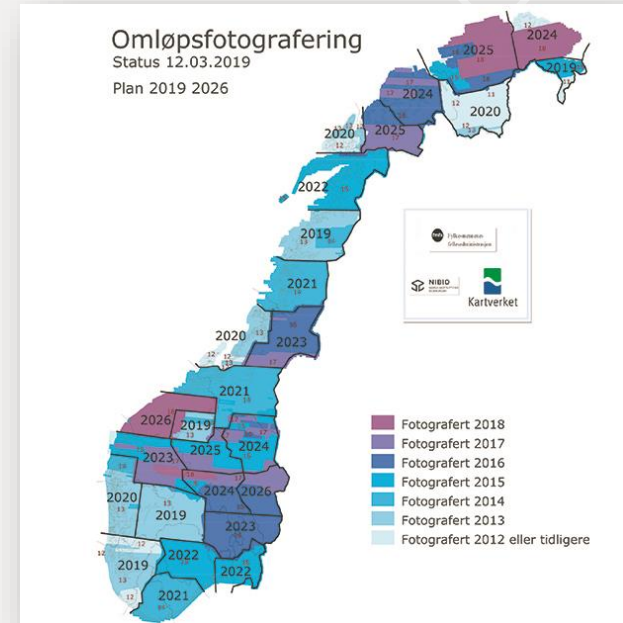
Prosessering laserdata - Eksempler

- Helningskart
- Topographic Position Index
- Markfuktighetskart
- Solinnstråling
- Ruhet
- ++



