

Høyoppløselig satellittbilde fra Geoeye 6. mars 2017 over deler av Rennebu kommune. Ei distribusjonslinje er angitt med blå linje, og nye snauhogster vinteren 2016-17 i regi av Allskog er angitt som gule polygoner.

Kartlegging av skogskader og hogst langs kraftlinjer

Nettselskapene har behov for informasjon om endringer i skogtilstanden langs kraftlinjene. Det er dels behov for rask kartlegging av trefall på linjene etter storm og sterke snøfall, for å raskt rydde opp og hindre langvarig utfall. Dels er det behov for kartlegging av nye snauflater langs linjene, for å sjekke om det har blitt satt igjen trær etter hogsten som da plutselig er eksponert for vind og kan utgjøre en særlig risiko. De som utfører hogsten setter ofte igjen de trærne som står nærmest linjene for å gardere seg mot å felle på dem. Det skjer en rask utvikling av teknologi for fjernmåling, både basert på drone, fly, helikopter og satellitt. Formålet med denne rapporten var å vurdere ulike alternative fjernmålingsløsninger for de behovene som er nevnt over.

KARTLEGGING AV TREFALL PÅ LINJENE

For å prøve ut dette gjorde vi en simulering av trefall langs ei kraftlinje i Rennebu kommune, ved at Trøndereenergi Nett AS felte en del trær inn i kraftgata. Det var trær av ulike treslag, og både enkelttrær og grupper av trær. Vi anskaffet fjernmålingsdata fra både før og etter hogsten for å se etter endringer.

FLYBÅREN LASERSKANNING

Kraftlinja hadde flybåren laserskanning fra 2016, og vi anskaffet et nytt opptak våren 2017. Vi prosesserte begge datasettene til høydemodeller, dvs rasterdata hvor hvert pixel har en beregnet høyde på overflaten. Denne overflaten er jordoverflaten i områder uten

skog, og en høyde som ligger høyt oppe i trekronene der det er trær.

Tabellen angir visse egenskaper for laserskanningene. Dataene var levert både som punktdata for hvert laserekko, samt enkelttre-data med posisjon og høyde. For 2016-dataene var det i tillegg levert horisontalprosjeksjonen av trekronene.

	2016	2017
Sensor	RIEGL VUX	ALS70/L204
Punkt-tetthet	60 per m ²	150 per m ²
Plattform	Helikopter	Helikopter
Entreprenør	Visimind	Terratec

Vi ser i figuren under et utsnitt av testområdet hvor det ble felt flere trær (svart pil), og resultater for en rasterbasert metode hvor trefall detekteres som en nedgang i overflathøyde. Gråtonen i bildene angitt som 2016 og 2017 representerer denne overflathøyden, og vi ser tydelig trærne som lyse, tilnærmet runde områder og åpninger mellom trærne som mørke områder. Kraftledningene er også klart synlige.

