

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



Sammendrag

I denne oppgaven ble det undersøkt i hvilken grad SAR bilder egner seg som et supplement til eller erstatning for optiske bilder i forbindelse med tolkning i henhold til ekstraksjonsguiden for Multinational Geospatial Co-production Program (MGCP). Dette er i hovedsak aktuelt for områder med stor grad av skydekke eller områder med kort opptakssesong på grunn av beliggenhet langt mot nord. I denne oppgaven ble derfor grenseområdet mellom Norge og Russland valgt som testområde.

For det aktuelle området ble det anskaffet to optiske (pankromatiske) bilder tatt av satellitten WorldView 2 som er driftet av det amerikanske selskapet DigitalGlobe. For Syntetisk Aperture Radar (SAR) bildene ble det kjøpt to bilder tatt av den tyske satellitten TerraSAR-X (TSX) og ett bilde tatt av den italienske satellittkonstellasjonen COSMO-SkyMed (CSK), der det ene TSX bildet og CSK bildet ble tatt av det samme området. SAR opptakene har tilnærmet samme geometri for å unngå store forskjeller.

Fokuset i oppgaven var rettet mot:

- Kan SAR bilder brukes som supplement/erstatning for optiske bilder.
- Kommer noen elementer bedre frem i SAR bilder enn i de optiske bildene.

Resultatet ga et veldig variert inntrykk der SAR bildene var bedre for deteksjon av enkelte kart-elementer og de optiske var bedre for andre. Generelt kom vannsystemer godt frem i begge versjoner av bilder. Bygninger kom bedre frem i de optiske bildene og gjerder kom bedre frem i SAR bildene.

Abstract

This thesis examined if Synthetic Aperture Radar (SAR) images are suitable as a supplement or replacement of optical images according to the extraction guide for the Multinational Geospatial Co-production Program (MGCP). This is most relevant for areas with a high degree of cloud cover, or areas with a short recording season because of location in the far north. In this thesis the border area between Norway and Russia was chosen as an area of interest.

For the area in question it was acquired two optical (panchromatic) images taken by satellite Worldview 2, which is operated by the U.S. company DigitalGlobe. For Synthetic Aperture Radar (SAR) images, two images taken by the German SAR-satellite TerraSAR-X (TSX) and an image taken by the Italian SAR-satellite constellation COSMO-SkyMed (CSK), where one of the TSX image and the CSK image were covering the same area. The SAR recordings were planned to be approximately of similar geometry to avoid differences.

The focus in the thesis was aimed at:

- Can SAR images be used as a supplement / replacement of optical images.
- Can SAR images be better for detection of individual map elements.

The result gave a very varied impression as SAR images were better for detection of individual map elements and the optical was better for others. In general, water systems were evident in both versions of the images. But such as buildings were more evident in the optical images and fences came better out in the SAR images.

Forord

Denne oppgaven markerer slutten på 5 år med Geomatikkstudier ved Universitet for miljø – og biovitenskap (UMB). Bruk av satellitter til fotografering av jordoverflaten og deres funksjon har alltid fasinert meg. Denne fasinasjonen var hovedgrunnen til å begynne på dette studiet. Valget av satellittkartlegging som hovedtema for oppgaven var derfor enkelt.

Oppgaven er et resultat av behovet Forsvarets Militærgeografiske Tjeneste (FMGT) har for å undersøke om opptak gjort av SAR-satellitter er egnet for kartlegging. Dette har vært et spennende tema og det rettes takk til FMGT for problemstillingen og økonomiske bidrag.

Jeg ønsker å takke følgende:

Senioringeniør/Senior geoanalytiker Kristoffer Østen og Underdirektør / Seksjonssjef Geomatikk Øyvind Martinsen, kontaktpersoner ved FMGT.

Professor Øystein Dick, hovedveileder, UMB.

Seniorforsker Dan J. Weydahl, medveileder fra Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI) på Kjeller.

Jeg vil også takke mamma for korrekturlesing og mine medstudenter for hjelp, og humor når dagene ble lange.

Sted Dato Bjarne Langmoen Olsen

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	2
Abstract	3
Forord	4
1 Innledning	9
1.1 Multinational Geospatial Co-production Program (MGCP)	9
1.2 Problemstilling for masteroppgaven.....	9
1.2.1 MGCP Ekstraksjonsguide	10
1.3 Samarbeidspartnere	13
1.3.1 Forsvarets Militærgeografiske Tjeneste (FMGT)	13
1.3.2 Forsvaret Forskningsinstitutt (FFI)	13
2 Teoretisk bakgrunn	14
2.1 Elektromagnetiske bølger	14
2.2 Refleksjon.....	14
2.3 Optisk refleksjon.....	15
2.4 Atmosfæriske forhold	16
2.4.1 Spredning (scattering)	16
2.4.2 Lysbryting	16
2.4.3 Absorbering.....	17
2.5 Tilbakespredning av mikrobølger.....	17
2.5.1 Foldningseffekt.....	17
2.5.2 Overlegg (Layover) og radarskygge.....	18
2.5.3 Kardinaleffekt.....	19
2.5.4 Overflatens ruhet	19
2.5.5 Speckle	20
3 Datasett for oppgaven	22
3.1 TerraSAR-X.....	22

3.1.1	TerraSAR-X Bilder	23
3.2	COSMO-SkyMed	24
3.2.1	COSMO-SkyMed Bilde	25
3.3	WorldView 2	25
3.3.1	WorldView 2 Bilder	26
4	Metode	26
4.1	Visuell analyse.....	26
4.2	Pseudo Color.....	27
4.3	Blindtest.....	29
5	Sammenlignende analyse.....	30
5.1.1	Enkeltstående bygninger og konstruksjoner.....	30
5.2	BUA.....	32
5.2.1	Store bygninger	34
5.2.2	Spredtbebygde område.....	37
5.3	Elver og vann.....	38
5.3.1	Elver	38
5.3.2	Innsjøer.....	39
5.3.3	Myr og skog	40
5.4	Annen infrastruktur.....	41
5.4.1	Kraftgater	41
5.4.2	Gruve.....	44
5.4.3	Vei.....	45
5.4.4	Gjerder.....	45
5.4.5	Jernbane.....	47
5.5	Pseudo Color.....	48
6	Blindtest	50
7	Resultat/Vurdering av undersøkte kart-elementer	54

7.1	Enkeltstående bygninger og konstruksjoner	54
7.2	BUA	55
7.2.1	Store bygninger	55
7.2.2	Spredtbebyggd	55
7.3	Elver og vann	55
7.3.1	Elver	55
7.3.2	Innsjøer	56
7.3.3	Myr og skog	56
7.4	Annen infrastruktur	56
7.4.1	Kraftgater	56
7.4.2	Gruve	58
7.4.3	Vei	58
7.4.4	Gjerder	58
7.4.5	Jernbane	59
7.5	Pseudo color	59
7.6	Blindtest	62
7.7	Endelig vurdering	68
	Konklusjon	70
	Litteraturliste	71
	Figurliste	72
	Tabelliste	75

1 Innledning

1.1 Multinational Geospatial Co-production Program (MGCP)

Militære styrker blir i økende grad sendt utover eget lands grenser med ulike formål. Dette kan eksempelvis være ivaretagelse av sikkerhet, bekjempelse av terror, fredsopprettende og fredsbevarende operasjoner og støtte i forbindelse med humanitære kriser.



Mange nasjoner innså tidlig på 2000-tallet at både oppløsningen, kvaliteten og dekningsområdet for den tilgjengelig geografiske informasjonen var utilstrekkelig, både i form av papirkart og digitale data. For å bedre på denne situasjonen var det nødvendig å fremskaffe betydelige ressurser, både i form av økonomi og personell. 28 nasjoner (i har siden økt til 31) ble derfor i 2003 enige om at etablere et multinasjonalt fellesprosjekt, Multinational Geospatial Co-production Program (MGCP).

Målet med MGCP er å opprette en database med geografiske vektordata tilpasset papirkartproduksjon i målestokkene 1:50 000 og 1:100 000. Kartleggingen skal dekke områder hvor det ikke er mulig å kartlegge på tradisjonell måte og som er geopolitisk interessante. Høyoppløselige optiske satellittbilder er kilden for ekstraheringen av vektordata. Data som er ferdigprodusert og godkjent lagres i et felles datavarehus som de enkelte deltagende nasjoner har tilgang til etter at de har levert første godkjente dataleveranse. Prosjektet vil holde på til 2017/2018.

1.2 Problemstilling for masteroppgaven

En av de største utfordringene til nå har vært å få gjort nok bildeopptak med riktig kvalitet i tide. Noen geografiske områder har stor grad av skydekning grunnet klima, og/eller at opptakssesongen er kort på grunn av beliggenhet langt nord. En diskusjon som har gått igjen er om det finnes alternativer til høyoppløselige optiske bilder for vektorekstraheringen. Høyoppløselige radarbilder er nevnt som en mulighet. Styrken til radarbilder er sikre opptaksmuligheter ved at radar ikke har begrensninger knyttet til skydekning eller sollyss. Spørsmålet er om disse bildene har kvalitet som er god nok for vektorekstrahering. Med dette menes om de ulike temaene i hele tatt gjenkjennes i radarbildet og hvor nøyaktig temaene kan digitaliseres. Det kan være aktuelt å benytte radarbilder til både kartlegging av større områder

og/eller fortetting av områder som ikke er kartlagt grunnet skydekning i deler av de optiske bildene. Forsvarets militærgeografiske tjeneste (FMGT) som er med i MGCP, ønsket å få undersøkt dette nærmere. Leverandører av radarbilder hevder gode resultater innenfor dette, men FMGT ønsket en leverandøruavhengig undersøkelse. Med dette formålet henvendte FMGT seg til Universitet for miljø og -biovitenskap (UMB) for bistand i form av en masteroppgave. For at masteroppgaven ikke skulle bli for omfattende, valgte man å konsentrere seg om de viktigste temagruppene som samferdsel, bebyggelse og vannsystemer.

Mer konkret:

- Kan SAR bilder brukes som supplement/erstatning for optiske bilder.
- Kommer noen elementer bedre frem i SAR bilder enn i de optiske bildene.

1.2.1 MGCP Ekstraksjonsguide

Multinational Geospatial Co-production Program (MGCP) er ett stort internasjonalt kartleggingsprosjekt hvor nye kart skal lages eller oppdateres. Det er en rekke bedrifter og deltaker nasjoner i prosjektet. Det er derfor et behov for en felles bestemmelse for hvordan sluttproduktet (kartet) skal utformes. MGCP ekstraksjonsguiden er utformet som en Nettside og blir åpnet i Nettleseren. Der kan brukeren ved hjelp av linkene raskt komme til det aktuelle temaet. Hver eneste av de aktuelle featurene (kart-elementene) er blitt tildelt en kode og er blitt vedlagt som en egen informasjonslink. Informasjonen omtaler minimumskravene for lengde, areal og egenskaper før det blir tatt med i sluttproduktet. Ofte brukes høyoppløselige optiske satellittbilder til denne typen kartlegging. I MGCP ekstraksjonsguiden er det derfor også en god del informasjon om hvordan de aktuelle kart-elementene (featurene) kan bli avbildet i optiske satellittbilder fra forskjellige deler av verden. Kart-elementene (featurene) er også blitt plassert i tre hovedkategorier.

- Mandatory
- Optional
- Conditional

Mandatory er de featurene som skal være med i det ferdige kartproduktet dersom det skal tilfredsstillе minimumskravene til MGCP.

Optional tas med dersom dette objektet eller egenskapen er å se i bildet. Det er ikke forventet at det skal gjennomføres noen ekstra innsats for at det skal bli tatt med.

Conditional skal kartlegges, men tilgjengeligheten er kildeavhengig. Denne featuren skal kartlegges i henhold til MGCP ekstraksjonsguiden dersom det er tilgjengelig (synlig) i det aktuelle bildet.

På neste side er det et eksempel på hvordan ekstraksjonsguiden beskriver et av kart-elementene (Figur 1).

Definition

A transportation system consisting of load cables strung between pylons on which carrier units (for example: cars or buckets intended to transport people, material, and/or equipment) are suspended.

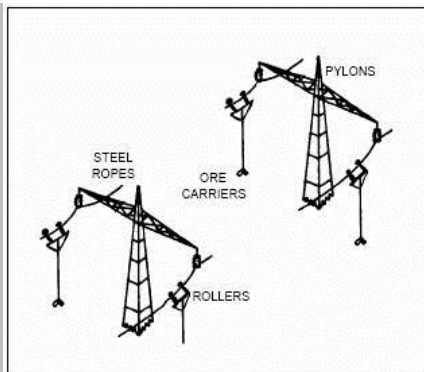
Appearance

Recreational (FUC=13)

These lines extend up the sides of hills and mountains and are found almost exclusively in ski areas. The cables will not be seen but the shadows of the pylons and the carriers may be visible. There may be transportation access at one end of the cableway.

Transportation (FUC=20)

Usually in industrial or urban areas. The cables will not be seen but the shadows of the pylons (similar to power pylons) and the carriers may be visible. Can be differentiated from powerlines by the existence of passenger terminals at ends, or the line begins or ends at freight terminals or industrial plants. There may be debris lost from the carriers under the route of the cableway.



Identifying Features

Ski Jump (AK150), Road ([AP030](#)), Pylon ([AT042](#))

LAT041 Line Feature Extraction Guidance

Extraction Criteria

LEN >= 375m / >= 750m or landmark significant

Delineate a centre line along the visible extent of the centre bottom of the cableway pylons.

AT041 General Extraction Guidance

Figur 1 Tabellen er hentet fra ekstraksjonsguiden og beskriver hvordan kabeltrekket i en skibakke skal bli tatt med i MGCP sluttproduktet. Dette elementet er mandatory.

1.3 Samarbeidspartnere

Forsvarets Militærgeografiske Tjeneste (FMGT) og Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI), bidro med forslag til oppgaven, økonomi og veiledning.

1.3.1 Forsvarets Militærgeografiske Tjeneste (FMGT)

Beskrivelse hentet fra (Geoforum.no 2012).

Forsvarets Militærgeografiske Tjeneste (FMGT) er Forsvarets fagmyndighet og forvalter av kart og geografisk informasjon. I kraft av dette er FMGTs oppgave blant annet å skaffe til veie tidsriktig geografisk informasjon til støtte for forsvaret av Norge og til norske avdelinger i internasjonal tjeneste.

1.3.2 Forsvaret Forskningsinstitutt (FFI)

Beskrivelsen hentet fra (FFI 2012).

Oppdrag

Forsvarets forskningsinstitutt er Forsvarets sentrale forskningsinstitusjon og har som formål å drive forskning og utvikling for Forsvarets behov.

FFI er rådgiver for Forsvarets strategiske ledelse. Spesielt skal instituttet se på trekk ved den vitenskapelige og militærtekniske utviklingen som kan påvirke forutsetningene for sikkerhetspolitikken eller forsvarsplanleggingen.

Beskrivelse

Som forskningsinstitutt skal FFI bidra til et effektivt og relevant forsvar, bidra til teknologisk og industriell utvikling, bidra til samfunnets totale sikkerhet og levere troverdig, nyskapende og nyttig forskning. Vår visjon: Vi gjør kunnskap og ideer til et effektivt forsvar.

Generell informasjon

Forsvarets forskningsinstitutt er en sivil forskningsinstitusjon, etablert 11. april 1946.

Instituttet er organisert som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter, direkte underlagt Forsvarsdepartementet.

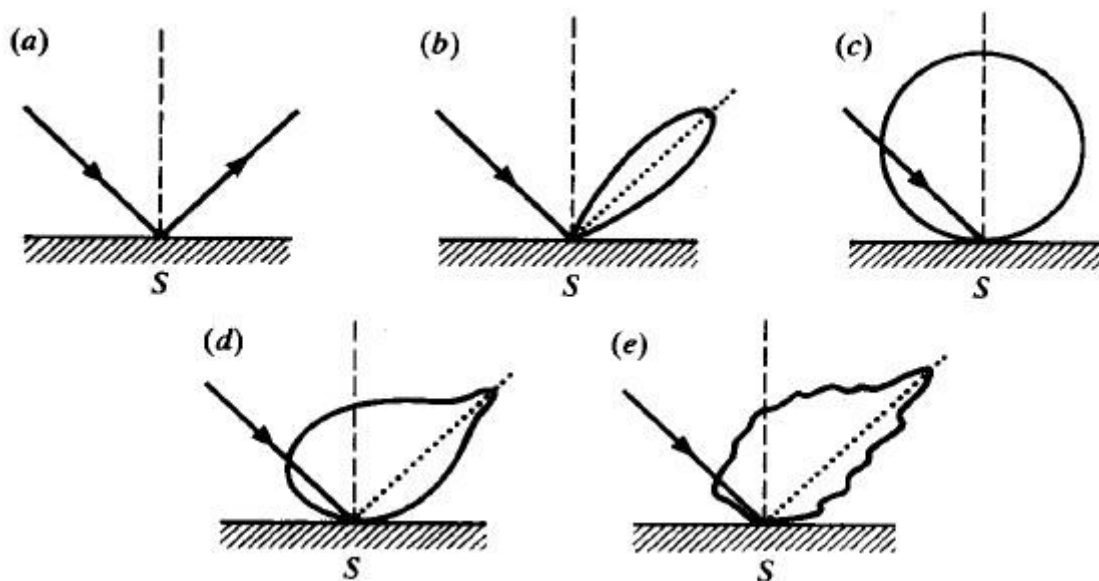
2 Teoretisk bakgrunn

2.1 Elektromagnetiske bølger

Elektromagnetisk stråling kan beskrives som bevegelse i bølger, og disse elektromagnetiske (EM) bølgene blir reflektert, utstrålt eller tilbakespredt fra objekter. Det er strålingen som returnerer fra objektene, som gir oss informasjon om de aktuelle objektene. I vakuum beveger EM bølgene seg i ett plan som står vinkelrett på bevegelsesretningen med konstant hastighet (c). All elektromagnetisk stråling har en bølgelengde (λ), amplitude (A) og fase (L). Bølgelengden går fra gammastråling med en bølgelengde på 10^{-12} m til radiobølger med en bølgelengde på 10^3 m. Siden strålingen har en bestemt hastighet (lyshastigheten), vil frekvensen (s^{-1}) være invers proporsjonal med bølgelengden. Dvs. kortere bølgelengde, gir høyere frekvens.