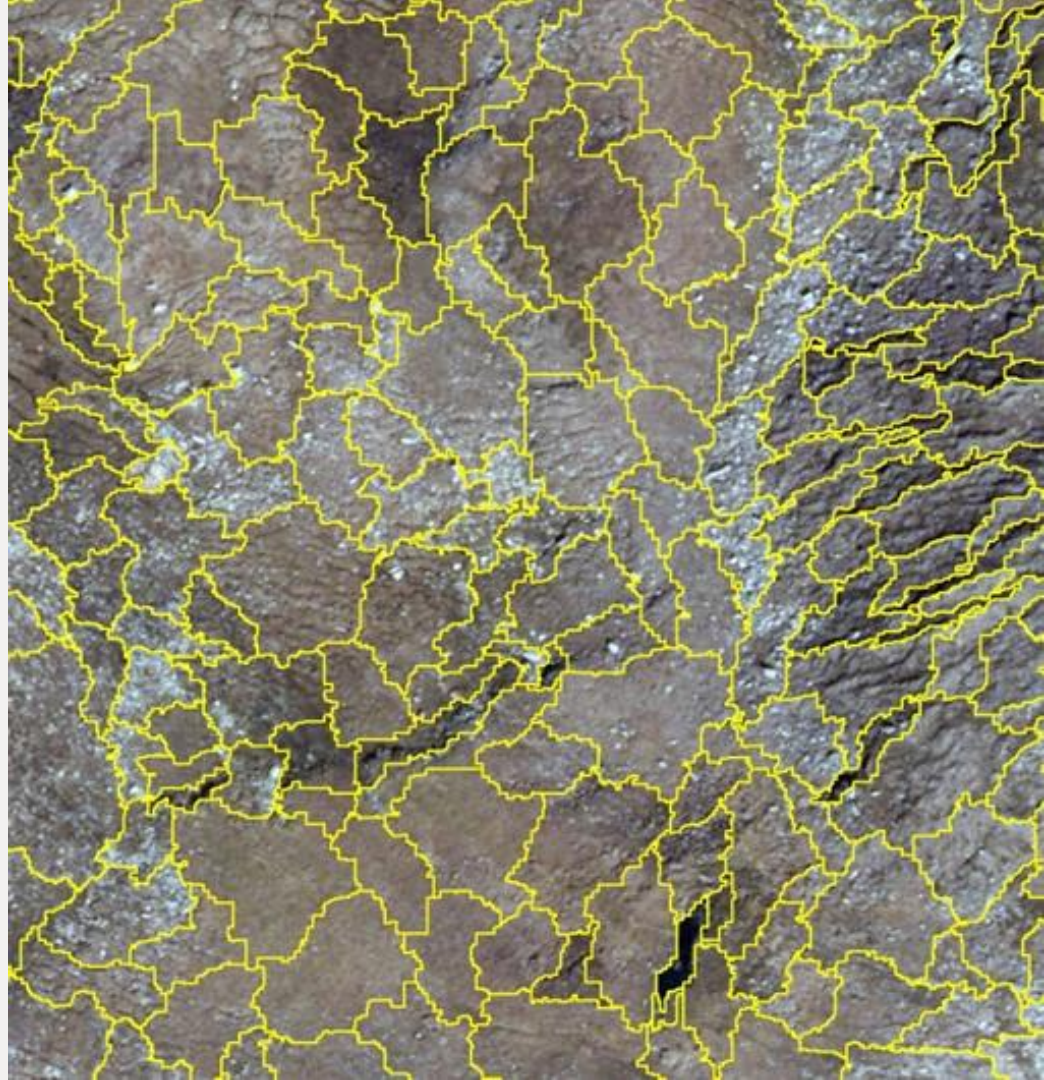
Flyfoto

- Omløpsfotografering
- Opptak hvert 5. år
- 25 cm piksler
- Vanlige farger (RGB) og nær-infrarød (NIR)



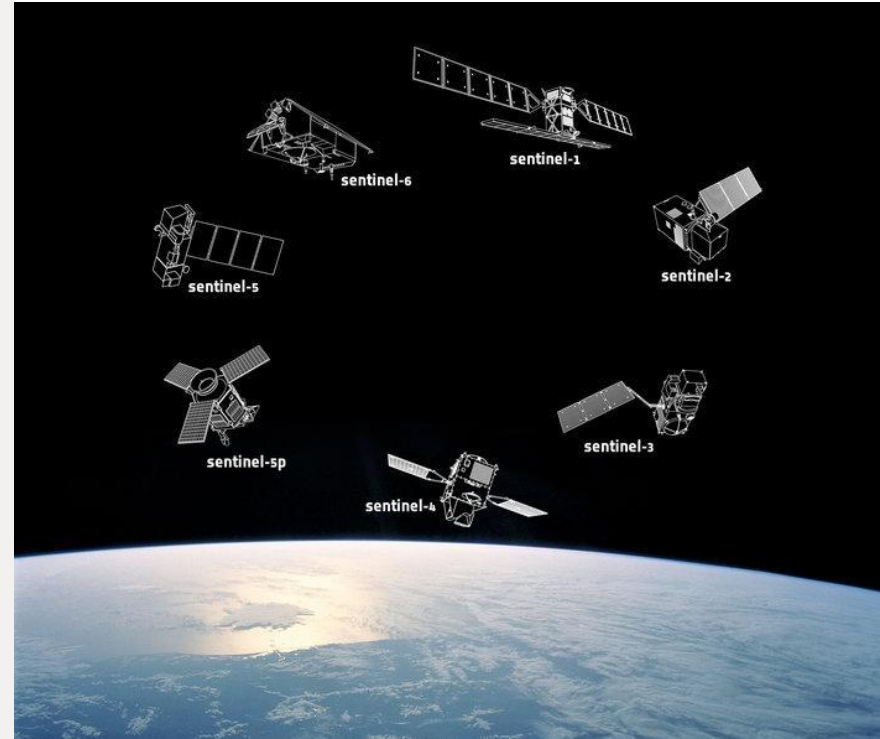
Prosessering flyfoto

- Segmentering
 - Automatisk inndeling av bilder i homogene objekter
- Deep learning for enkle overflatetyper
 - Stein/berg
 - Vann