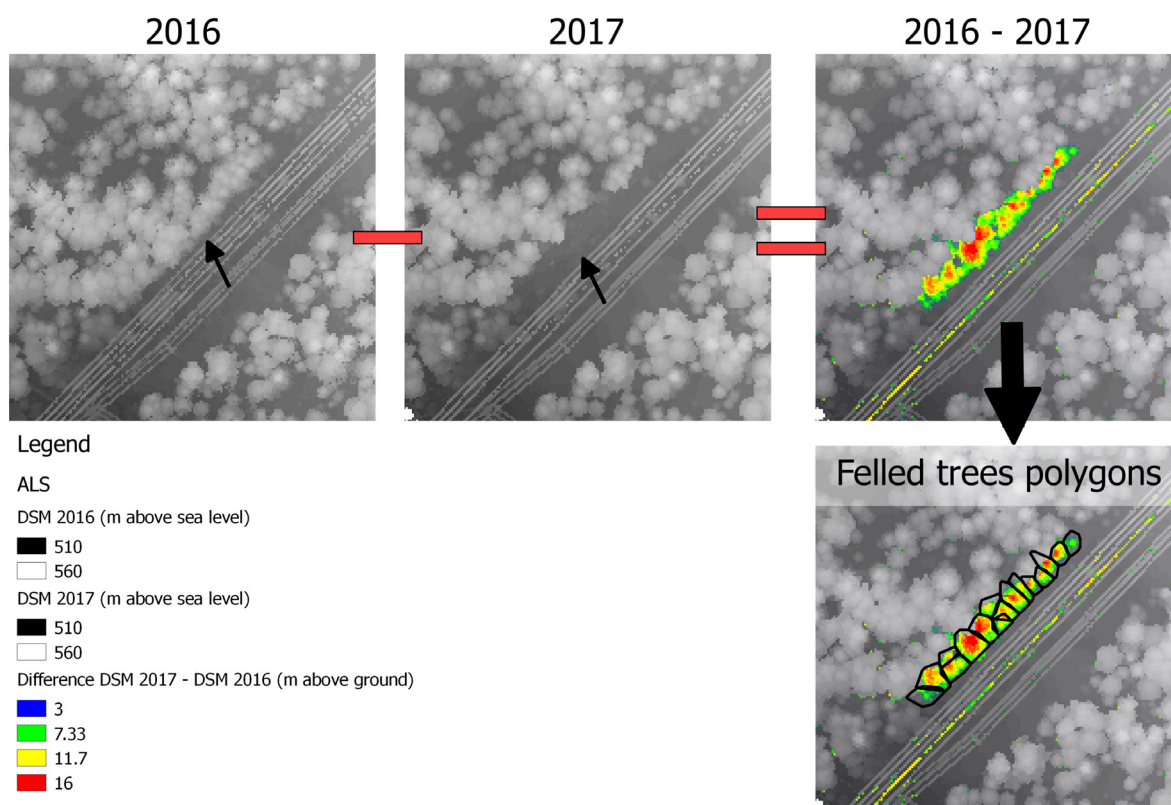
Hovedresultatet av denne testen var at trær som felles, eventuelt skades ved rotvelter eller stammebrekk, enkelt kan kartlegges som en nedgang i høyde. Ved å ta differansen mellom høydemodellene fra

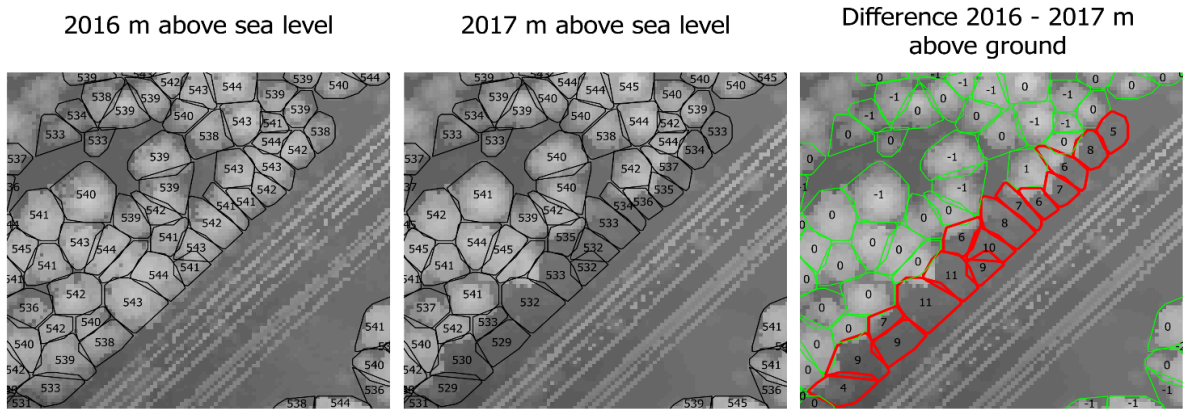
2016 og 2017 har vi fått fram høydeendringer, og vi ser tydelig i figuren til venstre et område med felte trær, angitt som farger som representerer høydenedgangen. De gule og rød områdene har høydenedgang på mer enn 11 m, og sammenfaller med de områdene der det ble felt trær. Denne metoden krever at man har laserskannet linja før skade, og en operasjonell anvendelse av dette forutsetter dermed at alle linjer som skal overvåkes må laserskannes med noen års mellomrom.