2.2 Refleksjon

Elektromagnetisk stråling som har kort bølgelengde ($< 5 \mu\text{m}$) blir reflektert av overflaten som den treffer. Den reflekterende regionen er i følge (Aggarwal 2003) fra $0,3 \mu\text{m}$ til $3 \mu\text{m}$. Av alle refleksjoner som skjer i denne regionen er det overflaterefleksjon som er den mest brukbare innen fjernanalyse. Refleksjon skjer når stråling treffer en ikke transparent overflate. Intensiteten til refleksjonen er avhengig av overflatens brytningsindeks, absorbering, strålingens innfallsvinkel og refleksjonsvinkelen (Figur 2).



Figur 2 Forskjellige typer reflekterende overflater (a) Perfekt reflekterende overflate (b) Nær perfekt reflekterende overflate (c) Lambertain (d) Kvasi Lambertain (e) Kompleks reflekterende. Figuren og tekst er hentet fra (Aggarwal 2003).

2.3 Optisk refleksjon

Kilden til den optiske strålingen er solen, som med sin overflatetemperatur på 6000 K vil avgi store mengder stråling i den synlige delen av det elektromagnetiske strålingsspekteret, som går fra 400 nm til 800 nm. Det synlige lyset er innenfor den reflekterende regionen (fra 0,3 μm til 3 μm).

Ulike materialer på jordens overflate har ulike refleksjonsegenskaper. Spektral refleksjon er det som avgjør hvilken farge (multispektralt) eller gråtone (pankromatisk), objektet får i et fotografisk bilde. Frisk vegetasjon gir grønn farge, siden vegetasjon reflekterer mer av de grønne bølgelengdene. Verdiene av den spektrale refleksjon av objekter, fordelt på ulike og veldefinerte bølgelengdeintervaller, utgjør den spektrale signaturen av objektene eller funksjonene slik at de kan skilles. For å oppnå den nødvendige informasjonen for tolkning av multispektrale bilder har det blitt gjennomført grundige observasjoner og registreringer av de spektrale egenskapene til ulike naturlige objekter.

Vegetasjon: Den spektrale egenskapen til vegetasjon varierer med bølgelengden som reflekteres fra vegetasjonen. Plantepigmentet klorofyll absorberer kraftig stråling med bølgelengder tilsvarende rødt og blått lys, men reflekter grønt. Ved bruk av multispektrale

opptak er det nærinfrarødstråling (NIR) som gir best deteksjon/informasjon om den observerte vegetasjonen.

Vann: Kortere bølgelengder som det synlige lyset blir ikke absorbert i den grad som lengre bølgelengder (NIR ol.), men vann reflekterer mer av de blå og grønne bølgelengdene. Dette gjør at vi oppfatter vann som blått og/eller grønt. Vannets refleksjon avhenger av dybden, mengden av ulike materialer og størrelsen til partiklene i vannet. Store forekomster av alger vil også gjøre at fargen på vannet kan variere, og ofte vil vannet bli oppfattet som mer grønt enn blått. Dette er vanlig å observere inne i fjordarmer. Er vannet grunt er det sjøbunnen som vil reflektere det meste av det synlige lyset, og sjøbunnen vil da kunne sees i de optiske bildene.

Jord: Reflekter eller absorberer det meste av strålingen. Dette bestemmes av jordens fuktighet, tekstur, organisk innhold og innholdet av ulike mineraler.

2.4 Atmosfæriske forhold

Optisk stråling går igjennom atmosfæren to ganger før den blir registrert av sensorene om bord i fly eller satellitter. I løpet av denne ferden vil strålingen ha blitt påvirket av atmosfæren. Denne påvirkningen kan deles inn i tre hovedkategorier: spredning, lysbryting og absorbering.

2.4.1 Spredning (scattering)

Spredning blir forårsaket av at partikler eller store gasmolekyler i atmosfæren sprer de elektromagnetiske bølgene utover. Spredningen er avhengig av partiklenes størrelse, konsentrasjon, bølgelengde og hvor dypt inn i atmosfæren strålingen kommer. Spredningen av lyset reduserer bildets kontrast og endrer den spektrale signaturen til de ulike objektene på jordoverflaten. Dette medfører at det må gjennomføres en korrigering for å kunne definere hvilken spektral signatur ulike objekter har når lyset endelig når satellitten.

2.4.2 Lysbryting

Når lyset passer de ulike lagene i atmosfæren som varierer med klarhet, temperatur og fuktighet, vil lyset bli brutt når det passerer de ulike atmosfæriske lagene. Den vanligste effekten er luftspeiling som kan oppstå på varme sommerdager.

2.4.3 Absorbering

Gassmolekylene som er i atmosfæren absorberer kraftig den elektromagnetiske strålingens ulike spektrale bånd. De ulike bølgelengdene blir absorbert i ulik grad av de ulike gassene. Gassene med den største absorberingen er i følge (Aggarwal 2003) ozon, karbondioksid og vanndamp, dette er også gassene som bidrar med drivhuseffekten. Vanndamp absorberer i stor grad stråling med en bølgelengde på $5,5 \mu\text{m} - 7,0 \mu\text{m}$. Når vanndampen kondenserer og danner skyer vil skyene reflektere alt lys. Dette medfører at optiske satellitter ikke mottar noen informasjon om terrenget under skydekke.

2.5 Tilbakespredning av mikrobølger

Aktive sensorer som syntetisk aperture radar (SAR), bruker mikrobølger med bølgelengder fra 8 mm til 300 mm. Dette er en bølgelengdeinndeling som er vesentlig lenger enn bølgelengdene som blir registrert av de optiske sensorene. Dette medfører at SAR bildene vil bli noe annerledes enn «normale» optiske bilder.

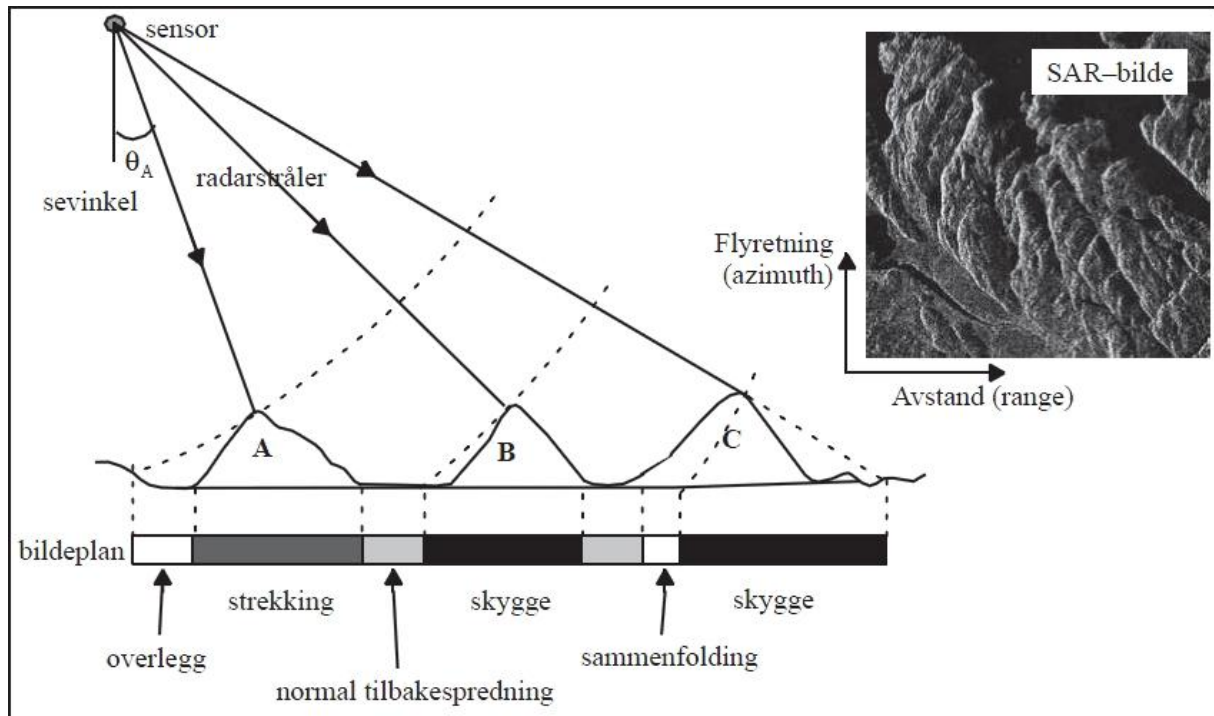
Bånd	Bølgelengde(mm)	Frekvens(GHz)
Ka	8-11	28-37,5
K	11-17	18-28
X	24-38	8-12,5
C	38-75	4-8
L	150-300	1-2

Tabell 1 De vanligste båndene innenfor radar fjernanalyse. Figur hentet fra (Harris 1987).

2.5.1 Foldningseffekt

Når SAR-satellitten ser ned på et område hvor det er stor forskjell i topografien, vil foldningseffekten være en av de geometriske effektene som gjør seg gjeldene i resultatbildet. Punkter/objekter som er i dette området, og med omtrent samme avstand til satellittsensoren, vil få samme bildekoordinater (blir avbildet på samme punkt i bildet). Dersom terrenget heller fra sensoren vil det bli strukket og tilsvarende dersom det heller mot sensoren vil terrenget bli sammenfoldet. Det er ikke bare i terreng med stor variasjon i topografien som

foldningseffekten vil gjøre seg gjeldende, men også i områder med høye bygninger der det tilbakespredte signalet reflekteres fra taket på bygningene (bakkeoppløsningen under 3 meter).



Figur 3 Radarstrålens avstand projiseres ned i SAR-bildeplanet, og fører til forskjellige gråtoner som en funksjon av terrengets helning mot eller vekk fra radaren. Tekst og figur hentet fra (Weydahl 2001)

Foldningseffekten forårsaker derfor at objekter som ligger i denne type terreng blir tildelt feil koordinater. Skal det korrigeres for denne feilen må det i følge (Weydahl 2001) brukes en digital høydemodell (DEM), det vil si at det da gjennomføres en geokoding med terrengekorreksjoner.

2.5.2 Overlegg (Layover) og radarskygge

Overlegg er en effekt som oftest skjer i kupert terreng, men forekommer også ved store høydeforskjeller mellom de avbildede objektene. Overleggingens mest dramatiske effekter opptrer når den relative avstanden til radarsensoren er som kortest og terrengets mest topografiske varierende område vender mot sensoren. Radarsignalet vil da returnere først fra terrengets høyeste punkter og deretter de lavereliggende områdene, som resulterer i et bilde med overlegg.

Radarskygge blir også påvirket av avstanden fra sensoren til det avbildede terrenget. Større avstand fra sensoren gir større sannsynlighet for at radarskygge oppstår, se Figur 3.

Radarskyggenes kraftigste resultat opptrer når områdene med stor variasjon i topografien vender bort fra sensoren slik at det kommer lite eller ikke noe retursignal fra terrenget. Dette fører til mørke eller svarte områder i det avbildede terrenget. Radarskyggen er også mulig å se når det er relativt store bygninger som skygger for gater og bygninger.

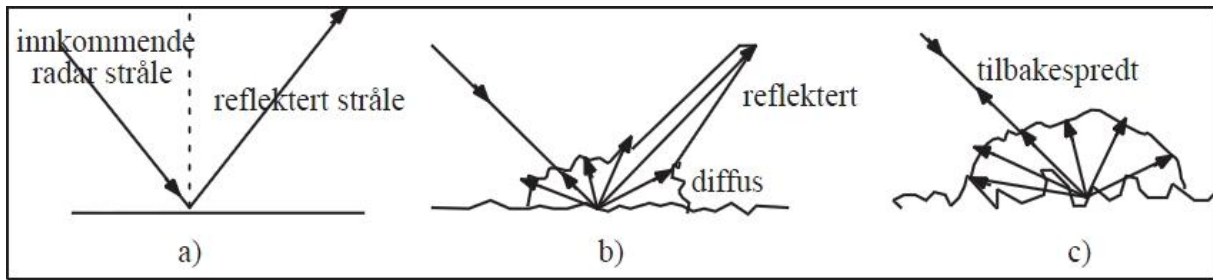
2.5.3 Kardinaleffekt

Kardinaleffekten kommer av et objekt reflekterer svært mye av mikrobølgene tilbake til sensoren. I et radaropptak vil dette objektet bli avbildet som en stjerne som blir representert over et stort antall piksler. Effekten forårsakes som regel av menneskeskapte objekter som ligger i rette vinkler i forhold til satellittens bevegelsesretning. Slike objekter sender mye tilbakespredning i retningen av satellittsensoren. Denne effekten er som regel tilfeldig og påvirkes av satellittens se-vinkel, polarisering og bølgelengden som ble brukt under opptaket.

I fotogrammetri brukes det objekter som er lette å kjenne igjen fra bilde til bilde, eller det blir utplassert reflektorer som er målt inn på dm nivå for å tilfredsstille nøyaktighetskravene. På tilsvarende måte er det utviklet reflektorer til å skape kardinaleffekt og slik gjøre det mulig med en bestemmelse av radarsensorens nøyaktighet. Reflektorens plassering er bestemt på dm nivå og disse koordinatene kan brukes til å bestemme radarbildets geografiske nøyaktighet.

2.5.4 Overflatens ruhet

Tilbakespredningen av mikrobølgene varierer som en funksjon av ruhet og bølgelengden brukt av den aktuelle satellitten. Mer ru overflate vil gi mer tilbakespredt signal mot radaren. Kortere bølgelengder (høyere frekvens) vil bli påvirket av ruhet i større grad enn lengre bølgelengder (lavere frekvens). Dette medfører at overflater vil bli avbildet med lysere gråtone desto ruere de er. Dette blir illustrert i Figur 4.



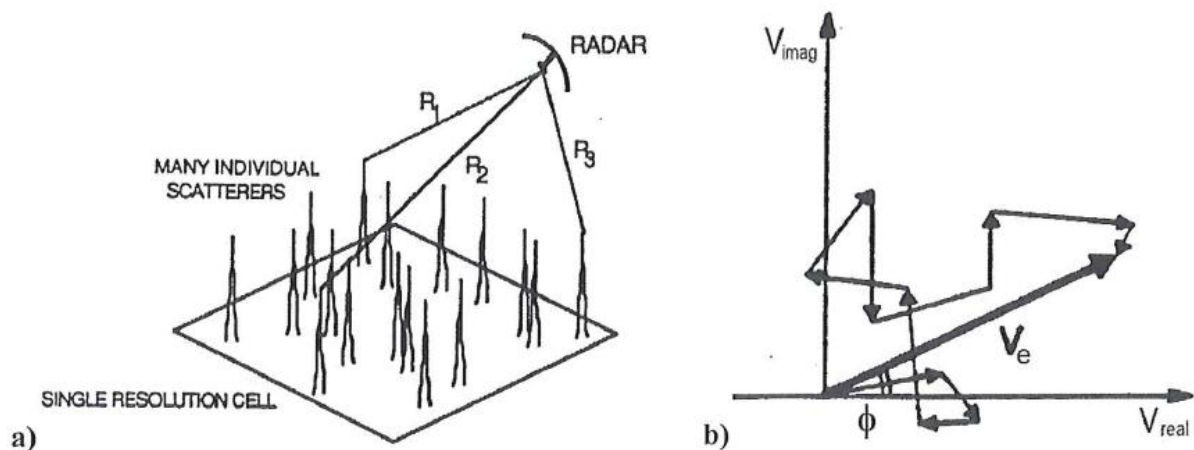
Figur 4 Radarpulsen tilbakespredning er følsomt for overflatens ruhet. Tilbakespredningen øker i takt med ruheten på overflaten. Eksempel a til c. Figuren er hentet fra (Weydahl 2001)

2.5.5 Speckle

I SAR bilder vil homogene overflater bli bestående av mange celler, og disse cellene kan bli avbildet med en stor variasjon mellom mørkere og lysere piksler. Dette er forskjellig fra tilsvarende felt avbildet med pankromatiske optiske sensorer, der feltet blir avbildet med en jevn gråtone. Denne variasjonen av støyliknende karakter kalles speckle.

Spredningsfenomenet speckle kommer i følge (Weydahl 2009) av at den romlige oppløsningen til radarsensoren ikke er effektiv nok til løse individuell spredning. Det samme fenomenet kan oppstå i alle radarsystemer. Dette problemet blir illustrert i Figur 5.

.



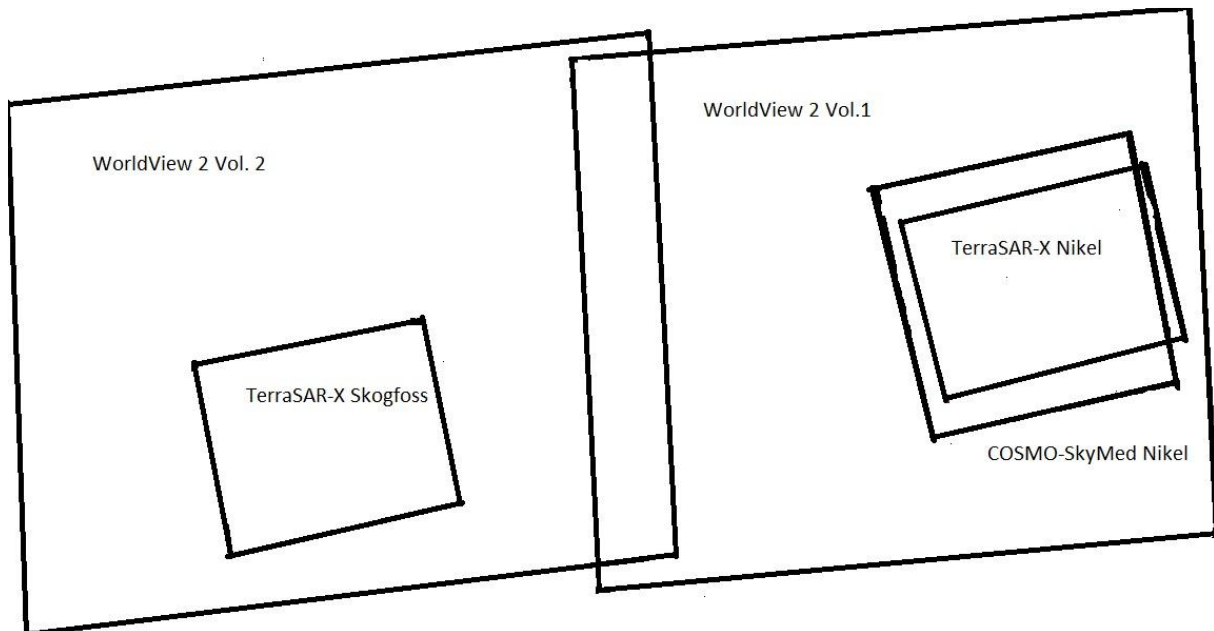
Figur 5 Illustrasjon av speckle fenomenet. a) En enkelt oppløsningscelle inneholder mange spredninger. b) Resultatet av vektorsummen fra «random walk» (amplitude og fase) av spredningen fra en oppløsningscelle. Figur og tekst hentet fra (Weydahl 2009)

Det finnes ulike metoder for å fjerne eller svekke speckle spredningens påvirkning. Siden dette er støy som er vanskelig å beregne kan det brukes ulike filter for fjerning av støyen, men

en står da i fare for å miste en del annen findetaljert informasjon fra bildene. Dette kan dreie seg om for eksempel menneskeskapte objekter som skilt, stolper etc. Den andre metoden er bruken av multitemporale opptak der to eller flere opptak fra samme område blir brukt til å eliminere speckle.