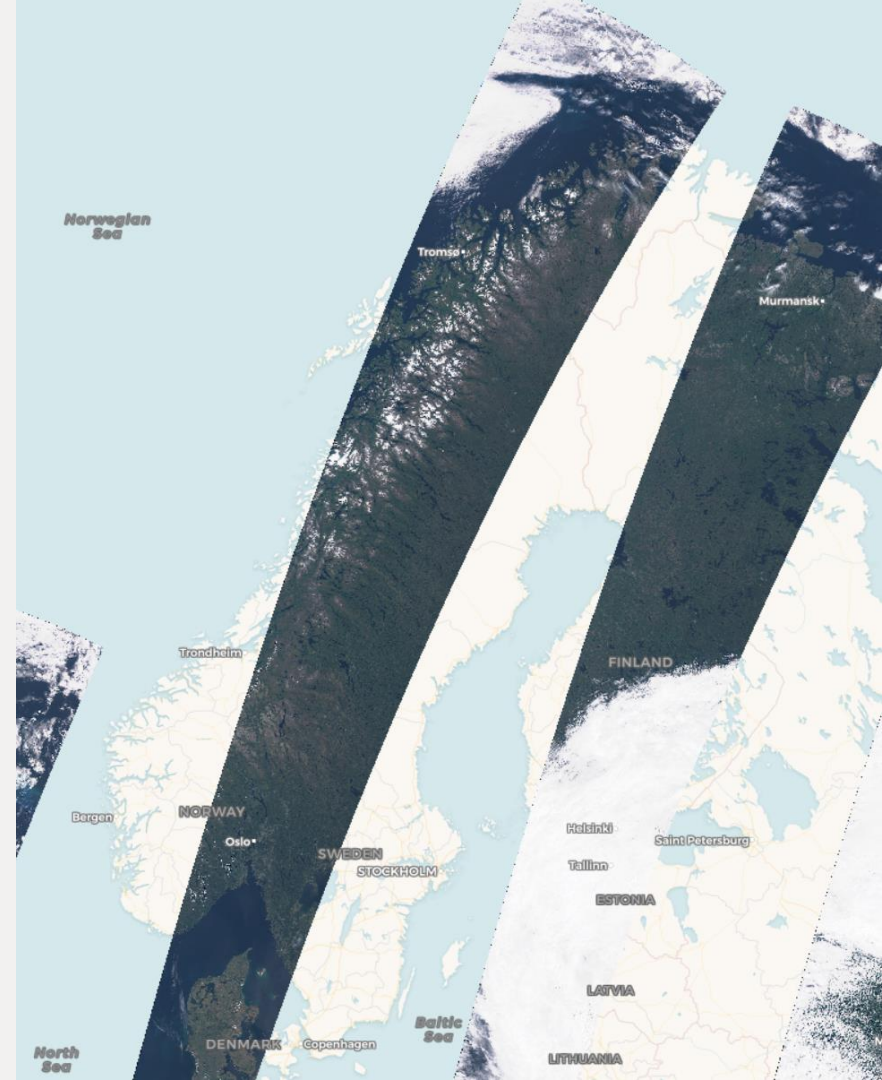
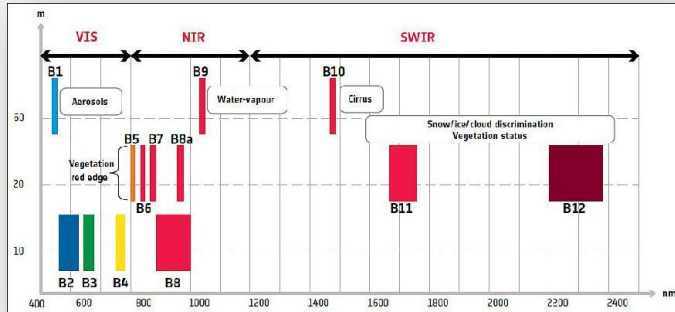
Sentinel-2

- ESA Copernicus program
- En del av Sentinel-serien
- 2 identiske satellitter
- Optiske data