Denne metoden kan også gjøres på en mer avansert måte, ved at man identifiserer enkelttrær og deres trekroner i laserdataene, slik at man kan få ut estimater på antall, størrelse og kroneform på de trærne som er vindfelt eller snøskadet. I figuren nede til høyre er dette illustrert ved at vi har lagt på svarte polygoner som representerer omrisset av trekroner.

Hvis vi ser nærmere på denne metoden, så kan vi ta ut gjennomsnittshøyde for hver tressegment i de to årene, og få ut en høydenedgang for hvert tre som vist i figuren under. Til høyre er de trærne som trolig ble felt angitt som røde polygoner med en tallverdi for høydenedgang.

Vi har også forsøkt en alternativ metode, basert på å matche enkelttre-dataene fra begge tidspunkter mot hverandre for å finne hvilke trær som ble felt. Dette



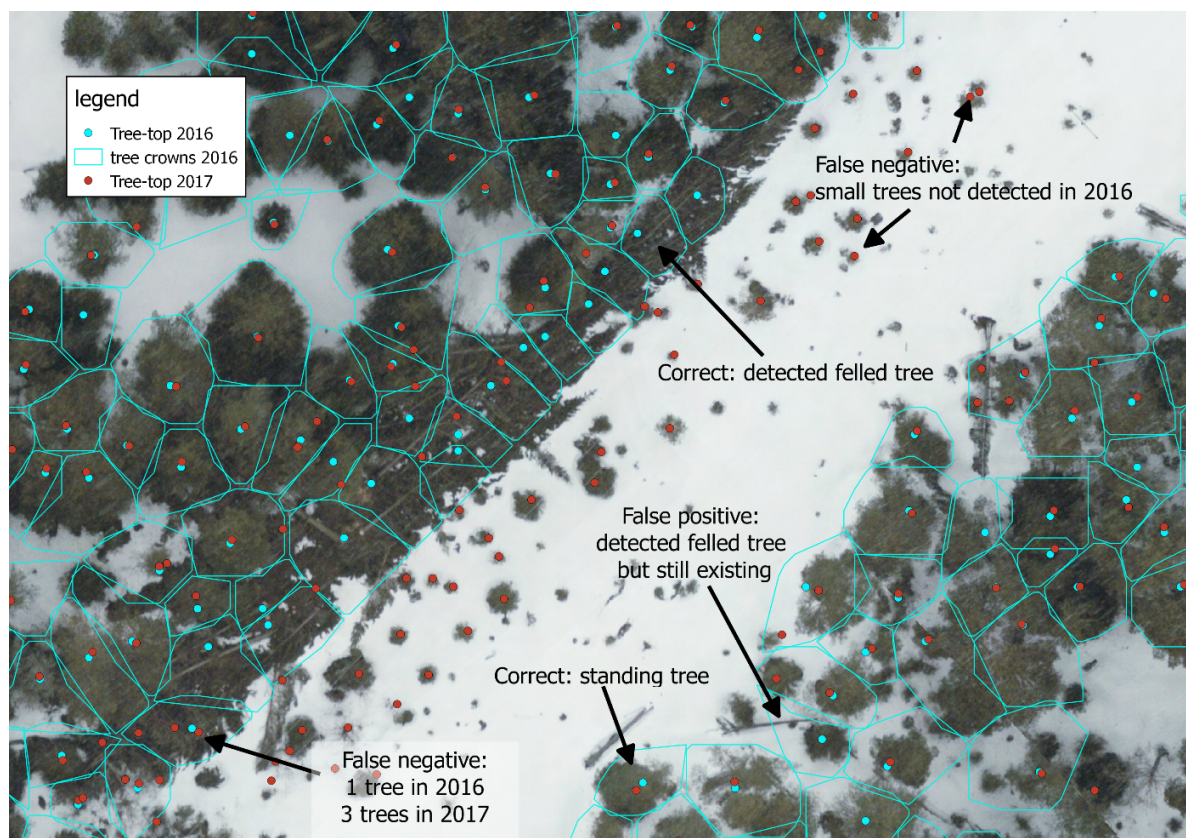


Legend

- Single trees 2016
- Single trees 2016 with differences in height (2016 - 2017)
- 0 - 3 m
- 0 - 11 m above ground

var imidlertid ikke vellykket og anbefales ikke, fordi enkelttredata fra laserskanning alltid vil variere noe avhengig av de tekniske egenskapene ved skanningen og hvilken beregningsalgoritme som er brukt. Problemene med denne metoden er vist i figuren under, hvor enkelttre-dataene er lagt oppå ortofoto som ble tatt opp samtidig som laserskanningen. Figuren viser enkelttredataene for 2016 og 2017 hvor forskjellige kategorier for deteksjon er angitt, dvs «korrekt» deteksjon, «falske positive» (feil deteksjon av felt tre) og