3 Datasett for oppgaven

Alle SAR-opptakene er gjort i en høyoppløsning modus, med én meters bakkeoppløsning. Bildene fra WorldView 2 er pankromatiske og har en oppløsning på 50 – 60 cm. Bildene er plassert slik som Figur 6 viser.



Figur 6 Illustrerer plasseringen av de pankromatiske bildene tatt av WorldView 2 og plasseringen av SAR bildene tatt av TerraSAR-X og COSMO-SkyMed.

3.1 TerraSAR-X

TerraSAR-X er en tyskprodusert jordobservasjonssatellitt og ble bygget som et privat-offentlig prosjekt mellom det tyske romsenteret (DLR) og det private selskapet EADS Astrium GmbH. Satellitten er designet for å kunne levere bilder med en oppløsning på 1 m, 3 m eller 18,5 m og med ulike se-vinkler og polarisering etter bestilling. Satellitten ble skutt opp i 2007 med en planlagt driftstid på fem år. Dette er informasjon hentet fra (Astrium) og (Wikipedia).

TerraSAR-X tekniske data	
Driftstid	5 år
Bane	Solsynkron repeterende bane
Repeterende periode	11 dager
Tidspunkt ved kryssing av ekvator(GMT)	18.00 oppadgående passering (± 15 min) 06.00 nedadgående passering (± 15 min)
Inklinasjon	97,44°
Banehøyde over ekvator	514 km
Antennetype	Aktiv fase spekter antenne, elektronisk separerbar.
Antenne størrelse	4,78 m x 0.7 m
Center frekvens	9.65 GHz (X bånd)
Chirp båndbredde	150 MHz / 300 MHz
Nominell opptaksretning	Høyreside
Polarisering	Enkel, dobbel - avhengig av bildemodus firedoblet er tilgjengelig som avansert polarisering modus

Tabell 2 Tabellen med tekniske data for TerraSAR-X er hentet fra (Astrium)

3.1.1 TerraSAR-X Bilder

Bildene ble levert av INFOTERRA Astrium og bildene ble geokodet av Dan J. Weydahl ved bruk av et rutenett på 1 x 1 m for UTM sone 35. Rutenettet ble resamlet fra et DTED (Digital Terrain Elevation Data). TerraSAR-X bildene ble tatt i spotlight modus. Opptaket ble gjort med en se-vinkel på 47°. Bildene dekker følgende område:

- Byen Nikel og noe av landområdet rundt. Opptaket ble gjennomført 21. september 2011.
- Skogfoss. Grenseområdet mellom Norge og Russland. Opptaket ble gjennomført 26. september 2011.

3.2 COSMO-SkyMed

COSMO-SkyMed (*C*Onstellation of small Satellites for Mediterranean basin Observation) er i følge (e-Geos 2010) Italias største prosjekt innen jordobservasjon ved bruk av romteknologi. Prosjektet er finansiert av det italienske romsenteret (ASI) og det italienske forsvarsdepartementet (MoD). Systemet består av fire satellitter som er plassert i bane rundt jorden. Målet for prosjektet er å tilfredsstille det private og militære behovet for observasjoner av ulik karakter. Den første satellitten ble skutt opp i 2007 og den siste satellitten i konstellasjonen ble skutt opp i 2010, hver av satellittene har en planlagt driftstid på 5 år. Som for TerraSAR-X er det X-båndet som satellittene i denne satellittkonstellasjonen bruker.

COSMO-SkyMed Tekniske data	
Driftstid (hver satellitt)	5 år
Bane	Solsynkron repeterende bane
Banehøyde	620 km
Frekvens	X bånd
Chirp båndbredde	400 MHz
Opptaksretning	Høyre og venstre
Konstellasjon	4 satellitter
Antenne	Aktiv fase med retningsbestemmelse.
Polarisering	HH eller VV

Tabell 3 Tekniske data for COSMO-SkyMed er hentet fra (e-Geos 2010)

3.2.1 COSMO-SkyMed Bilde

Bilde ble levert av eGeos. CSK bildet dekker tilnærmet det samme området som TerraSAR-X bildet over Nikel. Som det fremgår av Figur 6 dekker bildet et større geografisk område.

Opptaket ble gjort med tilnærmet samme geometri som TerraSAR- X bildet.

- Byen Nikel og noe av området rundt. Bildet dekker et større område enn bildet tatt av TerraSAR-X. Opptaket ble gjennomført 24. september 2011.

3.3 WorldView 2

WorldView 2 ble skutt opp i 2009 og er i følge (DigitalGlobe 2010) den første 8-bånds kommersielle passive jordobservasjonssatellitten og skal kunne levere bilder med 46 cm oppløsning (pankromatisk) og 2,0 meters oppløsning (multispektral). Distribusjon av satellittbilder med denne oppløsningen vil kun bli gjort ved tillatelse fra amerikanske myndigheter. Satellitten driftes av det amerikanske selskapet DigitalGlobeTM og har en planlagt levetid på 7,25 år.

WorldView 2 tekniske data

Driftstid	7,25 år
Bane	solsynkron
Periode	100 min
Sensor Bånd	Pankromatisk 450- 800 nm 8 multispektrale Coastal: 400 - 450 nm Rød: 630 -690 nm Blå: 450 - 510 nm Rødkantet: 705 - 745 nm Grønn: 510 - 580 nm Nær-IR1: 770 - 895 nm Gul: 585 - 625 nm Nær-IR2: 860 - 1040 nm
Banehøyde	770 km
Sensor oppløsning	Pankromatisk 0,46 m(GSD) i nadir,- 0,52 m (GSD) 20° fra nadir. Multispektral 1,85 m(GSD) i nadir, 2,07 m (GSD) 20 ° fra nadir.

Tabell 4 Tekniske data hentet fra (DigitalGlobe 2010)

3.3.1 WorldView 2 Bilder

Bildene ble levert av DigitalGlobe® og dekker et mye større geografisk område enn opptakene gjort av SAR-satellittene. Bildene dekker grenseområdet mellom Norge og Russland. Bildene ble levert som et nivå 1B produkt. Opptaket ble gjort i FullSwath modus og i satellittens bevegelsesretning, med en se-vinkel på 13,3°.

Opptaket ble gjennomført 17. august 2011 og dette var et meget gunstig tidspunkt da det var skyfritt over det aktuelle området.

4 Metode

På CD-platen ligger det en pdf-kopi av denne masteroppgaven. Dette pga. figurenes kontraster kommer bedre frem på en pc skjerm og leseren kan vurdere den enkelte figur noe bedre.

4.1 Visuell analyse

Oppgaven vil gå ut på å gjennomføre en undersøkelse av i hvilken grad SAR bildene kan brukes til produksjon av nye kart. Dette vil innebære en visuell tolkning av hvilke kart-elementer det er mulig å kjenne igjen i SAR bildene. Jevnfør Figur 6 i avsnitt 3 dekker SAR bildene et mye mindre geografisk område enn de pankromatiske bildene som er levert av DigitalGlobe®. Det undersøkte områdets geografi og begrensning medfører at ikke alle kart-elementene som er med i ekstraksjonsguiden til MGCP vil være aktuelle eller representert i bildematerialet. Begrensingen førte til at det ble valgt noen kart-elementer for å danne grunnlaget for undersøkelsen og konklusjonen.

- Enkeltstående bygninger
- BUA – Built-up area
- Våtmark
- Veier
- Broer
- Jernbane
- Skog
- Kraftlinjer
- Gjerder
- Sti (Track)

- Industriområde
- Kraftverk

Under analysedelen vil figurene representere et utsnitt fra det optiske bildet og et utsnitt fra SAR bildet for det samme området. Tolkningen av analysen vil bli representert under resultatkapittelet og konklusjonen.

4.2 Pseudo Color

Utenom den rent visuelle delen av oppgaven vil det også undersøkes hvorvidt det gir positivt utslag om SAR bildene betraktes som pseudo color.

Et pseudo fargebilde blir til ved at hver enkelt pikselverdi fra et gråtonebilde (grayscale) blir talt og gitt en farge i henhold til en tabell. Pseudo fargingen kan gjøre noen elementer i bildet lettere å tolke. Radarbildene som blir undersøkt med pseudo color funksjonen vil derfor få pikslene delt inn i fargenyansene (pikselverdiene) 0-255 (svart til hvit). Fra attributtabelen kan det leses hvilken fargenyans som blir representert av størst antall piksler. Ved hjelp av denne attributtabelen, kan det gis andre farger til pikslene som er representert av det største antallet.

For å unngå forvirring, vil det ikke bli brukt mer en tre farger (rød, grønn og blå). Fargene vil bli tilpasset slik at de stemmer i stor grad med hva som faktisk blir farget. Blå skal representere vann, grønn skal representere vegetasjon og rødt skal representere andre objekter som bygninger, veier og fjell i dagen. På grunn av at alle pikselverdiene vil bli representert brukes rødt på objekter som ellers er mørke for å skille de fra pikslene som ikke blir farget. Muligheten til å fjerne pikslene, sette opacity = 0, gjør at uønskede piksler kan fjernes dersom det skulle være behov for det.

Figur 7, på neste side, er et eksempel på attributtabelen:

Row	Value	Histogram	Color	Opacity
0	0.127926	41799	Blue	1
1	39.4617	100193	Red	1
2	78.7955	57491	Green	1
3	118.129	27994	Black	1
4	157.463	14243	Black	1
5	196.797	7487	Black	1
6	236.131	4126	Black	1
7	275.465	2410	Black	1
8	314.798	1480	Black	1
9	354.132	1020	Black	1
10	393.466	707	Black	1
11	432.8	517	Black	1
12	472.134	438	Black	1
13	511.467	293	Black	1
14	550.801	281	Black	1
15	590.135	212	Black	1
16	629.469	155	Black	1
17	668.803	141	Black	1
18	708.136	127	Black	1
19	747.47	116	Black	1
20	786.804	97	Black	1
21	826.138	53	Black	1
22	865.472	61	Black	1
23	904.805	53	Black	1
24	944.139	51	Black	1
25	983.473	56	Black	1
26	1022.81	39	Black	1
27	1062.14	36	Black	1
28	1101.47	43	Black	1
29	1140.81	31	Black	1
30	1180.14	20	Black	1
31	1219.48	20	Black	1
32	1258.81	20	Black	1
33	1298.14	16	Black	1
34	1337.48	17	Black	1
35	1376.81	24	Black	1
36	1416.14	12	Black	1
37	1455.48	22	Black	1
38	1494.81	16	Black	1
39	1534.15	14	Black	1
40	1573.48	11	Black	1
41	1612.81	8	Black	1
42	1652.15	8	Black	1
43	1691.48	7	Black	1
44	1730.82	3	Black	1
45	1770.15	16	Black	1
46	1809.48	4	Black	1

Figur 7 Attributtabelen for TerraSAR-X bildet av Nikel. Alle 256 gråtonene er ikke tatt med. Som figuren viser, reduseres antall piksler ettersom fargenyansene går mot hvit.

4.3 Blindtest

Bruken av uttrykket blindtest i denne oppgaven går ut på at personene som skal gjennomføre testen, ikke skal få se det pankromatiske bildet fra Nikel og at de er «blinde» i den betydningen.

En operatør som har sett de optiske bildene vil med stor sannsynlighet bli påvirket av at vedkommende allerede har en del kunnskap om områdets beskaffenhet som vei, myr, skog, bygninger etc. og vil ikke klare å analysere bildene helt objektivt.

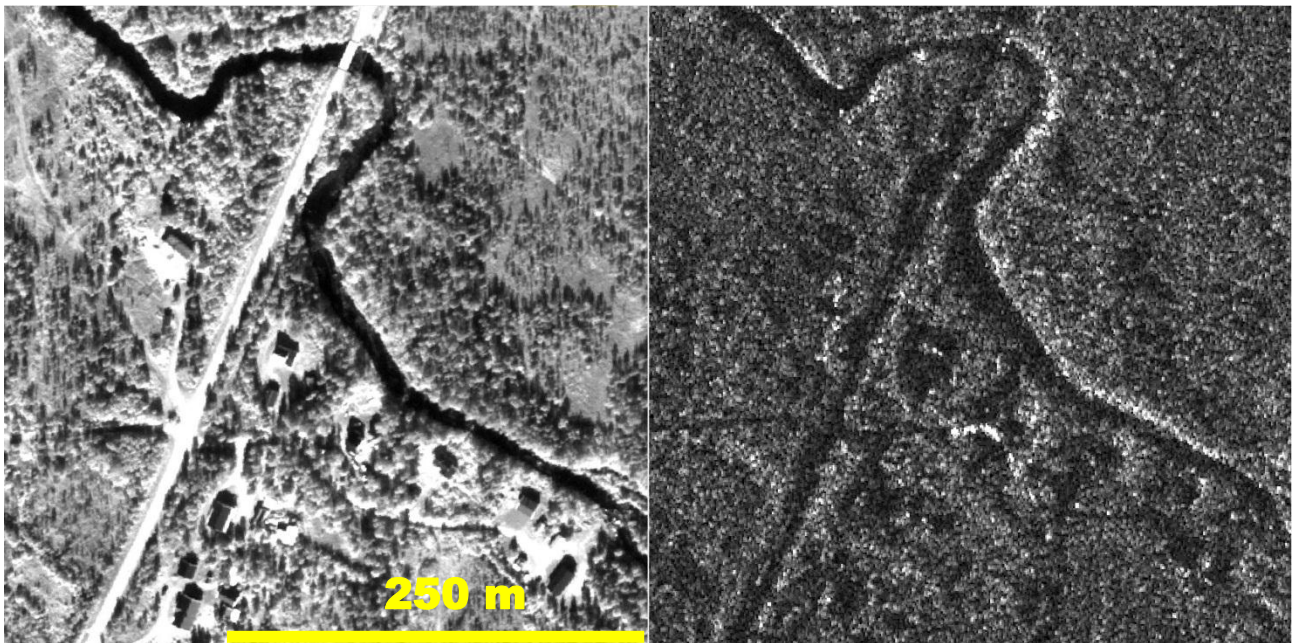
Et siste ledd i oppgaven blir dermed å presentere SAR bildene for et lite utvalg av andre studenter, som skal prøve å plukke ut hvilke områder som er bebygd (BUA). Studentene forventes å ha litt kunnskap om hvordan et SAR bilde er oppbygd. Et par av studentene har også tjenestegjort på russergrensen som grensejegere og vil derfor ha litt kunnskap om hvordan området er. Da de ikke har sett det optiske bildet fra Nikel, vil det markerte området kun bli påvirket av deres egen subjektive vurdering av SAR bildene som er tatt på den russiske siden av grensen, samt deres egen kunnskap fra området. De ulike studentenes markering av BUA vil bli sammenlignet med fasiten som ble laget fra det optiske bildet. Hver av studentenes markering av det aktuelle området vil bli representert under analysen

5 Sammenlignende analyse

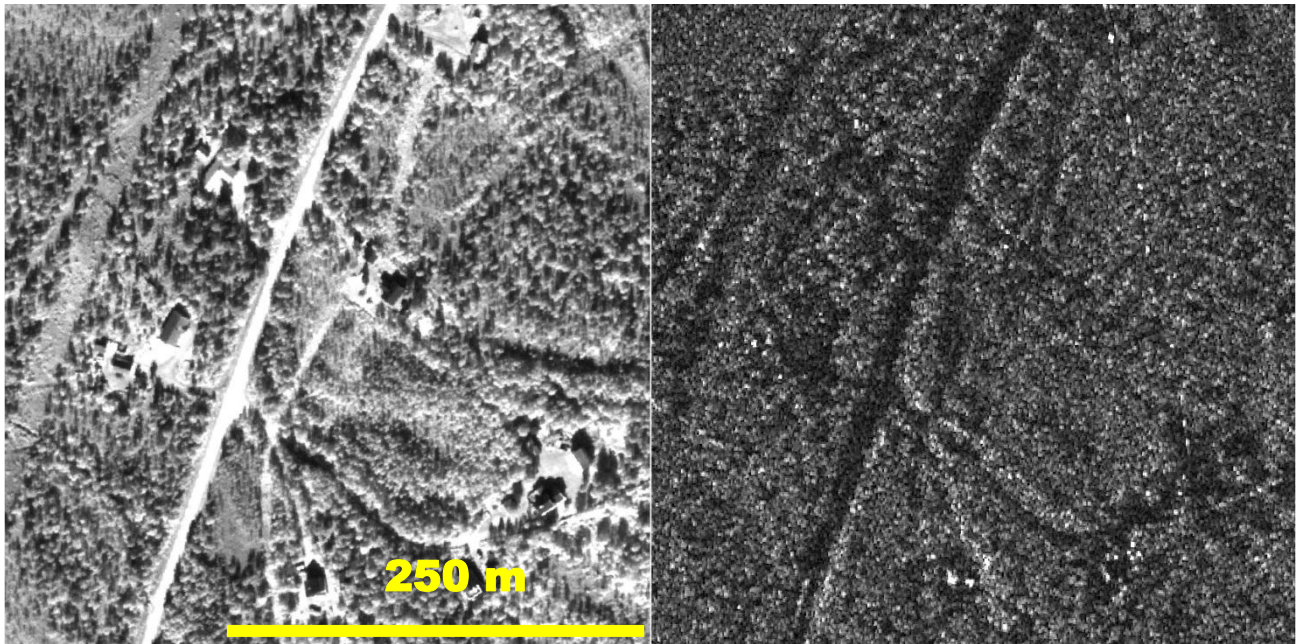
Figurene under vil bli presentert som en sammenligning mellom det optiske bildet og SAR bildet. De enkelte undersøkte kart-elementene vil først bli beskrevet med noen krav fra MGCP ekstraksjonsguiden, under beskrivelsen vil figurene med bilder fra det område det forventes å identifisere det beskrevne kart-elementet plasseres. Skogfoss og området på den norske siden av grensen var det kun tilgang på et TerraSAR-X bilde og for området på den russiske siden av grensen ble det tatt et bilde både av TerraSAR-X og COSMO-SkyMed.