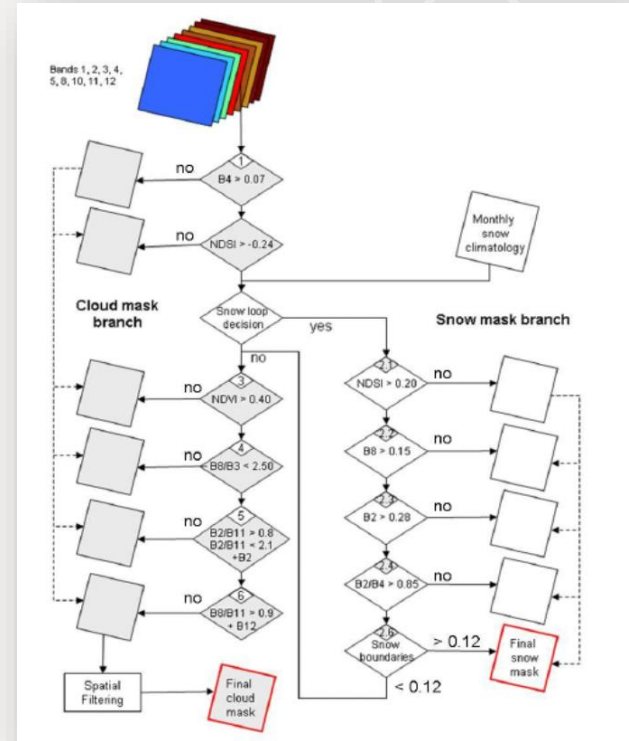
Sentinel-2

- Opptak hver 2. til 5. dag
- 10 m piksler (4 kanaler)
- 20 m piksler (6 kanaler)

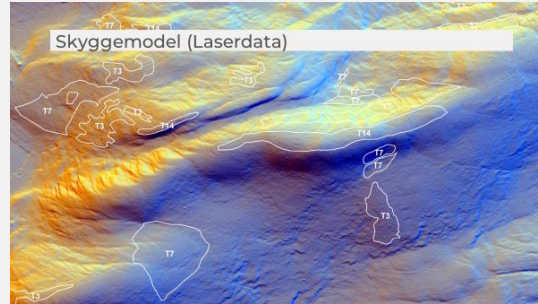
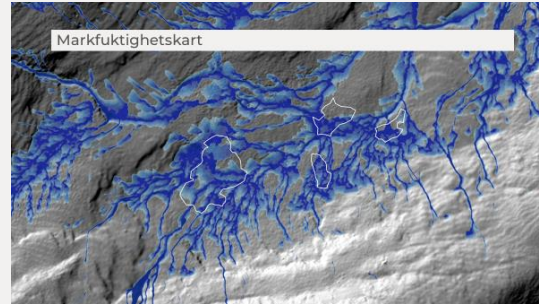
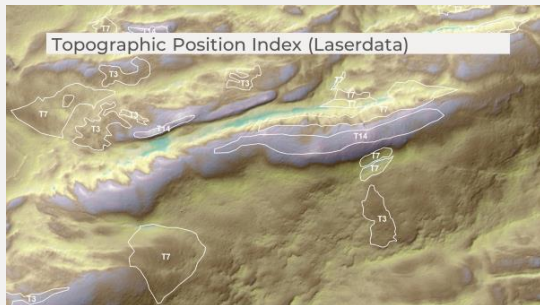


Prosessering Sentinel-2

- Prosessering per bilde
 - Skymaske
 - Snømaske (snøindeks)
 - Vegetasjonsindeks (NDVI)
 - Fuktighetsindeks (NDWI)
 - ++
- Prosessering tidsserier
 - Stable opp alle bildene over tid (stack)
 - Trekke ut informasjon
 - Kalenderdag for snøsmeltingen
 - Maksimal oppnådd vegetasjonsindeks
 - ++



Eksempel på ulike kartlag som ble laget



Referansedata

- Vi har brukt flybildetolkning for å samle inn referansedata
 - Homogene, representative flater
 - Minste areal 250 m² (hvis mulig)
 - Registrering av hovedtype og Lokale Komplekse Miljøvariabler (LKM) i henhold til NiN systemet
- Vi har samlet inn feltobservasjoner i et begrenset område i Trollheimen

Hovedtyper



Følgende hovedtype ble registrert:

T1 Nakent berg

T7 Snøleie

T19 Oppfrysningsmark

T27 Blokkmark

V1 Åpen jordvannsmyr

V6 Våtsnøleie og snøleiekilde

F Ferskvannssystemer*

T3 Fjellhei, leside og tundra

T14 Rabbe

T22 Fjellgrashei og grassnøleie

T13 Rasmark

V4 Kaldkilde

Våtmarkskomplekser (v_kompleks)*

I Snø- og issystemer*

*Forenklet eller tilpasset hovedtype

Flybildetolkning - eksempler

- T7 Snøleie



- T14 Rabbe



- T3 Fjellhei, leside og tundra

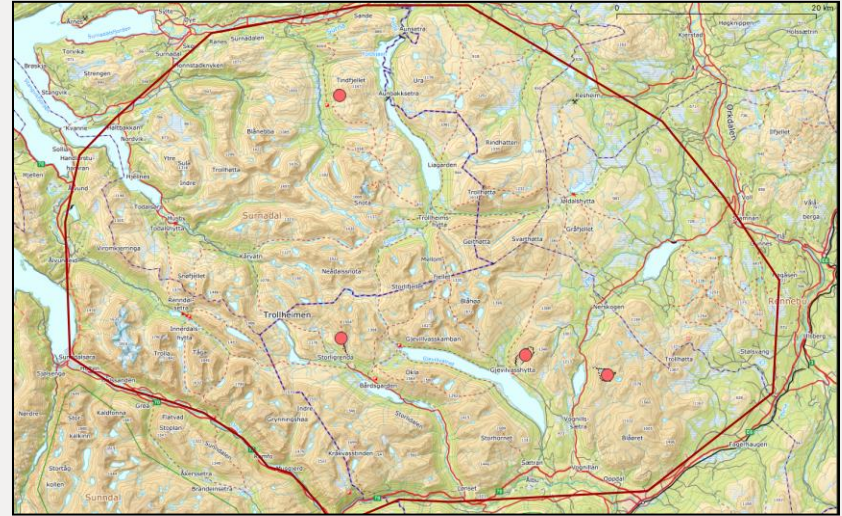


- V1 Åpen jordvannsmyr



Feltobservasjoner

- Felldata ble samlet inn på fire ulike steder i Trollheimen
- Hovedtype og LKM-er ble registrert på flater (som var generert i flyfoto-segmenteringen).



Feltobservasjoner – eksempel

- Disse flatene ble registrert i løpet av en dag



Referansedata - antall

- Fototolkning referansedata
 - Trollheimen: 741 flater
 - Esandsjøen: 183 flater
 - Storfjord/Kåfjord: 434 flater
- Flatene fra fototolkning ble delt opp i flere segmenter ved bruk av automatisk segmentering
- Feltdata
 - Feltbefaring Trollheimen: 604 segmenter



Figur 25. Bakkesannheter og segmentering. Bakkesannheter tegnet i hvit med hovedtype T22 i dette eksempelet. Segmenteringen i gult.

Klassifisering og validering

- Cirka 30-40 kartlag fra laserdata, flyfoto og Sentinel-2 (forklaringsvariabler)
- Delt opp referansedataene i et
 - Treningsdatasett
 - Valideringsdatasett
- Lært opp ulike klassifikatorer med treningsdatasettet
 - Random Forest
 - XGBoost
 - + flere
- Validering

Resultater

- Klassifiseringsnøyaktighet med kryssvalidering fra fototolkning
 - Random forest klassifikator
 - 10 kartlag som input
 - 10-fold kryssvalidering

Område	Overall Accuracy	kappa
Trollheimen	91 %	0.88
Troms	80 %	0.75
Trollheimen + Esandsjøen	90 %	0.87
Alt kombinert	86 %	0.83

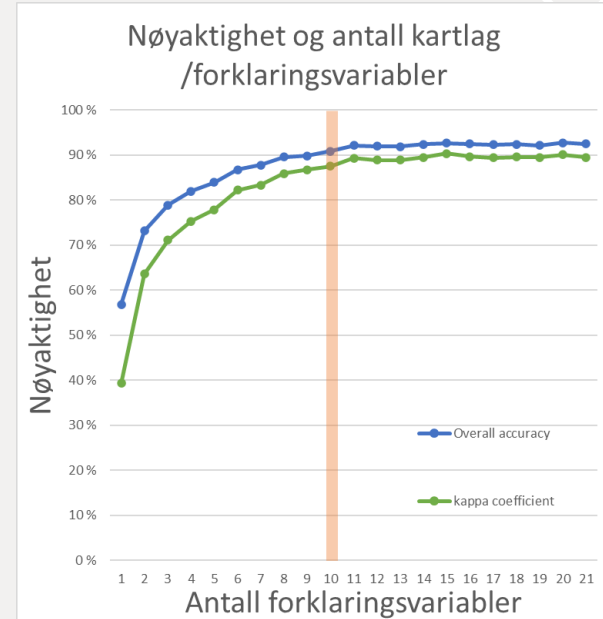
Resultater

- Klassifiseringsnøyaktighet per hovedtype (Trollheimen)

		Predicted																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
--	--	-----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Resultater

- Nøyaktighet og antall kartlag som ble brukt i klassifiseringen
- Ved bruk av flere kartlag øker nøyaktigheten. Rundt 10 kartlag flater kurven ut. nøyaktigheten øker ikke lenger da