«falske negative» (manglende deteksjon av felt tre). På grunn av disse feilene er denne metoden dårligere egnet enn metoden basert på høydeendring som beskrevet over. Figuren viser imidlertid hvor gode og robuste slike enkelttredata basert på laserskanning er, ved at de to enkelttre-datasettene stemmer godt overens, og også hvor godt de stemmer overens med ortofotoet.



HØYOPPLØSELIGE SATELLITTBILDER

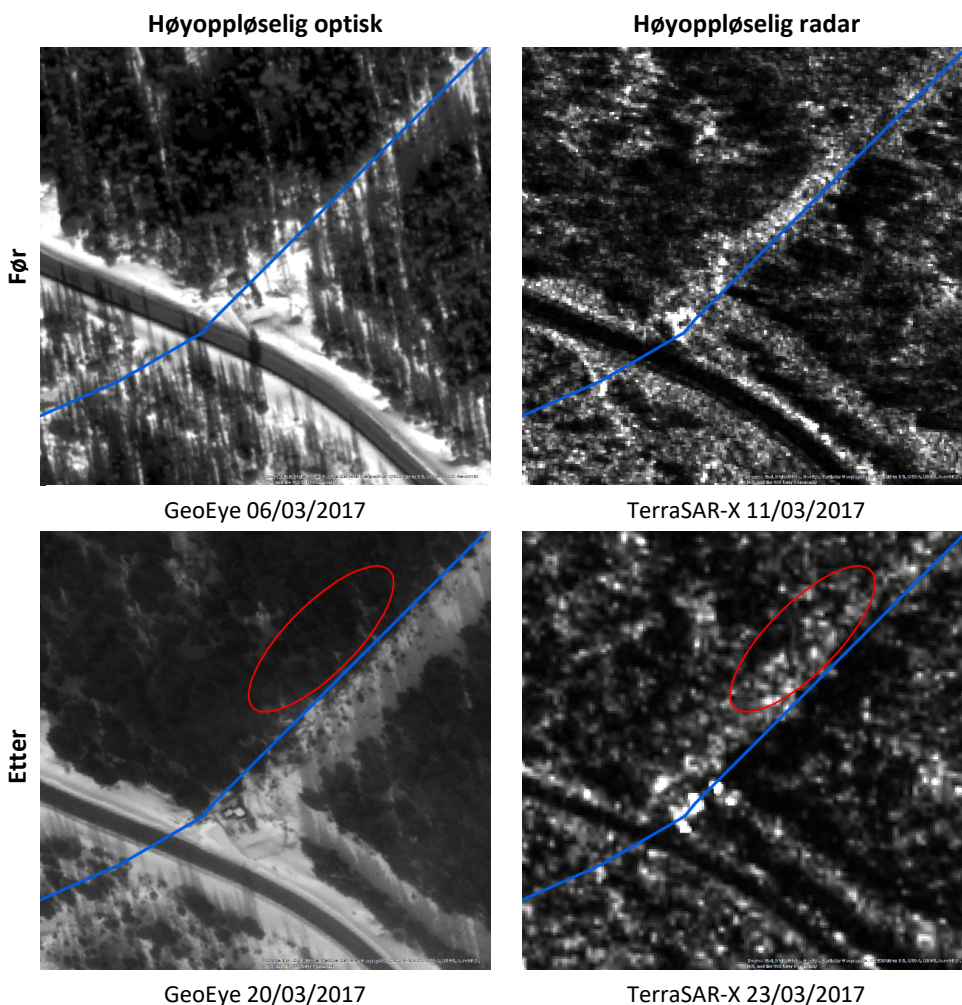
Vi har også undersøkt muligheten for å detektere trefall i høyoppløselige satellittbilder, dvs bilder med små pixler og mye detaljinformasjon. Svært høy oppløsning (Very High Resolution, VHR) satellittbilder har en pixelstørrelse ned mot 0,4 m. Det er to hovedtyper av satellittbilder, optisk og radar.