5.1.1 Enkeltstående bygninger og konstruksjoner

Området med de beste eksemplene for enkeltstående bygninger og konstruksjoner er Skogfoss. Området blir dekket av både det optiske bildet fra WV2 og radarbildet fra TerraSAR-X (TSX). Kravet fra ekstraksjonsguiden er at bygninger skal kartlegges dersom de er større en 625 m^2 eller har betydning som landemerker.



Figur 8 Venstre side er tatt av WorldView-2 (© DigitalGlobe™) og høyre side er et opptak gjort av TerraSAR-X (TSX) (©INFOTERRA). Bildet er fra Sameti. Målestokk 1:1500



Figur 9 Venstre side optisk bildet (© DigitalGlobe™) og venstre SAR bildet. Tatt av TSX (© INFOTERRA). Målestokk 1:1500.



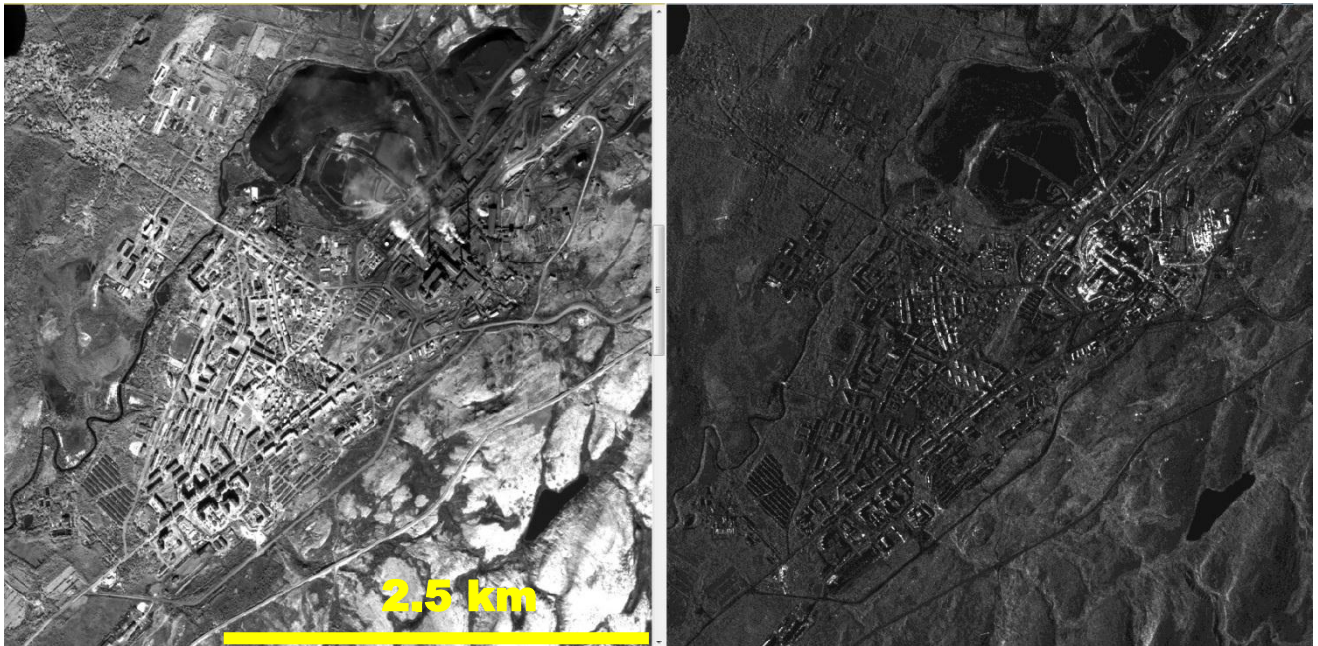
Figur 10 Utsnittet er fra Skogfoss. Venstreside optisk (© DigitalGlobe™) og høyreside TSX (© INFOTERRA). Nede i SAR bildets høyregjørne er det også et eksempel på kardinaleffekten. Målestokk 1:1500.

5.2 BUA

Det bebygde området som ble undersøkt i dette tilfellet er gruvebyen Nickel, som i følge (*Aschehoug og Gyldendals store norske leksikon*) hadde et innbyggerantall på 15 000 i 2008. Byen ligger 10 km fra norskegrensen.

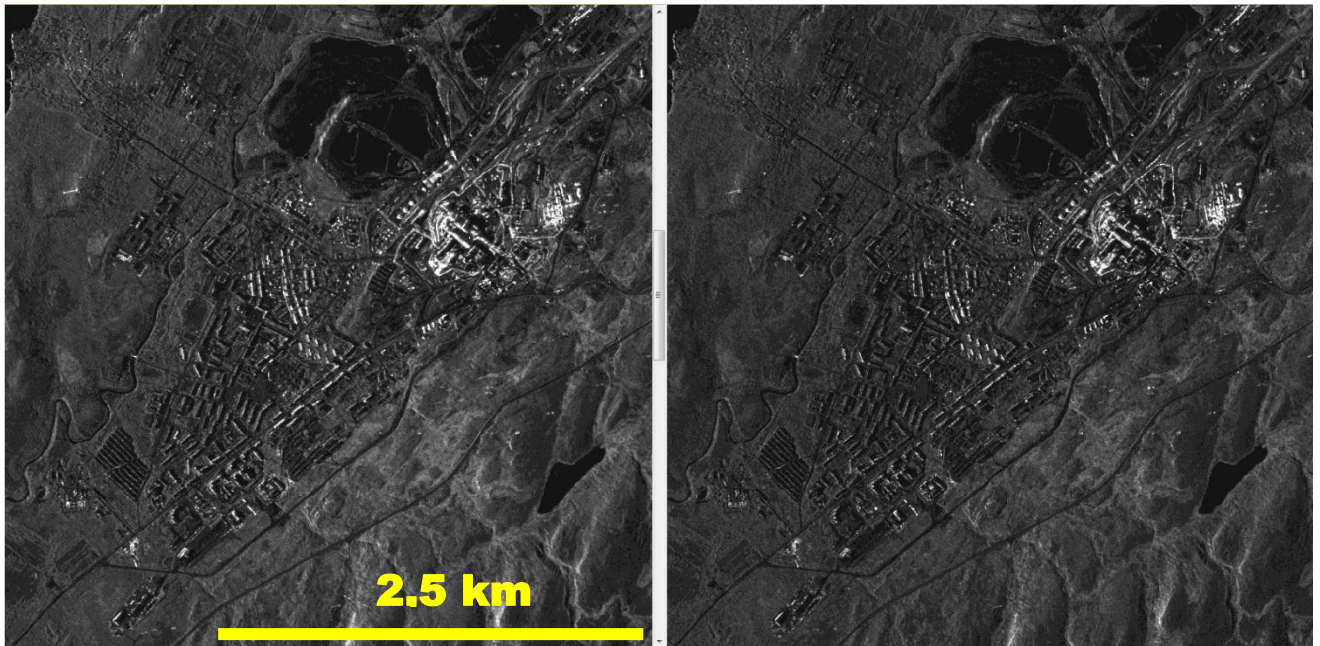
Kravet fra ekstraksjonsguiden er at i det bebygde området skal arealet kartlegges dersom det er større enn 15 625 m² eller har betydning som landemerke. I guiden henvises det til at transportnettverket kan brukes til å indikere BUA, dersom det er problemer med indentifiseringen av bygninger. Enkeltbygninger skal ikke kartlegges så sant de ikke er av større betydning slik som rådhus, sykehus, skoler, bygninger til religionsutøvelse og lignende. Nevnte bygninger skal kun kartlegges dersom de er mulig å identifisere.

I Figur 11 er høyre side tatt av Nickel med TerraSAR-X og med målestokk 1:15 000.



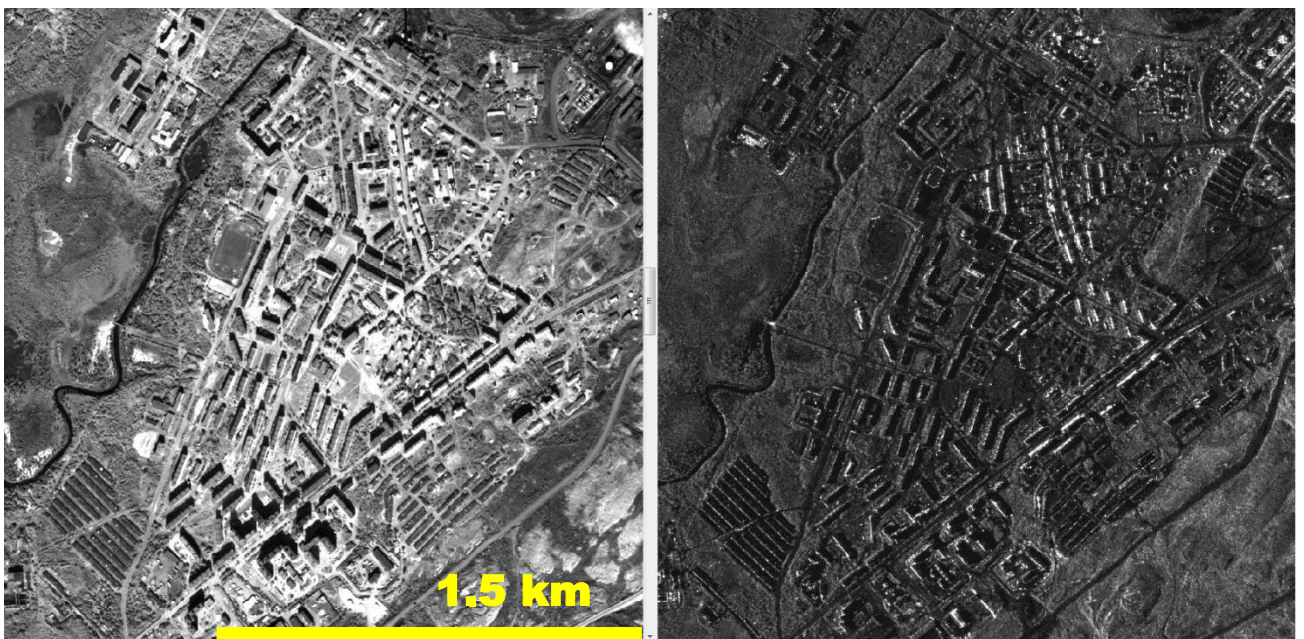
Figur 11 Venstreside optiske bildet (WV2 vol. 1) (© DigitalGlobe™) og høyreside er TSX (© INFOTERRA). Målestokk 1 : 15 000

I Figur 12 blir Cosmo-SkyMed på venstre side, sammenlignet med TerraSAR-X på høyre side. Bildene i figuren har målestokk 1:15 000.

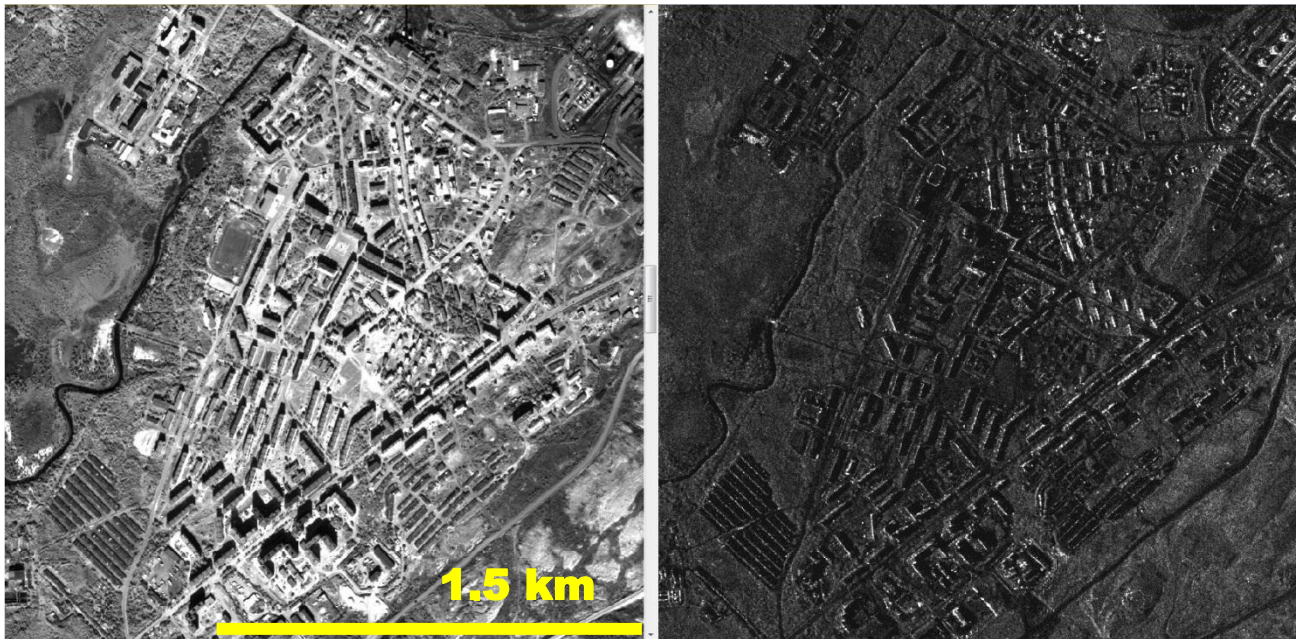


Figur 12 Bildet tatt av Cosmo-SkyMed (CSK) (© e-Geos) er skarpere enn bildet tatt av TerraSAR-X (TSX) (© INFOTERRA). Og det kommer noen flere detaljer frem i CSK bildet. Målestokk 1:15 000.

Utsnitt fra Nikel med målestokk 1:8000.



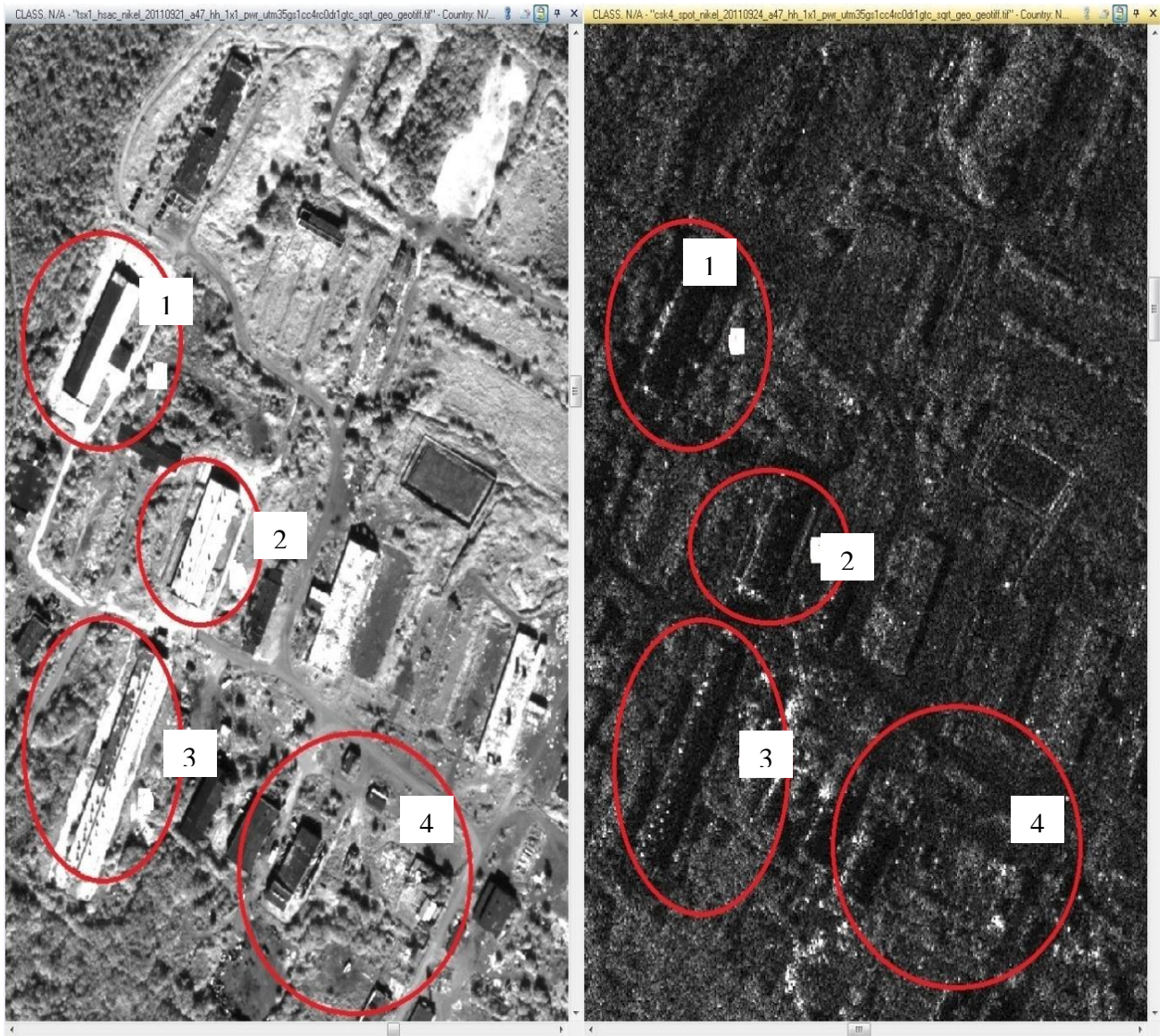
Figur 13 Optisk til venstre (© DigitalGlobe™) og SAR til høyre (© INFOTERRA). Målestokk 1:8000