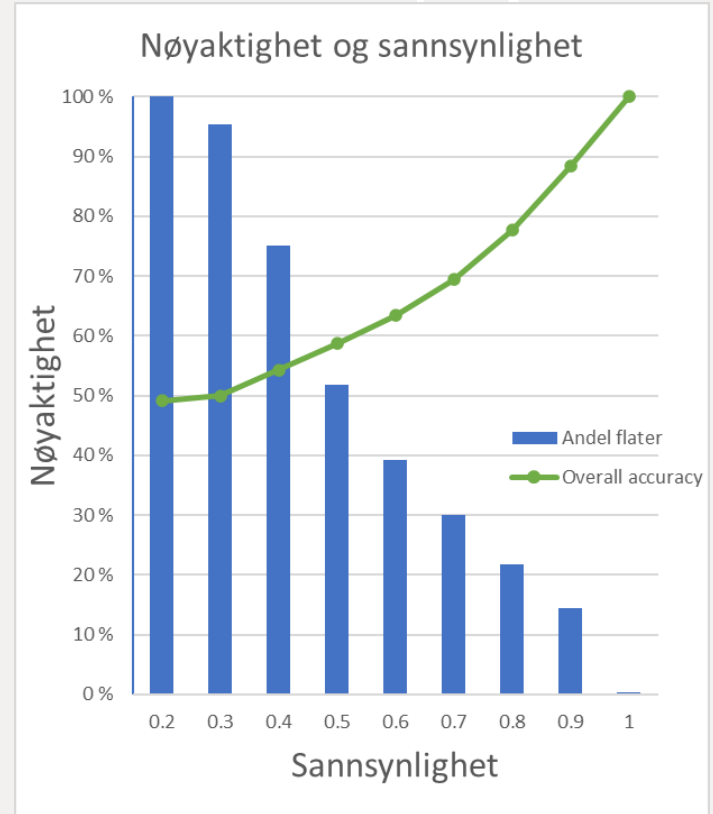


Resultater

- Nøyaktighet validert med feltobservasjoner
 - Overall accuracy: 53% (kappa 0.41)
- Nøyaktighet hvor noen tilgrensede utforminger ble slått sammen
 - Overall accuracy: 67 % (kappa 0.57)

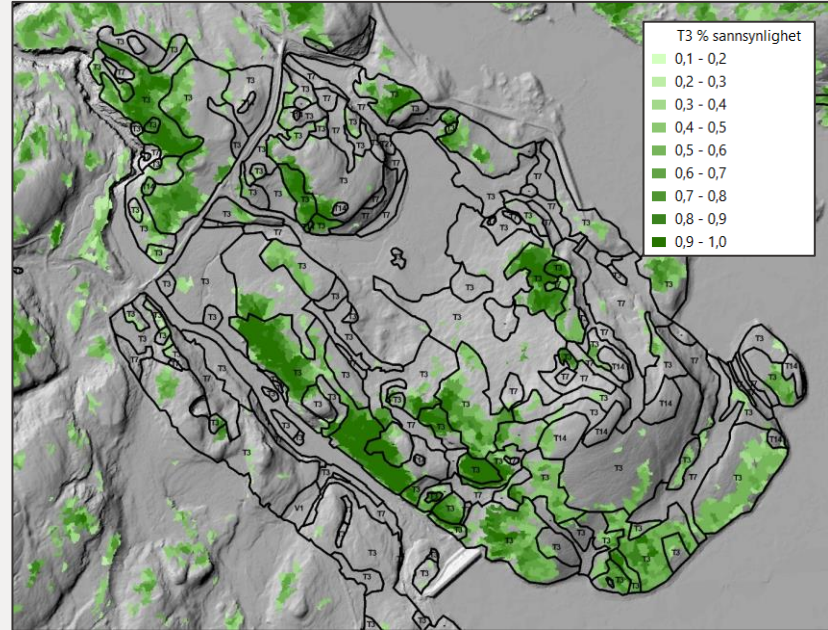
Resultater

- Nøyaktigheten i hele kartet, validert i felt blir forholdsvis lavt (50-70%).
- Nøyaktigheten for områder hvor klassifisering viser høy sannsynlighet er høyt:
 - Områder med en sannsynlighet på >80% får en nøyaktighet på 78%.