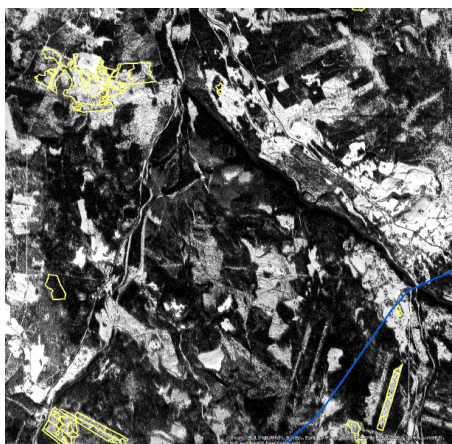
Optiske bilder er bilder av samme type som vi tar med håndholdt kamera, men VHR oppløsning er kun mulig i svart-hvitt (pankromatisk). For å få opptak av slike bilder fra satellitt er man avhengig av sola som belysningskilde og skyfrie forhold, og dette kan være vanskelig å oppnå under storm- og snøskade-sesongen i Norge vinterstid. Det finnes imidlertid en del eksempler på at store stormfellingene lett kan sees i slike svart-hvitt, høyoppløselige satellittbilder utpå ettervinteren. Det er da ikke snakk om å automatisk bildebehandling med endringsdeteksjon fra et bilde før og et bilde etter, men bare visuell tolkning av et bilde etter trefall.

Vi ser i figuren utsnitt fra slike høyoppløselige svart-hvitt bilder før og etter hogsten i Rennebu, hvor

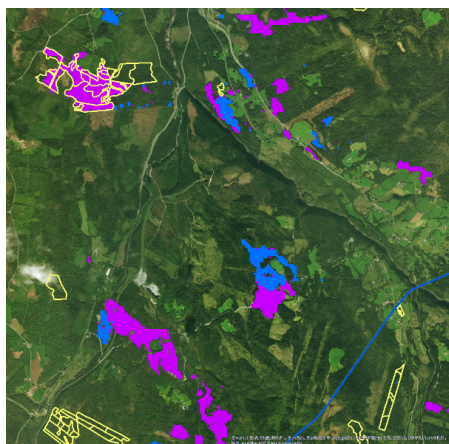
utsnittet dekker omtrent det samme området som for laserdataene over. Det er tydelig at vi ikke kan se de felte trærne, - verken som liggende trær på snøen eller som en forskjell mellom de to bildene. Det er flere problemer som forårsaker dette. For det første er det sterke skygger av trærne på snøen, og skyggene er nesten like mørke som trær, og dette gjør den visuelle tolkningen vanskelig. For det andre er bildene tatt fra ulike satellittbaner og med ulik solvinkel, slik at både innsynsretning, solhøyde og solas retning var forskjellig i de to bildene og det gjør sammenlikning av bildene er vanskelig. I tillegg var det noe dis i det siste bildet. I tillegg var det vanskelig å få georefereringen av bildene helt riktig.

Radarbilder (syntetisk aperture radar, SAR), er den andre hovedtypen av bilder. Her utgjør radaren sin egen belysningskilde, dvs at den både sender og mottar pulser, og ettersom bølgelengden er så stor som 3 – 60 cm kan den se gjennom skyer. Det er vist i tropisk skog at hogst av store enkelttrær kan påvises med endringsdeteksjon, og man må da ha bilde både før og etter hogst. SAR har den spesielle egenskapen at den ikke ser vertikalt ned mot jordoverflaten, men på