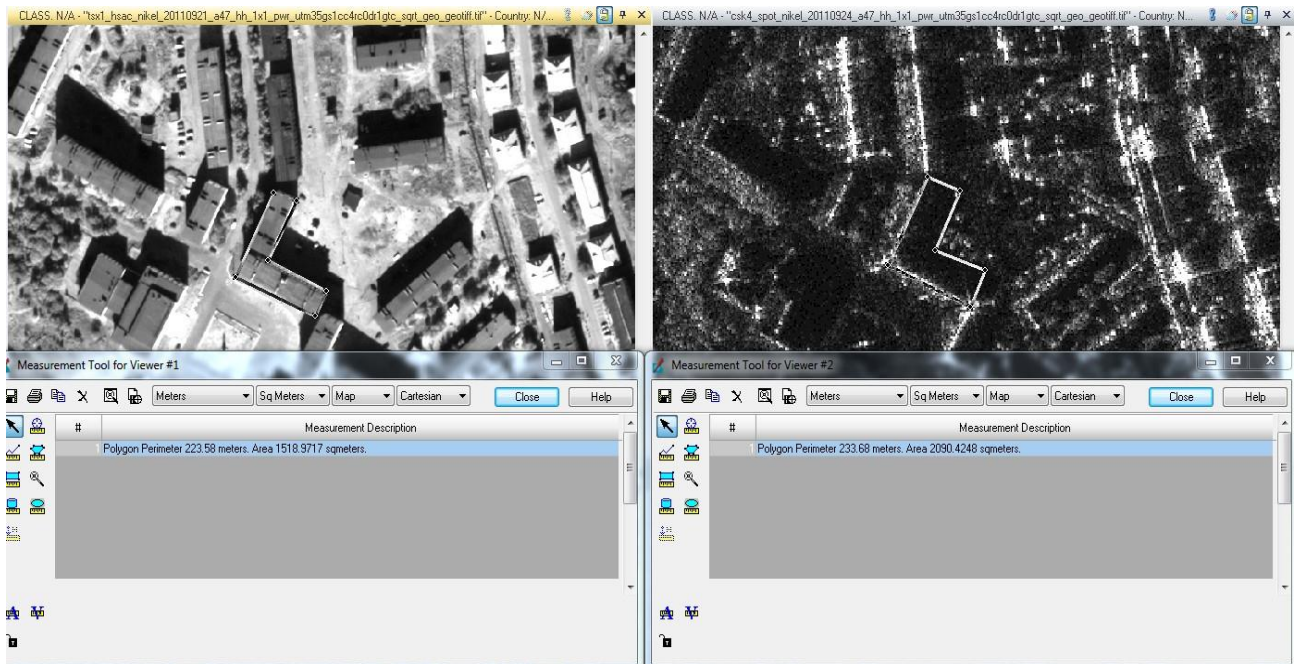
Figur 14 Optisk til venstre (© DigitalGlobe™) og SAR til høyre (© e-Geos). Målestokk 1:8000.

5.2.1 Store bygninger

Bygninger som er relativt større enn omgivelsene vil påvirke mikrobølgene. Bygningenes plassering og grunnriss vil ikke nødvendigvis bli riktig. Bygningen kan bli plassert for tidlig i terrenget (overlay) og det kan bli avbildet en radarskygge som gjør at bygningen virker større.



Figur 15 De markerte store bygningene. I SAR bildet tatt av CSK (© e-Geos), blir ikke bildene like tydelige som i det optiske (© DigitalGlobe™), men bygningen i sirkel 3 er det en del lyssterke punkter som antageligvis er takstruktur som lufteluker etc. som kommer bedre frem i SAR bildet.



Figur 16 En blokk inne i sentrum av Nikel. For å undersøke om bygningene blir større i SAR bildet ble en av blokkene i sentrum valgt for å måle grunnrisset til bygningen. Fra det optiske bildet (© DigitalGlobe™) ble grunnrisset målt til 1518,9 m² og i SAR bildet ble den samme bygningen målt til 2090,4 m². Sannsynligvis er årsaken foldningseffekten og radarskygge. SAR bildet er tatt av CSK (© e-Geos).

5.2.2 Spredtbebygde område



Figur 17 Optisk (© DigitalGlobe™) og SAR bildet tatt av TSX (© INFOTERRA). Målestokk 1:5000



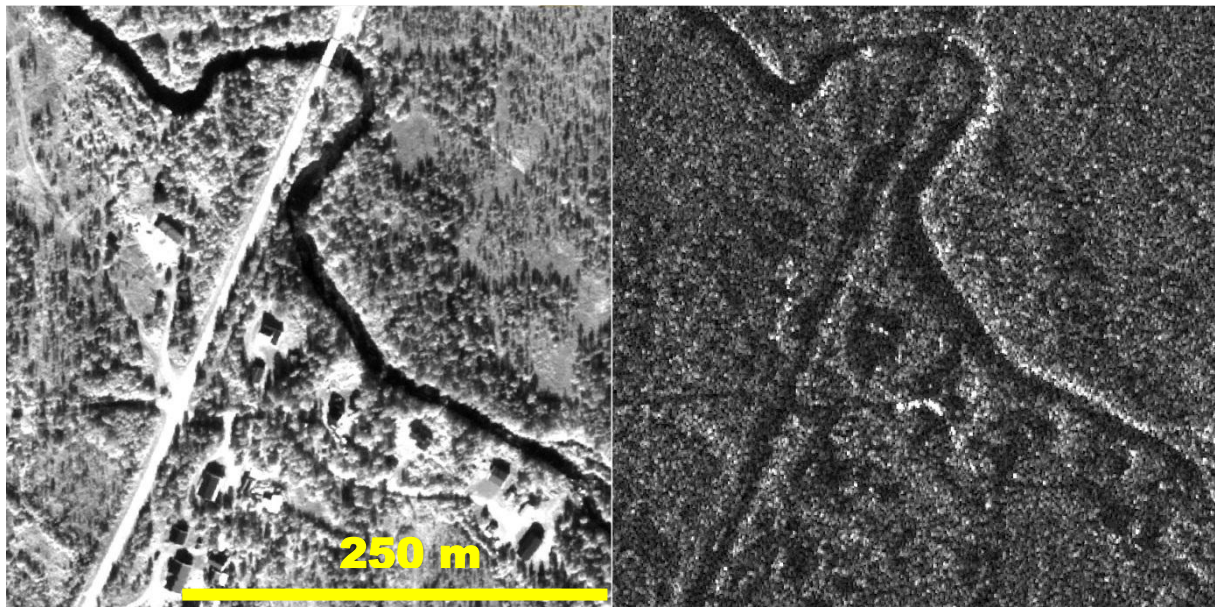
Figur 18 Det samme området som bildene i Figur 17. Optisk (© DigitalGlobe™) og SAR bildet tatt av CSK (© e-Geos). Målestokk 1:5000

5.3 Elver og vann

Vann har den egenskapen at vannflaten kan fungere som en perfekt reflekterende flate, dermed kommer det lite eller ikke noe radar tilbakespredning tilbake til SAR-satellitten. Ved en slik refleksjon blir vannet avbildet som mørke flater i radarbildene.

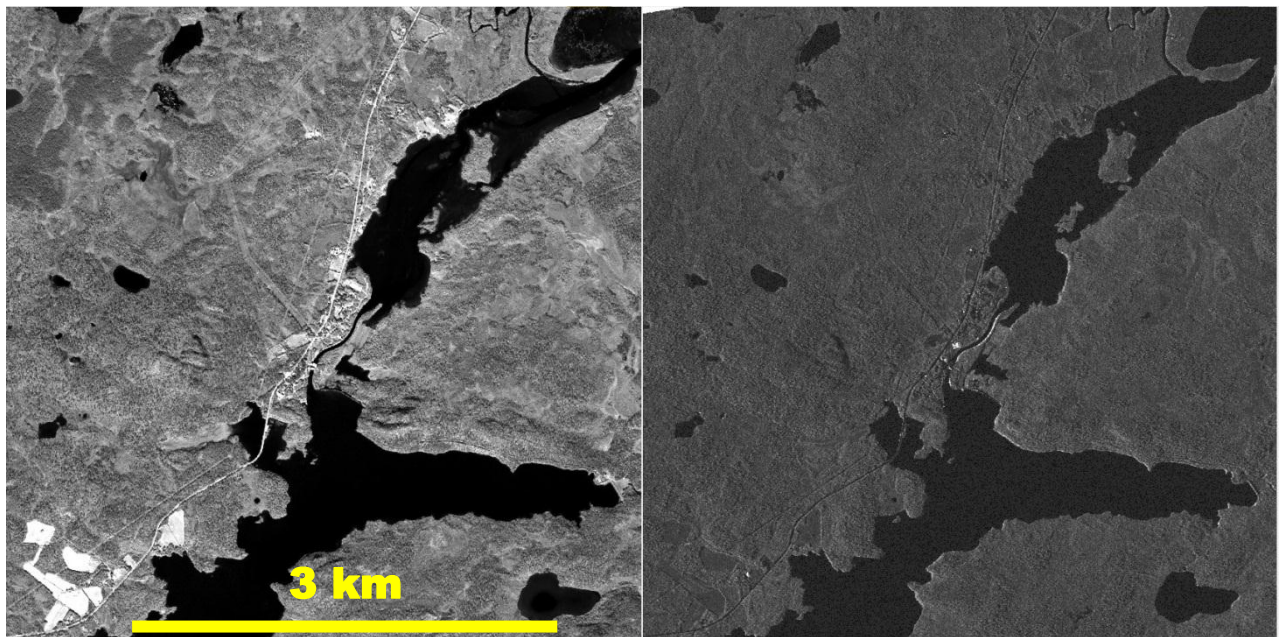
5.3.1 Elver

Jfr. Ekstraksjonsguiden skal elver tas med dersom lengden i valgt utsnitt ≥ 300 m, bredden ≥ 25 m, eller har betydning som landemerke.

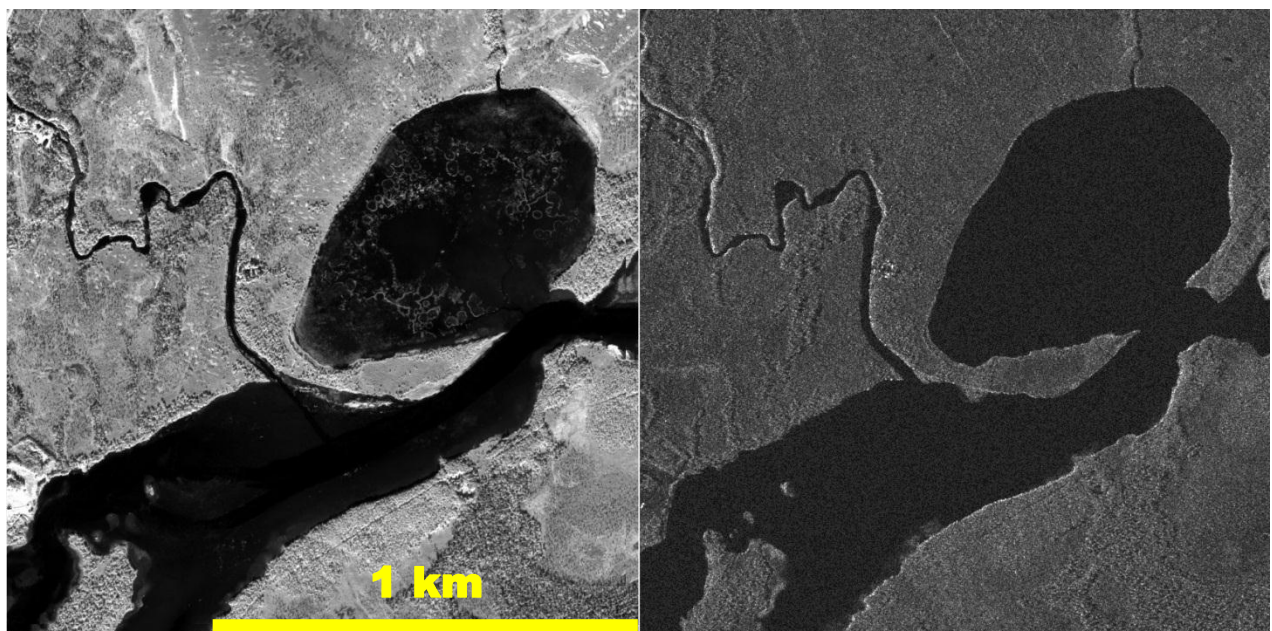


Figur 19 Optisk tatt av WV2 (© DigitalGlobe™) og radarbildet tatt av TSX (©INFOTERRA). Elven er tydelig i begge bildeutsnittene i figuren. Målestokk 1:1500.

5.3.2 Innsjøer



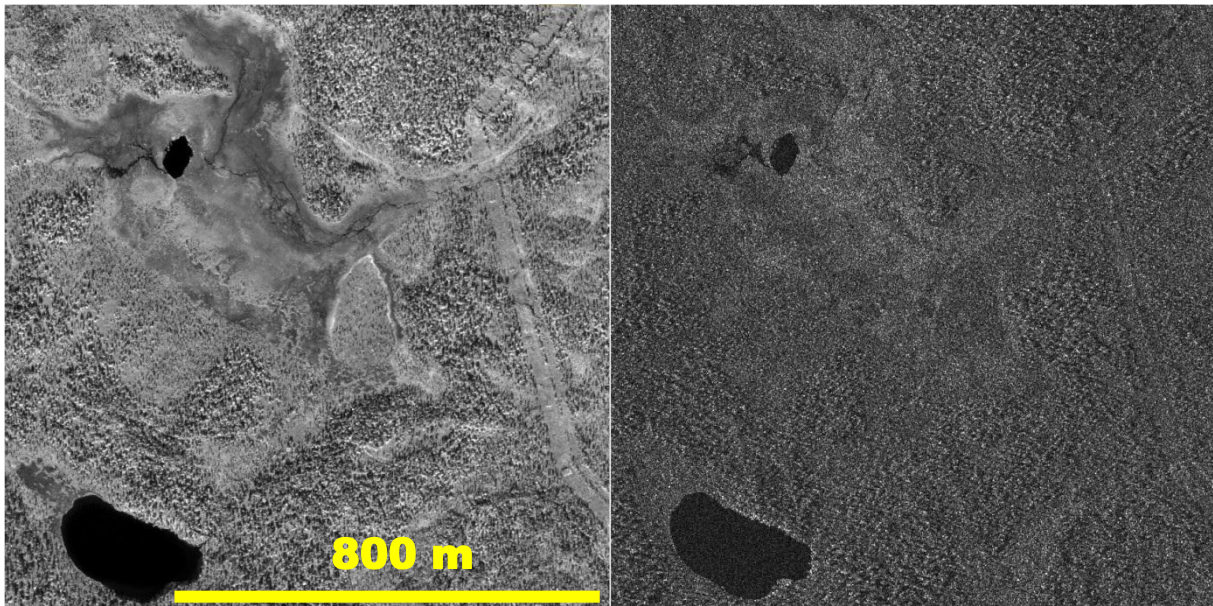
Figur 20 Gir et inntrykk av hvordan innsjøene og noen av elvene kommer frem i TSX bildet (© INFOTERRA), sammenlignet med det optiske bildet (© DigitalGlobe™). Målestokk 1:20 000.



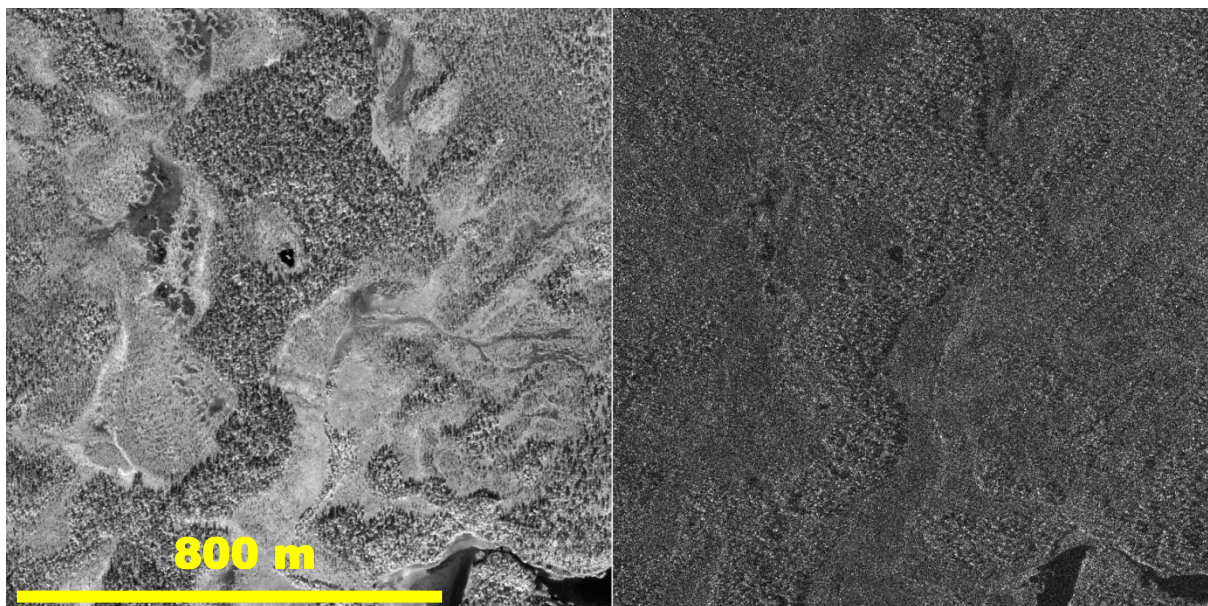
Figur 21 Viser vannet som ligger oppe i høyrehjørne (nordøst i terrenget) av Figur 20. Elven og vannet kommer godt frem. Legg merke til et lyst objekt langs elven østre side. Målestokk 1:7000. SAR bildet tatt av TSX (© INFOTERRA) og optiske tatt av WV2 (© DigitalGlobe™).

5.3.3 Myr og skog

Bildene er hentet fra området langs grensen mellom Norge og Russland. Det definerte området forventes derfor å bestå av mye myr. På bildene vil myrene forventes å kunne identifiseres ved at området er representert av glissen vegetasjon. Det vil være mulig å skille mellom myrens åpne felt mot den omkringliggende skogen. Myr skal kartlegges for å tilfredsstille minimumskravene til ekstraksjonsguiden.