Resultater

- Klassifiseringen gir ikke kun et ja-nei svar, men en sannsynlighet (gradient) per hovedtype fra 0 til 1
- Eksempel for T3 (Fjellhei, leside og tundra). Svarte streker er frå NiN feltskart.

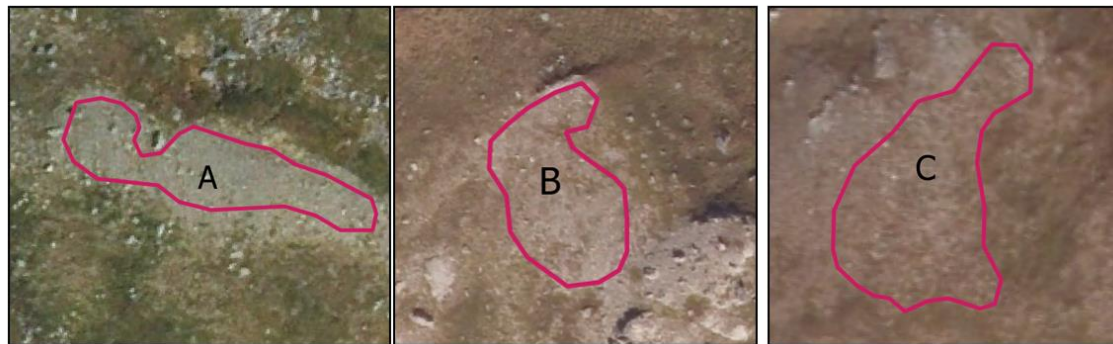


Diskusjon - Fototolkning

- Kvaliteten på fototolkning er svært avhengig av
 - Flybildene som brukes (kvalitet, sesong)
 - Erfaring: det viktig å ha erfaring med naturkartlegging i felt, fototolkning, og at man har vært i området som skal tolkes
 - Hovedtype. Noen hovedtyper er enklere å identifisere på flybilder enn andre. Noen overganger er krevende å kan skape systematiske avvik i resultatene
- Viktig å velge ut flybilder med god kvalitet
- Viktig å besøke utvalgte områder i felt

Diskusjon - Fototolkning

- Eksempel på at det kan være vanskelig å skille mellom fjell-lavhei og moderat vindeksponerte rabber



Figur 40. Den viser den gradvise overgangen fra lavhei til rabbe, der referanseområde A er tolket som en klar deflasjonsrabbe, mens referanseområde B er tolket som rabbe med svakere vindvirkning. Referanseområde C er tolket som lavhei, men kan potensielt være en rabbe.

Diskusjon

- Det er generell usikkerhet i naturkartlegging i felt, særlig ved en heldekkende kartlegging oppnås det sjelden konsensus
- Noen hovedtyper og overganger er krevende å avgrense i felt. Det vil gjenspeiles i en lavere nøyaktighet i klassifiseringsresultatene.
- Noen utforminger kan være krevende å skille i fjernmålingsdataene, selv om de kan avgrenses i felt.

Konklusjon

- Metodene utviklet i FALK 1 (Storfjord/Kåfjord) gir også gode resultater i Trollheimen og Esandsjøen
- Trenings/valideringdata fra fototolkning og klassifiseringsmodellene kan overføres mellom ulike områder og over store avstander.
- Validering med feltobservasjoner gir et litt dårligere resultat, men dette kan forbedres ved å bruke feltobservasjoner tidligere i prosessen.

Konklusjon

- Metoden kan brukes for en nasjonal kartlegging av fjellområder
- I en eventuell nasjonal kartlegging er det viktig å planlegge for flere runder med fototolkning, klassifisering, og validering i felt (iterasjoner)

Konklusjon

- Resultatet av en automatisk klassifisering vil
 - inneholde informasjon om usikkerhet for alle kartlagte flater. NiN feltkartlegging kan ikke tilby slik usikkerhetsinformasjon
 - ha ulik nøyaktighet for ulike hovedtyper
 - kunne forbedres etter behov (uten å starte helt på nytt)
- Å bruke fjernmåling og kunstig intelligens er den mest effektive og kostnadseffektive måten for å lage nasjonale heldekkende kart over naturtypene i fjellet.