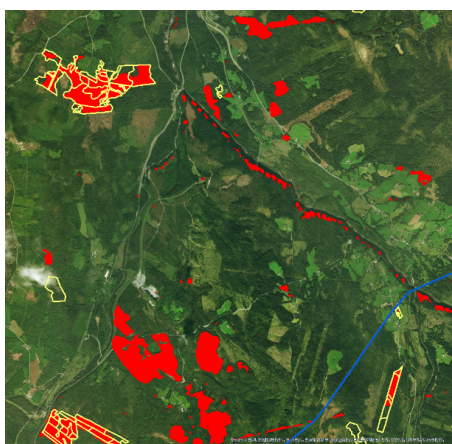




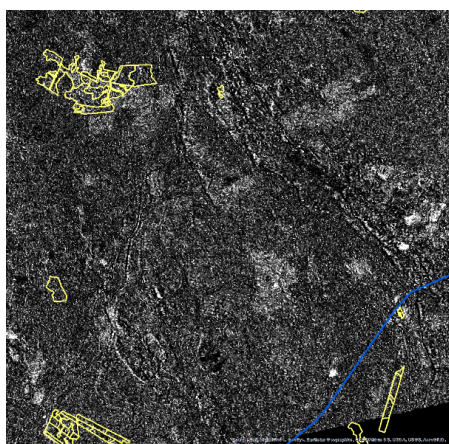
Høyoppløselig optisk



Global Forest Watch



Høydenedgang med TanDEM-X



Intensitetsendring med TerraSAR-X

skrå, og en endringsdeteksjon krever at de to bildene er tatt opp fra samme satellittbane. Den skrå innsynsvinkelen gjør også SAR har problemer i bratt terreng.

Vi ser i figuren at de felte trærne ikke kan detekteres med de høyoppløselige SAR-bildene. Vi kan se visse strukturer som vei, kraftgate og grupper av trær, men verken visuell tolkning eller endringsdeteksjon er mulig for deteksjon av de felte trærne.

KARTLEGGING AV NYE SNAUFLATER LANGS KRAFTLINJENE

Deteksjon av snauflater kan gjøres med ulike fjernmålingsmetoder, og både ut fra et enkelt bilde og ut fra endringsdeteksjon. Samlet sett viser vår test at Global Forest Watch kanskje er det beste alternativet per i dag, i og med at det er en operasjonell tjeneste og gratis data. Under følger mer detaljert vurdering.

Figuren viser fire alternative fjernmålingsmetoder som vi har testa for å kartlegge snauflater, og vi har lagt på en kraftledning gjennom området er angitt

som blå strek, mens nye snauflater registrert av Allskog for vintersesongen 2016-17 er angitt som gule polygoner. De ulike fjernmålingsdataene samsvarer ikke i tid med hverandre og heller ikke med snauflatene kartlagt av Allskog, og hensikten med å legge på disse hogstpolygonene er derfor bare å demonstrere hvor detaljert størrelse og form på snauflatene stemmer overens med fjernmålingsdataene i de tilfellene der det er samsvar i tid.

Høyoppløselig optisk (øverst til venstre): Svart-hvitt (pankromatisk) bilde med satellitten Geoeye med 40 cm oppløsning, hvor snauflater, dyrka mark og fjell framkommer tydelig som hvite områder pga snø, mens skogkledde områder framstår som grå eller svarte. En kartlegging av snauflater er her tenkt uten endringsdeteksjon, dvs at man kanskje kan detektere alle snauflater, både nye og gamle. En ulempe med denne metoden er at det er kommersielle data og den høye romlige oppløsningen gjør at bildene dekker et lite areal, så dermed blir kostbart å lage en operasjonell anvendelse for store områder.

Global Forest Watch (øverst til høyre): Nye hogster er tatt fra fra Global Forest Watch («Forest loss»), og dette er basert på kartlaggning med tidsserier av Landsat-bilder med 30 m oppløsning. De ulike fargene representerer ulike årstall (fiolett=2015 og blå=2016) for hogstene («Loss_year»), og de er lagt oppå ortofoto fra Norge i bilder. Fordelene med denne løsningen er at det er en operasjonell tjeneste med fortløpende oppdatering, kostnadsfritt tilgjengelig og enkelt tilgjengelig i et GIS brukergrensesnitt i form av en WMS-tjeneste. En ulempe kan være at dataene for en gitt vintersesong ikke blir tilgjengelig før påfølgende høst, fordi deteksjonen er basert på endringer i spektrale egenskaper (farge) fra sommer til sommer.