Figur 22. På Figur 22 og Figur 23 vises et område hvor det er forventes å kunne identifisere myr. I det optiske (© DigitalGlobe™) utsnittet i figuren kan det sees område med glissen vegetasjon. Målesokk 1:5000. SAR bilde tatt av TSX (© INFOTERRA).

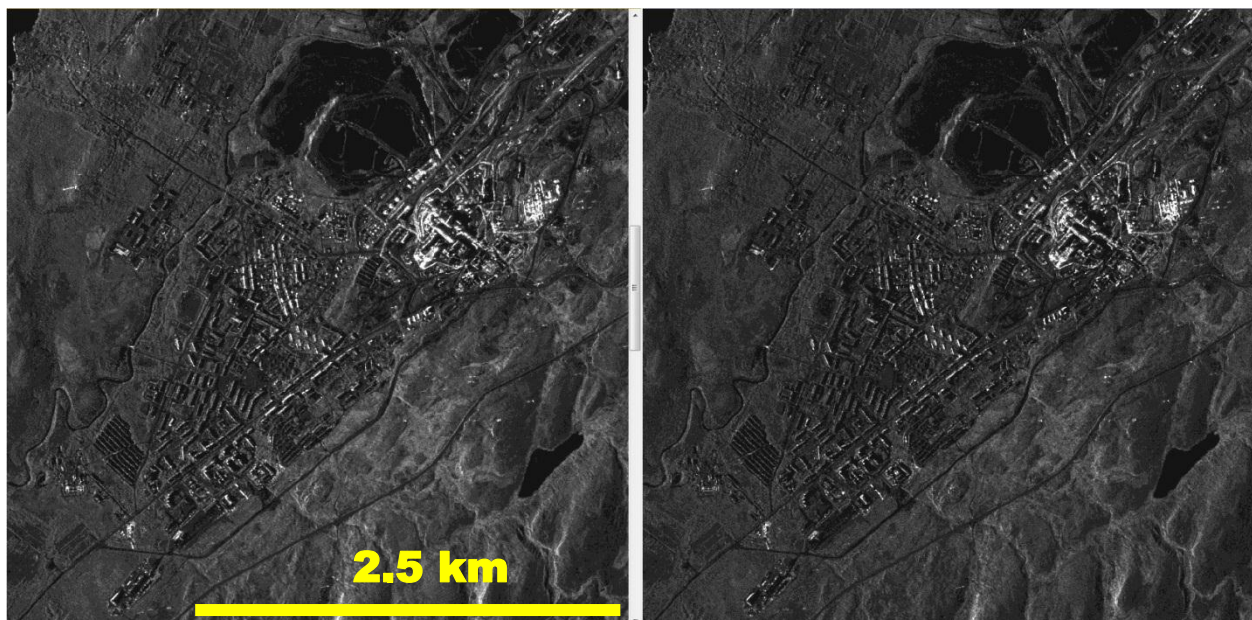


Figur 23 Målestokk 1:5000.

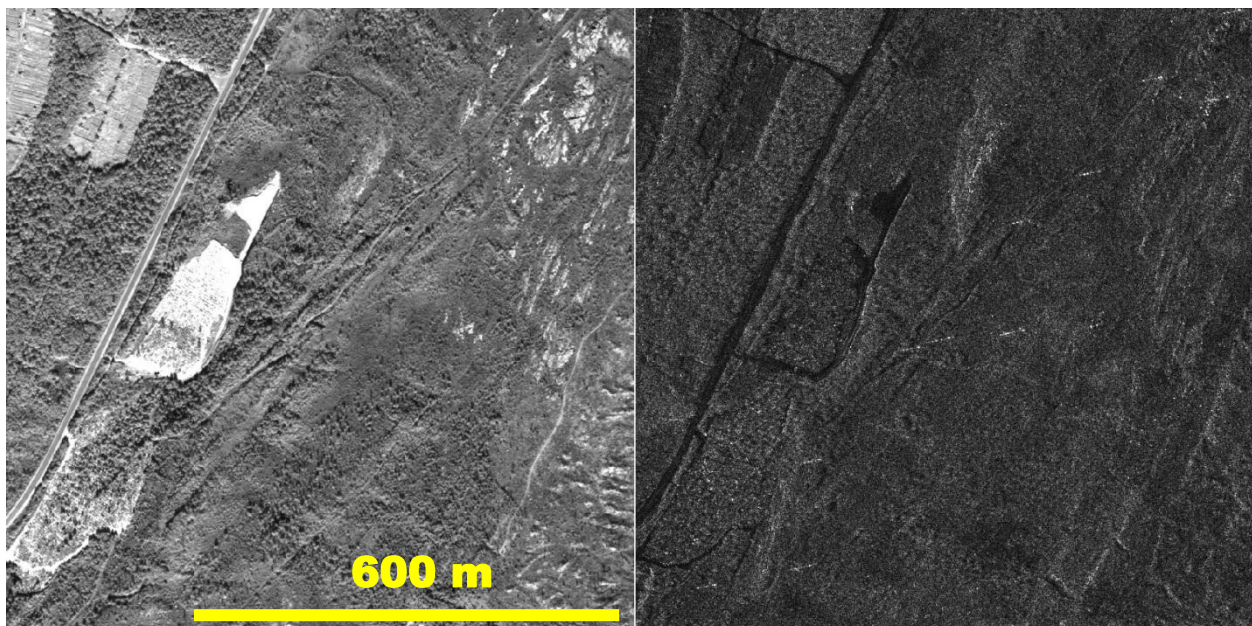
5.4 Annen infrastruktur

5.4.1 Kraftgater

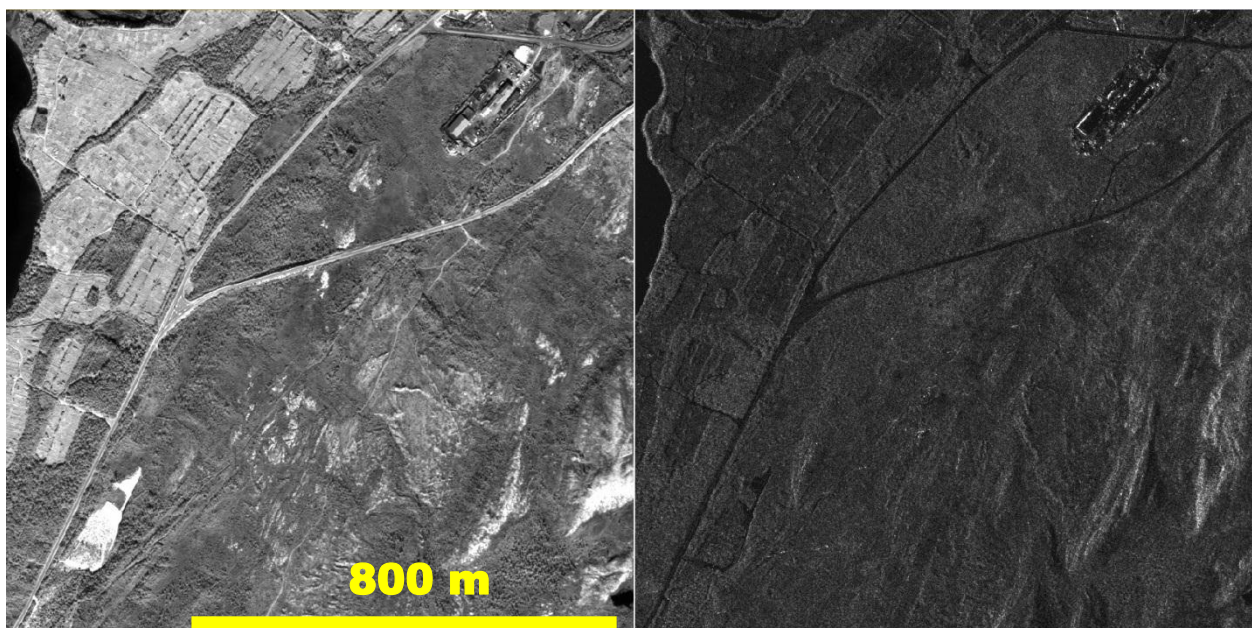
Jfr. Ekstraksjonsguiden skal kraftlinjer/gater kartlegges så sant det er mulig å påvise at de er plassert i det aktuelle området. Linjene kartlegges kun dersom lengden i valgt utsnitt ≥ 300 m, eller har betydning som landemerke.



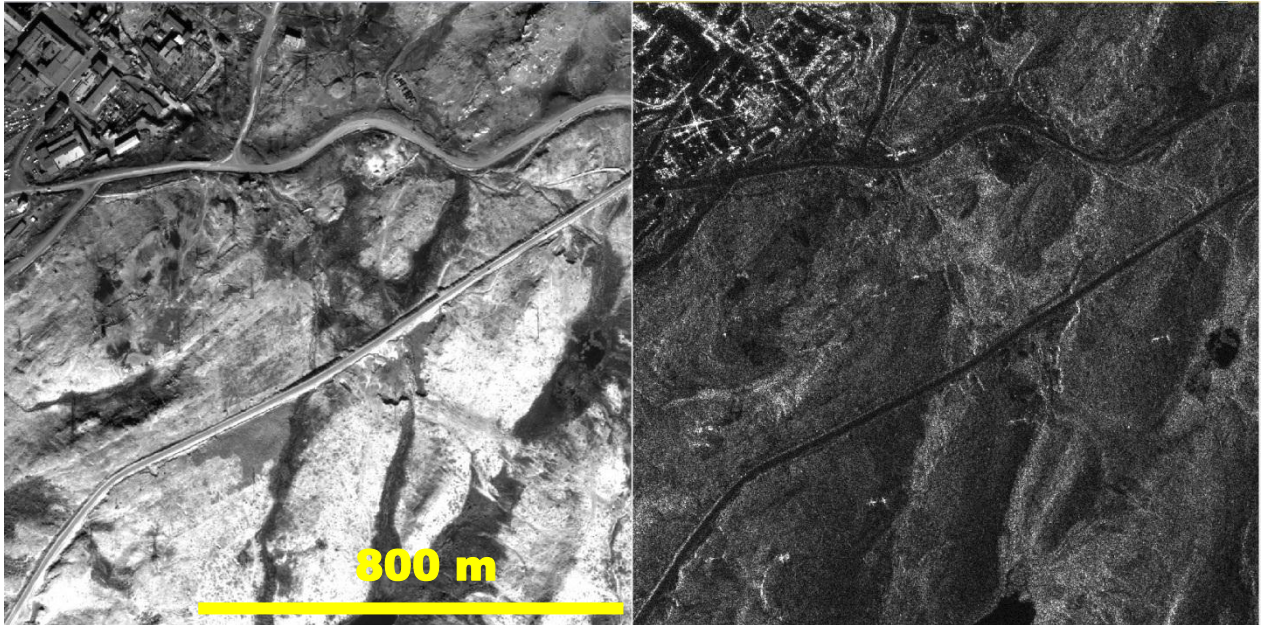
Figur 24 I dette området forventes det forekomst av kraftgater. Venstre bilde er CSK (© e-Geos) og høyreside er TSX (© INFOTERRA). Målestokk 1 : 15 000.



Figur 25 Eksempel på et område hvor det er plassert en kraftlinje. SAR bildet er tatt av CSK (© e-Geos) og optisk tatt av WV2 (© DigitalGlobe™). Målestokk 1:4000



Figur 26 SAR bildet tatt av CSK (© e-Geos) og det optiske tatt av WV2 (© DigitalGlobe™). Målestokk 1:8000.

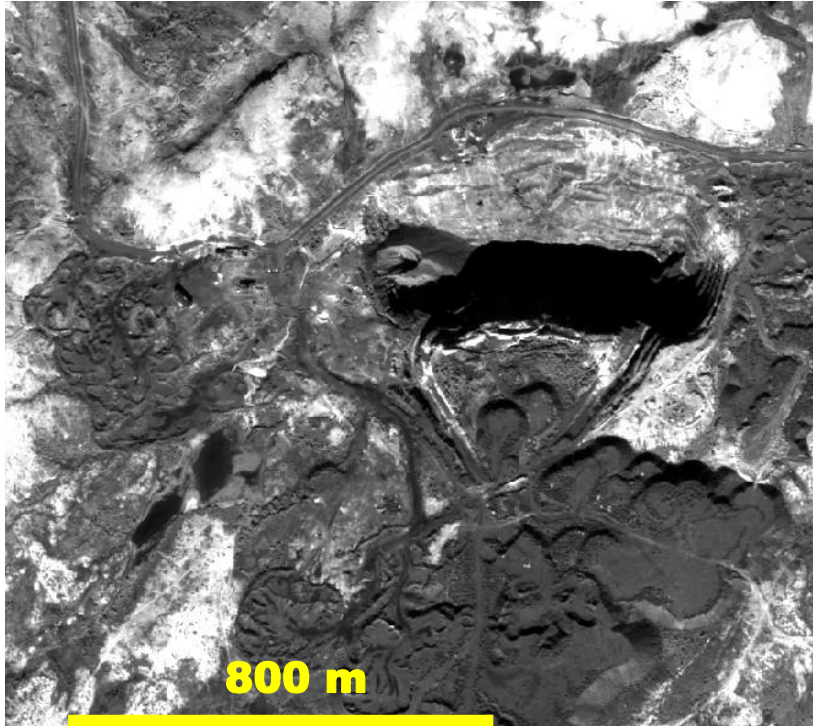


Figur 27 SAR bildet tatt av TSX (© INFOTERRA) og det optiske tatt av WV2 (© DigitalGlobe™). Målestokk 1:5000.

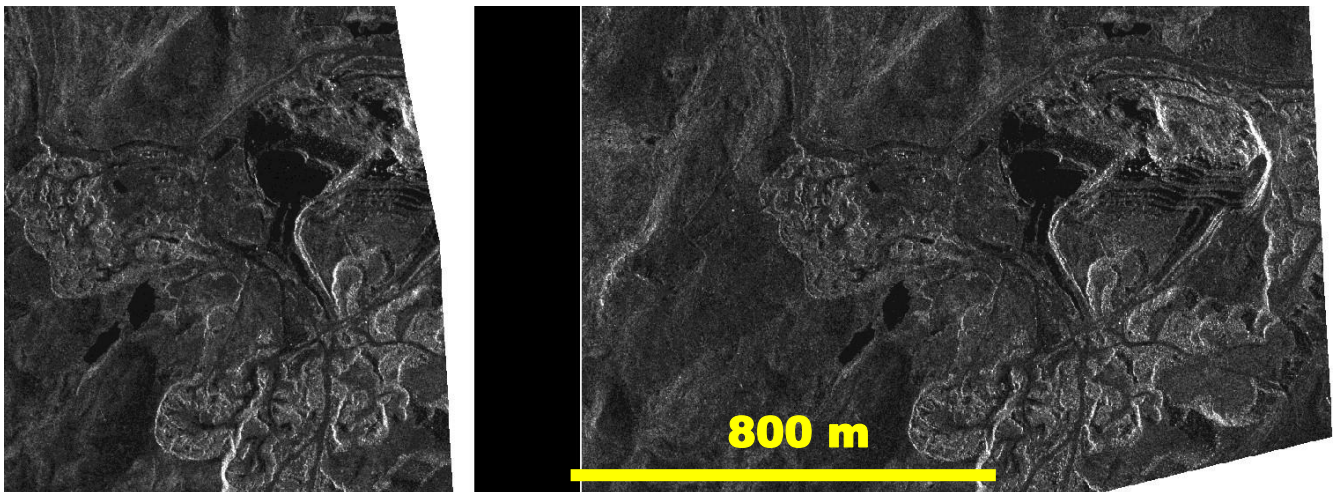
5.4.2 Gruve

Figur 28 og Figur 29 viser dagbruddet som er lokalisert sørøst for Nikel. Jfr.

Ekstraksjonsguiden vil gruver vil bli kartlagt nå dens areal er større en 15 625 m² eller har betydning som landemerke.



Figur 28 Optiske bildet av dagbruddet (© DigitalGlobe™). Målestokk 1:5000



Figur 29 Dagbrudd, figuren viser hvordan dette kommer frem i CSK(© e-Geos) på venstreside og TSX (© INFOTERRA) på høyre.I figuren komme det frem en del av de geomtriske effektene som kan oppstå ved bruk av mikrobølger. Måelstokk 1: 5000.

5.4.3 Vei

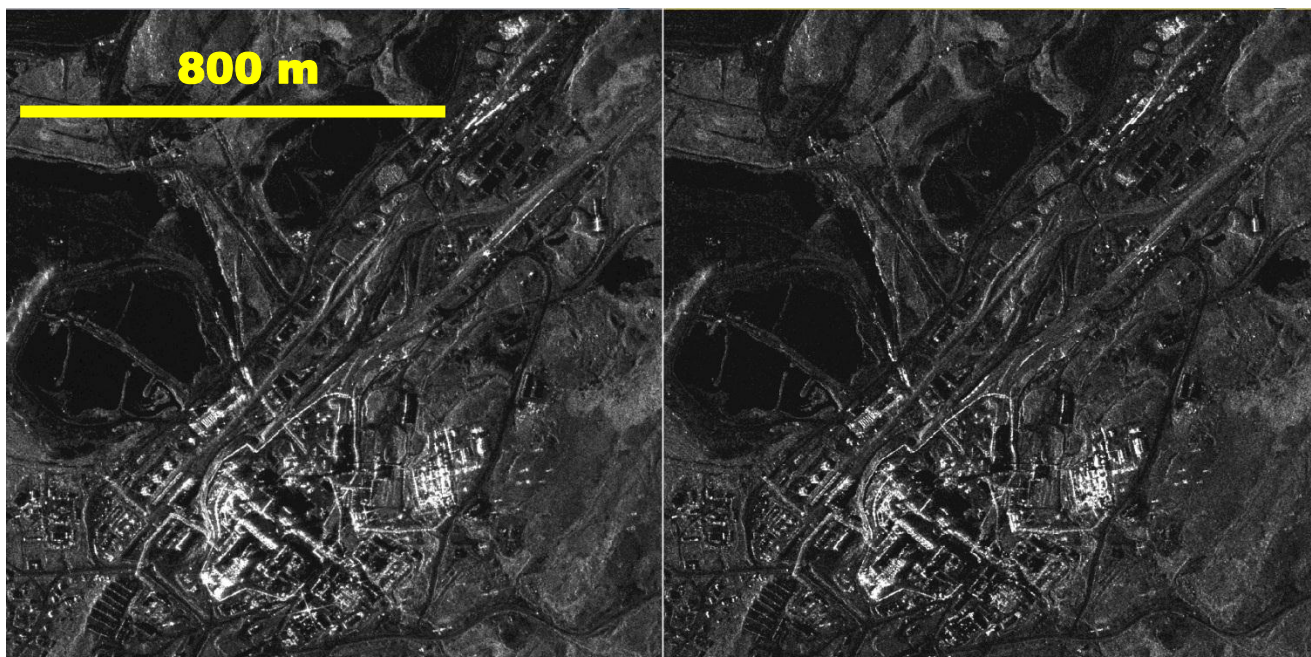
Jfr. ekstraksjonsguiden veier skal bli tas med i sluttproduktet. Så sant de ikke er < 300 m i valgt utsnitt. Veiene er representert i de fleste av de overstående figurene.

5.4.4 Gjerder

Jfr. Ekstraksjonsguiden skal gjerder kartlegges dersom det er mulig å identifisere gjerdet i bildet. Gjerder er også en god indikasjon på at det inngjerdede området har en spesiell funksjon eller interesse. Området kan være militært, fengsel, fabrikker etc.



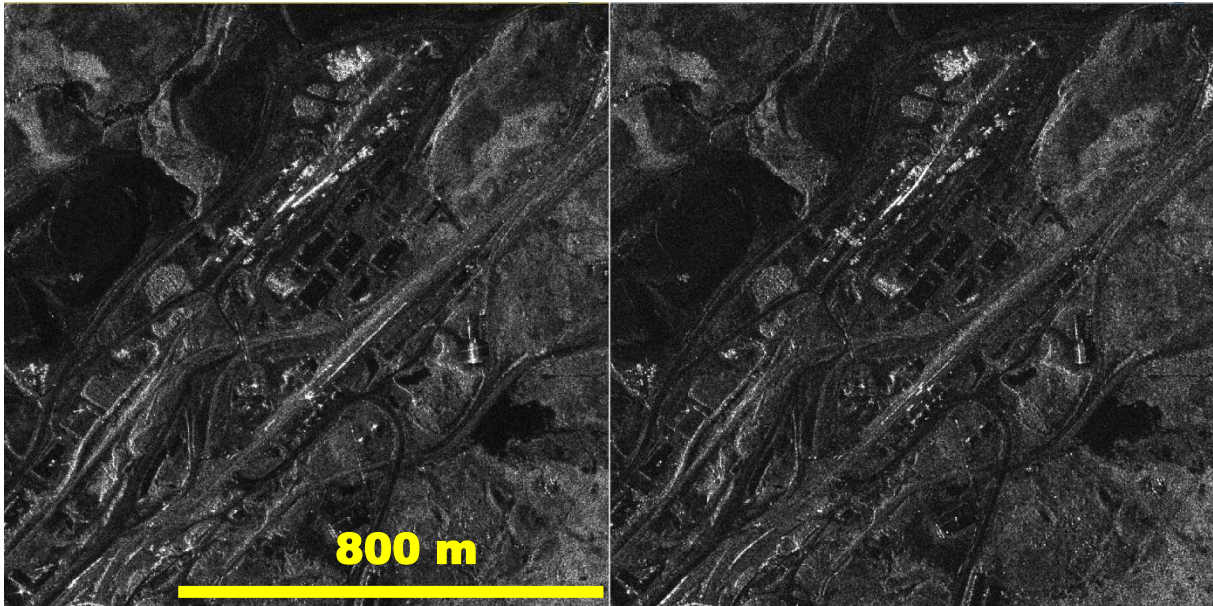
Figur 30 Fabrikk området i Nickel. Dette er et område som sannsynligvis er inngjerdet. (© DigitalGlobe™). Målestokk 1: 5000



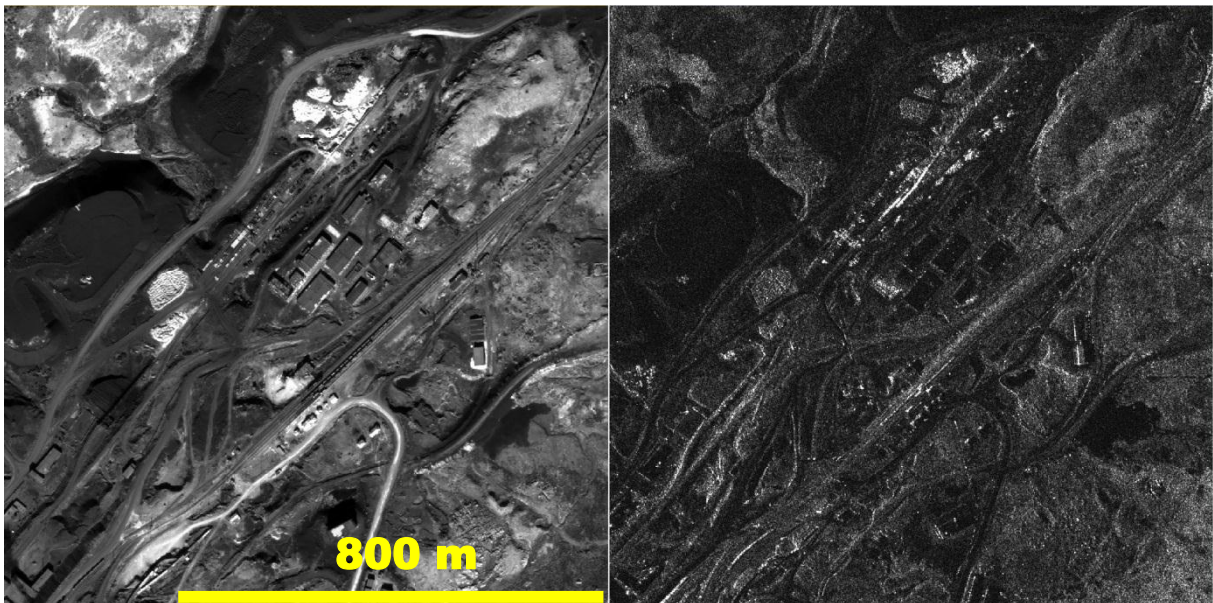
Figur 31 CSK (© e-Geos) på bildet til venstre og TSX (© INFOTERRA) bildet til høyre i figuren. Rundt fabrikk området kommer gjerdet frem. Målestokk 1:5000.

5.4.5 Jernbane

Jfr. Ekstraksjonsguiden skal jernbanen kartlegges dersom det er forekomst i det valgt bildeutsnittet. I Figur 32 og Figur 33 er jernbane er lokalisert ved industriområdet i Nikel. Måten jernbaner er konstruert på gjør at det forventes større tilbakespredning fra denne typen infrastruktur, fordi banelegemet vil ligge på underlag av pukk. Denne forskjellen på tilbakespredning vil kunne skille mellom jernbane og vei.



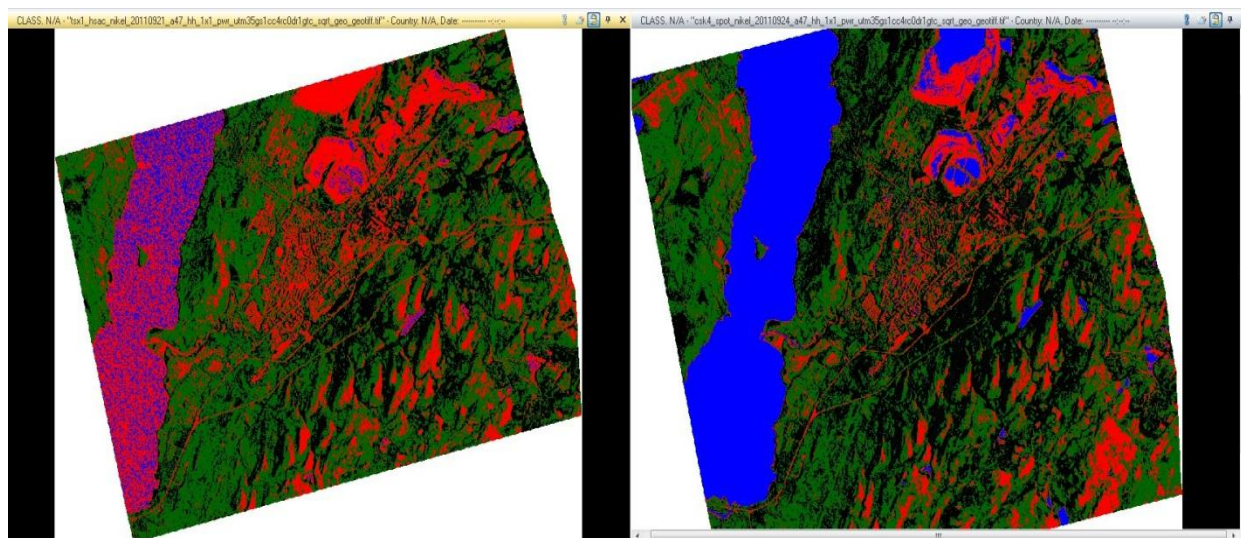
Figur 32 CSK (© e-Geos) på venstreside og TSX (© INFOTERRA) på høyre. Målestokk 1:5000



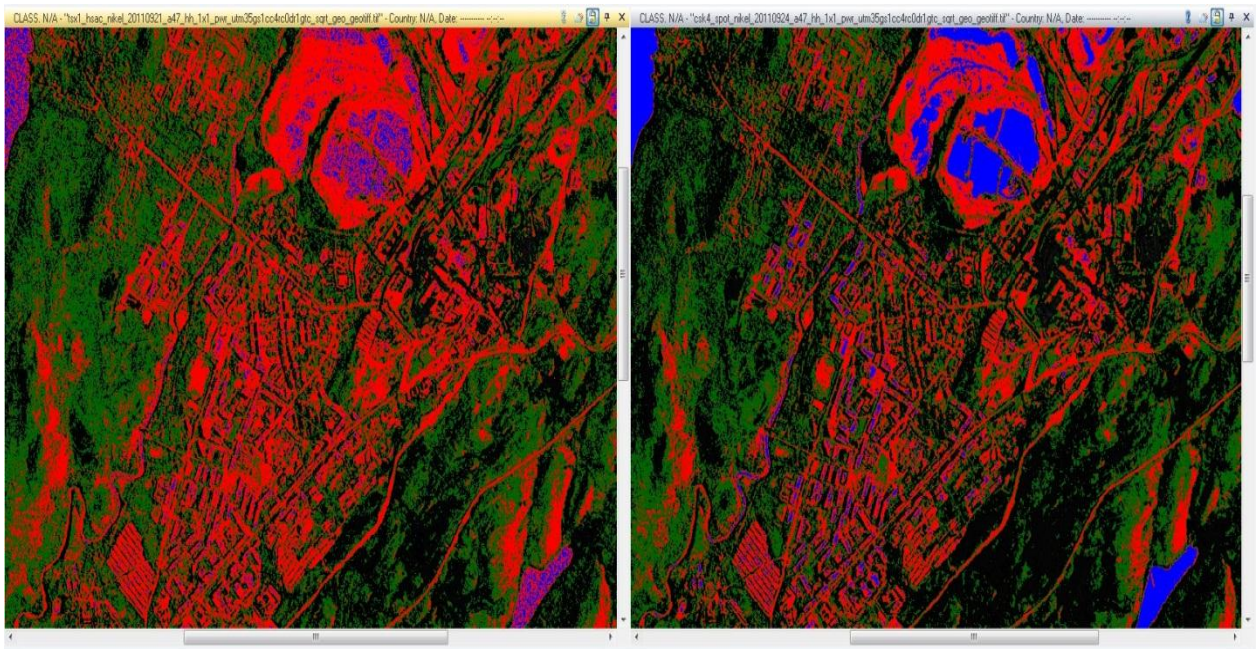
Figur 33 Optisk (© DigitalGlobe™) på venstreside og SAR tatt av TSX (© INFOTERRA) på høyreside. Målestokk 1:5000.

5.5 Pseudo Color

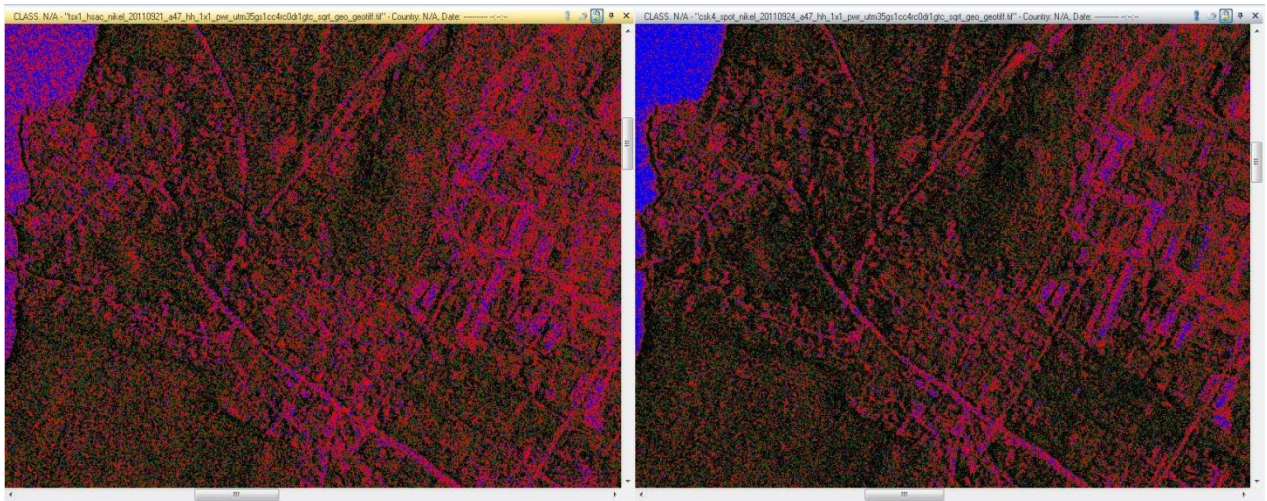
Pseudo color ble tatt med som et element for å undersøke om farging av de ulike gråtonene ville bidra positivt i tolkningen av de ulike objektene som er mulig å finne i SAR bildene.



Figur 34 TerraSAR-X er på figurens venstreside og Cosmo-SkyMed på høyre. Figuren representerer et utsnitt som er lokalisert rundt Nickel. Dette blir gjort for direkte å kunne sammenligne TSX mot CSK. Data provided by (© INFOTERRA) and (© e-Geos).



Figur 35 TerraSAR-X er på figurens venstr side og Cosmo-SkyMed på høyre. Denne figuren har en større målestokk enn Figur 34 og er tatt for å undersøke hvordan Nikel kommer frem med denne farge kombinasjonen. Data provided by (© INFOTERRA) and (© e-Geos).



Figur 36 TerraSAR-X er på figurens venstre side og COSMO-SkyMed på høyre. Figuren representerer et utsnitt som er lokalisert nordvest for Nikel og har mindre bebyggelse og bygningenes areal er mindre enn sentrum. Her kommer det også frem hvordan ulike størrelser på målestokken gjør at den enkelte piksel kommer bedre frem, men dette gjør også sammenblandingen er blir tydeligere. Dette kan komme av speckle. Dette sees ikke i figurene med mindre målestokk (Figur 34 og Figur 35). Data provided by (© INFOTERRA) and (© e-Geos).

6 Blindtest

Under blindtesten ble fire studenter forelagt SAR bildene som dekker byen Nickel og området rundt. Studentene hadde ikke sett SAR bildene eller andre bilder fra Nickel. To av studentene hadde tjenestegjort ved norskegrensen og to hadde ikke kunnskap om området utover allmenn geografikunnskap. Studentene ble utfordret til å markere bebygdområde (BUA).

Figur 37 til Figur 40 viser området som ble markert av de ulike studentene. Student 1 og student 3 fikk presentert COSMO-SkyMed bildet og student 2 og student 4 fikk presentert TerraSAR-X bildet.



Figur 37 Området markert av student 1. (© e-Geos).

Figur 37 Viser området som ble markert av student 1. Vedkommende student tjenestegjorde ved norskegrensen ved avdelingen i Sør Varanger. Denne student brukte også mest tid på å studere bildet før han markerte området.



Figur 38 Området student 2 markerte. (© INFOTERRA).

Figur 38 Viser området som student 2 markerte. Vedkommende har ikke tjenestegjort i Finnmark. Denne studenten brukte kortere tid på markering av området og viste noe usikkerhet på hvor linjene skulle trekkes.



Figur 39 Området student 3 markerte. (© e-Geos).

Figur 39 Viser det området som ble markert av student 3. Vedkommende har ikke tjenestegjort i Finnmark. Denne studenten markerte det største arealet, valgte kjapt hvor markeringslinjen skulle plasseres og har dekket hele det bebygde området.



Figur 40 Området student 4 markerte. (© INFOTERRA).

Figur 40 Viser området student 4 markerte. Vedkommende student tjenestegjorde ved avdeling i Pasvik og hadde stor visuell kunnskap om Nikel. Studenten markerte det meste av arealet som er BUA. Tidsbruken var ikke lengre enn for student 1.

7 Resultat/Vurdering av undersøkte kart-elementer

7.1 Enkeltstående bygninger og konstruksjoner

Bygningene i Figur 8, Figur 9 og Figur 10 har ikke en størrelse som tilsier at de skal bli tatt med i kartet som et sluttprodukt (bygningene er mindre en 25 m x 25 m, som tilsvarer 625 m²). Derimot vil bygningene ha betydning som landemerker. Figurenes høyre side, som alle er tatt av den tyske satellitten TerraSAR-X (TSX) er et eksempel på hvor vanskelig det kan være å identifisere eksisterende bygninger i dette området. Hovedveien og noen av avkjøringene kan sees i samtlige av de tre figurene. I Figur 8 og Figur 10 kommer elven tydelig frem.

I områdene der det er forventet å finne bygninger, jfr. kunnskapen fra de optiske bildene, har SAR bildene ikke endringer som avslører disse eksisterende bygninger. Derimot gir områdene rundt og i særlig grad skogsområdet, en god tilbakespredning. Bebyggelsen gir ikke samme tydelige karakteristikk i SAR bildene, men tilbakespredningen gir allikevel en indikasjon på forekomst av menneskelig aktivitet. Blant annet er veien tydelig. Høye trær i området kan forårsake at bygningen ikke kommer så godt frem som forventet.