Høydenedgang med TanDEM-X (nederst til venstre): Mulige nye snauflater kartlagt som en nedgang i skoghøyde med radar satellittdata på to tidspunkter fra TanDEM-X, og hvor skoghøyde er beregnet med en form for stereoprosessering (interferometri) og en oppløsning på 10 m. Vi har satt grenseverdien for høydenedgang på 3 m, slik at røde områder hadde en høydenedgang på minst 3 m. En fordel med denne teknologien er at man kan få data raskt fordi metoden fungerer året rundt uavhengig av lys- og skyggef forhold, mens ulempene er at det er kommersielle data og det er problemer i bratt terreng pga radar-spesifikke geometriske problemer under opptak.

Intensitetsendring med TerraSAR-X (nederst til høyre): Endring i intensitet (tilbakespredning, backscatter) med radar satellittdata fra TerraSAR-X med 10 m oppløsning. Det er tydelig at denne metoden ikke fungerer, men det skal understrekes her at dette er som forventet med denne korte radar-bølgelengden (X-bånd). Snaufletdeteksjon med lengre bølgelengde (L-bånd) er utviklet for Sverige som en operasjonell tjeneste basert på satellittdata fra Palsar-2. Det er også mulig at man kan utvikle metoder basert på C-bånd og satellittdata fra Sentinel-1, som er gratis og med hyppige dekning. Dette er imidlertid foreløpig under utprøving.

VURDERING

Nettselskapene har en teknisk løsning i form av flybåren laserskanning, noe som allerede brukes mye. Dette kan videreutvikles for å dekke en rekke behov.

FORFATTERE:

Svein Solberg, Stefano Puliti, Osama Youssif

Man kan tenke seg følgende opplegg:

1. Rutinemessig skanning av linjenettet ca hvert 5. år for identifisering av
 - a. risikotrær langs linjene, dvs trær som er høye og står nært linjene, eventuelt trær med andre risiko-egenskaper som lavt d/h-forhold og skeiv krone,
 - b. trær som skal toppes med helikopter, og
 - c. gjenstående og plutselig eksponerte trær etter snaufletehogst inn mot linjene.
2. Ad-hoc skanning etter storm og kraftig snøfall hvor trefall detekteres som en endringsdeteksjon fra forrige rutineskanning.

Et godt alternativ for kartlegging av nye trefall er fotografering fra helikopter med stedfesting (geotagging) av bildene et godt alternativ. Dette er i utstrakt bruk i dag. Slike bilder gir svært god informasjon om trefallene som grunnlag for å planlegge hvordan de kan fjernes. Er det mye trefall i et område så får man også plottet dem ut som punkter på kart, og dette er også til stor hjelp i planleggingen av ryddearbeidet. For mindre områder kan også droner brukes.

For kartlegging av nye snauflater langs linjene så er det to alternativer til laserskanningen, dvs satellittfjernmåling og hogstdata fra skogforvaltningen. Når det gjelder satellittfjernmåling så finnes det flere teknologier og tjenester i dag som kan gjøre dette, og det vil utvikles nye metoder og tjenester i årene som kommer etter hvert som nye satellitter skytes opp og nye deteksjonsmetoder utvikles. Samlet sett er kanskje Global Forest Watch den metoden som egner seg best i dag, i og med at den er gratis, lett tilgjengelig som ferdige GIS-data og operasjonell, og ut fra vår erfaring så synes den å ha tilfredsstillende detaljeringsgrad for dette formålet. En mulig ulempe kan være at dataene for nye hogster først kommer noen måneder etterpå. Det kan utvikles løsninger med andre typer satellittdata som høyoppløselige optiske bilder eller SAR-bilder, men situasjonen nå er at slike tjenester fortsatt er på utviklingsstadiet eller at det krever kommersielle bilder. Spesielt for høyoppløselige bilder er disse kun tilgjengelige som kommersielle tjenester og de dekker små områder, og dette kan gjøre det vanskelig å gjøre dette operasjonelt for store områder.

Det andre alternativet for deteksjon av nye snauflater er å få tilgang til hogstdata gjennom samarbeide med hogst-entreprenører eller skogeierandelslag. Slike data genereres i dag operasjonelt enten ved hjelp av tracklog i hogstmaskin eller fra skogbruksplanleggingen.