I Figur 10, som er tatt fra Skogfoss, kommer det mye tilbakespredning fra et objekt nordøst i bildet. Det er ikke mulig å tolke fra SAR bildet hvilket objekt dette er, men med litt kunnskap om hvordan mikrobølger blir reflektert fra menneskeskapte objekter kan slutningen om installasjon i området trekkes. Det optiske bildet bekrefter at det er en transformatorstasjon som gir den gode tilbakespredningen. Demningen som er plassert sør for transformatorstasjonen kommer godt frem i det optiske bildet. Det kan ikke klassifiseres som en demning i SAR bildet, men viser seg som et objekt i elven. Antagelig er objektet av en størrelse som vil blokkere elven for ferdsel med båt. Vest for demningen er det også et objekt som gir en del tilbakespredning, signalet er sterkest fra to av objektets sider. Resten objektet blir ikke tydelig, men i kontrast med tilbakespredningen fra skogen vil grunnrisset av objektet komme fram. Objektet har en rektangulærform og dette styrker mistanken om eksistens av menneskeskapte objekter i Skogfoss. Området bør derfor være av interesse.

7.2 BUA

Felles for bildene tatt av Cosmo-SkyMed og TerraSAR-X, er at byen Nikel kommer tydelig fram. Det levnes ikke tvil om stor bebyggelse i området som skal kartlegges.

7.2.1 Store bygninger

Det er vanskelig å identifisere store bygninger. Problemet oppstår når det er behov for å identifisere bygninger av stor betydning: administrasjonsbygninger, sykehus, bygninger for ulike religiøse formål etc. Bygningene som er plassert rundt i Nikel er vanskelig å identifisere. Informasjonen i SAR bildene er ikke tydelig nok til sikker klassifisering av rådhus, sykehus etc.

Figur 16 er i stor målestokk, det ble laget for å teste om samme bygning har tilsvarende størrelse i SAR bildet som målt i det optiske bildet. Fra det optiske bildet ble bygningens grunnriss målt til 1518 m², mens i SAR bildet ble bygningen målt til et grunnriss på 2090 m². Dette er en betydelig forskjell. Årsaken til denne store forskjellen kan forklares av at bygningen er stor i forhold til terrenget rundt og en del av de geometriske effektene spiller inn. Bygningen påvirker tilbakespredningen med det resultat at både foldningseffekten (overlay) og radarskyggen øker bygningens areal i SAR bildene.

7.2.2 Spredtbebyggd

Figur 17 og Figur 18 har begge et utsnitt fra området med målestokk 1:5000. Disse er hentet fra området som ligger nordvest for Nikel. Tilsvarende som for bildene av sentrum kommer også her de største bygningene tydeligere frem enn de små bygningene. Mest sannsynlig er de små bygningene et boligområde. I den målestokken som er aktuell for disse figurene vil en visuell vurdering tolke det til liten forekomst av bygninger, men samtidig har området mye veier og det er objekter som gir nok tilbakespredning til at det kommer frem lyse punkter. Med disse to faktorene vil det med ganske stor sikkerhet kunne sies at det er et bebyggd område.

7.3 Elver og vann

7.3.1 Elver

Elvenes plassering og form i terrenget gjør at de er lette å identifisere. Det skal også mye til at elvene skal bli feiltolket og klassifisert med feil attributt som vei.

7.3.2 Innsjøer

Innsjøer er blant de elementene som kommer best fram i SAR bildene. Figur 20 med målestokk 1: 20 000 viser hvor godt sjøene synes i TerraSAR-X bildet tatt over Skogfoss området. Det levner liten tvil om forekomst av vann. Størrelsen på innsjøene varierer, men flere har en størrelse som det vil være hensiktsmessig å ta med i sluttproduktet til MGCP.

7.3.3 Myr og skog

Identifisering av myr kan i følge ekstraksjonsguiden gjøres ved at man ser etter manglende vegetasjon. Det blir her i hovedsak å undersøke hvor det vokser mindre trær enn i områdene rundt. Imidlertid viser resultatet at det er vanskelig å skille mellom myr og skog. Store deler av det som antas å være myr (denne konklusjonen trekkes fra de optiske bildene) er vanskelig å skille fra skogen ved at det er en svært lik tilbakespredning.

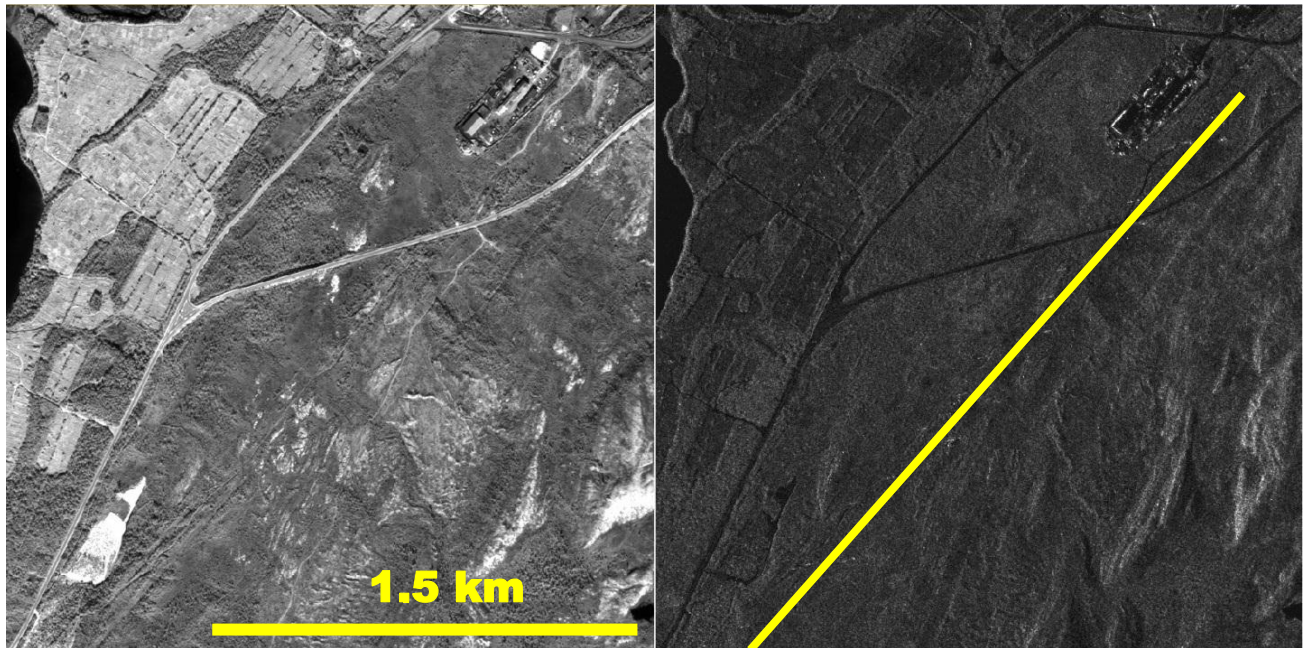
Figur 22 og Figur 23 har utsnitt fra det antatte myrområdet. Sammenlignes det optiske bildet i figuren med SAR versjonen av samme område viser det at området som har overflatevann også blir mindre markerte i SAR bildene. Det blir vanskelig å konkludere med sikkerhet om at dette faktisk er myr eller ikke. Studeres området nøyere er det mulig å se en grense eller skille mellom det som tydelig er skog og de åpne områdene som antas å være myr. Dette er antagelig godt nok til at det kan forventes myr, men en endelig konklusjon er vanskelig. I følge Dan J. Weydahl kan full-polarimetrisk SAR bilder muligens bidra til å gi noe mer informasjon ved tolkningen av denne typen kart-elementer. Det er per i dag mulig å bestille slike SAR-satellittbilder fra RADARSAT-2 til ca. 8 meter romligoppløsning.

7.4 Annen infrastruktur

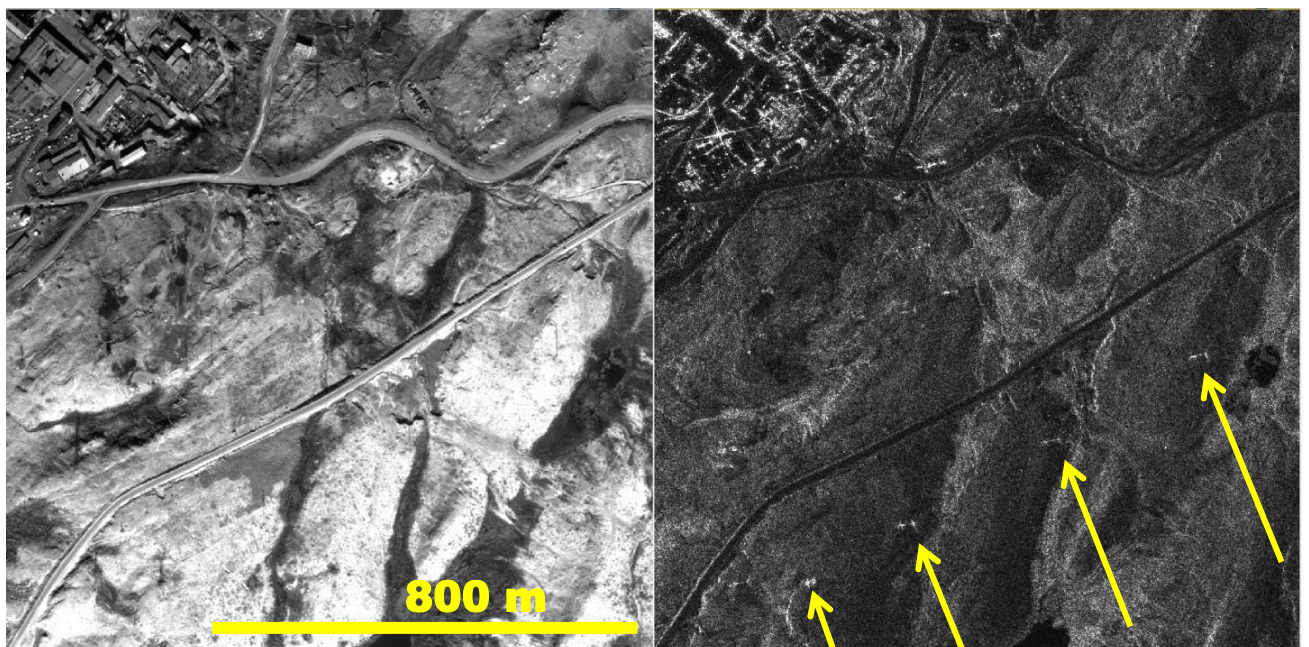
7.4.1 Kraftgater

Kraftgatene har betydning som landemerke og vil også være hensiktsmessig å ta hensyn til ved kartlegging av ukjente områder. Innfallsvinkelen som er brukt i SAR opptakene for denne oppgaven er på 47°. Denne vinkelen medfører at det er ikke kraftgatene som kommer best fram, men det er mulig å se plasseringen av mastene. Plassering av kraftgatene er tydeligere i SAR bildene enn i de optiske bildene. Mastenes signatur er avlange objekter med mer tilbakespredningen enn området rundt. Disse er også plassert med en konstant avstand langs

en linje. Mastene er plassert langs den gule linjen i Figur 41. Denne plasseringen kommer tydeligere frem på en dataskjerm (stolpene/mastene er lettere å se).



Figur 41 Samme utsnitt som Figur 26 SAR bildet tatt av CSK (© e-Geos) og det optiske tatt av WV2 (© DigitalGlobeTM). Målestokk 1:8000.



Figur 42 Samme som Figur 27 SAR bildet tatt av TSX (© INFOTERRA) og det optiske tatt av WV2 (© DigitalGlobeTM). Målestokk 1:5000. De gule pilene peker på master som kommer frem i SAR bildet, men er veldig utydelig i det optiske bildet. Data provided by (© DigitalGlobe™) and (© e-Geos).

7.4.2 Gruve

Dagbruddet som ligger sørøst for Nikel er tydelig i det optiske bildet (Figur 28) og kommer godt frem i begge versjonene av opptakssystemer (Figur 29). I radarbildene kommer også de geometriske effektene tydelig frem. En skal allikevel ikke se bort fra at uten lokalkunnskap om topografien, ville dagbruddet kunne blitt sammenblandet med vulkan. Den øverste delen dagbruddet blir tydelig plassert feil, dette på grunn av den geometriske foldningseffekten (overlay). Uten kunnskap om dette vil dagbruddet vurderes som mindre enn det er i virkeligheten og bli tolket som krater. Sikrere kartlegging ved bruk av SAR satellitter ville være bruk av multitemporale opptak, slik kan en detektere store endringer i gruvedriften eller området forøvrig.

Bruken av multitemporale opptak er også interessant for endringskartlegging i aktuelle byområder som parkeringsplasser etc. Mengden parkerte biler vil endre seg med hvilket tidspunkt i døgnet opptaket gjennomføres i det aktuelle området og kunne gi informasjon om graden av menneskelig aktivitet.

7.4.3 Vei

Veiene som det er mulig å tolke i de aktuelle bildene fremkommer alle meget godt. Bakgrunnen for dette er antageligvis at veiene er består av asfalt eller hardpakket grus som gjør at tilbakespredningen i retning SAR sensoren er lav. Veiene blir derfor avbildet som mørke linjer i de omtale SAR bildene. Her er det lite trolig at veiene vil bli mistolket og at de ble forvekslet med f. eks. elver. Denne tolkningen baserer seg på at veier vanligvis blir bygget i rette linjer og ikke har bukninger som er naturlig for vassdrag.

7.4.4 Gjerder

Blant de største overraskelsene var gjerder, som kom bedre frem i SAR bildene enn i de optiske bildene. Det beste eksempelet på dette var gjerdet som er plassert rundt fabrikk i Nikel (Figur 31). Denne figuren representerer både TSX og CSK og begge bildene i figuren viser gjerdet like tydelig. Gjerdet er et objekt som gir god tilbakespredning, og plasseringen rundt fabrikkområdet kommer meget markert frem. Dette kommer antageligvis av bølgelengden på x-båndet som er på 24 – 38 mm og bølgelengden er dermed så kort at gjerdet vil reflektere mikrobølgene.

Gjerdet rundt transformator stasjonen i Figur 10 er noe utydeligere, dette kommer av at transformatorstasjonen gir mye tilbakespredningen og dette dekker tilbakespredningen fra gjerdet. Studeres bildet i figuren grundigere er det mulig å tolke formen på tilbakespredningen som en bekreftelse på plasseringen av gjerde rundt transformatorstasjonen.

7.4.5 Jernbane

Jernbanen er plassert i sammenheng med fabrikken i Nikel. På SAR bildet er det problematisk å skille jernbanen fra veiene, og det er ikke tydelig hvilke bygninger som tilhører jernbanen i dette tilfellet. Jernbanelinjen er forventet å ha en annen tilbakespredning enn veiene og tilbakespredningen indikerer i en viss grad forekomsten av jernbane. I Figur 32 og Figur 33 er det en lysere, rett linje som markerer plasseringen av jernbanelinjen. Skal forekomst av jernbane konkluderes med sikkerhet fra SAR opptakene bør det mer informasjon til. Det vanlige er at jernbanen blir markert som lys linje og veibane markert som en mørk linje, men i følge Dan J. Weydahl hender det at veibanen blir markert som lyse linjer da er det som oftest andre veier langs siden av veien. Veien er da som regel bare tidvis lys og helst når veien går parallelt med fly retningen til SAR satellitten.

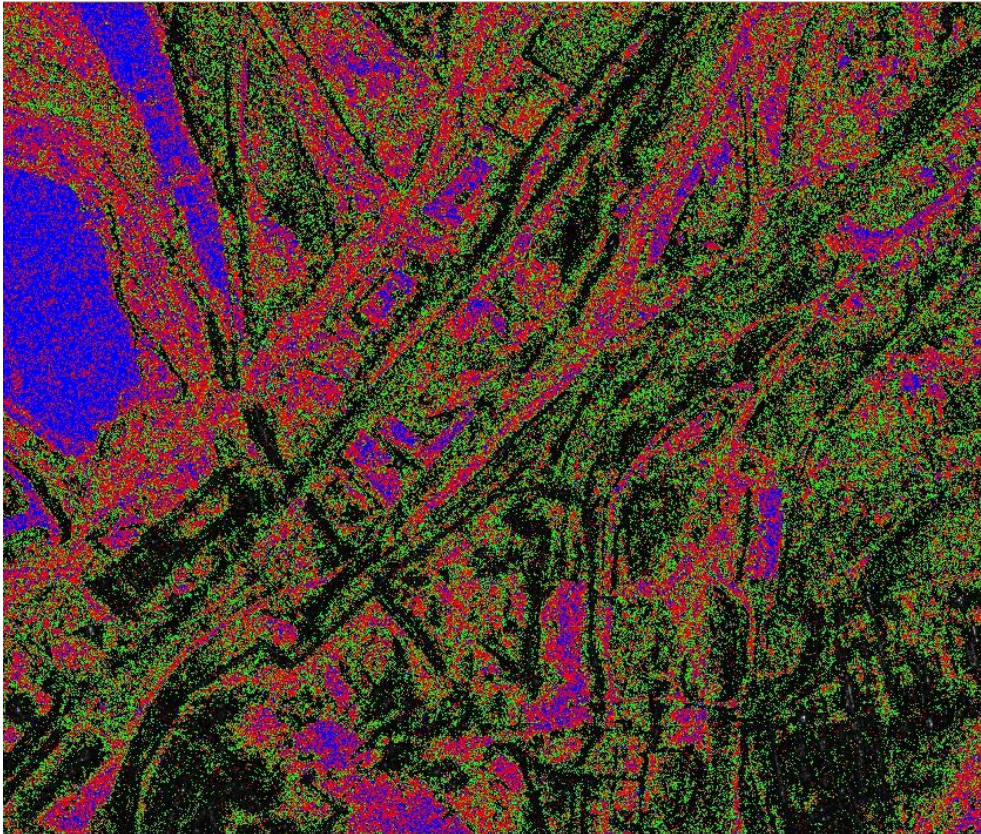
7.5 Pseudo color

Fra tidligere erfaringer ved å betrakte SAR bilder som pseudo color, hadde ikke oppgaveforfatteren veldig stor tro på at det skulle ha noen positiv effekt. Dette endret seg raskt når bildene ble åpnet og det ble satt farger på de ulike pikselverdiene. Hver av pikselverdiene 256 nivåer blir representert i attributt tabellen og det kan være vanskelig å avgjøre hvilke pikselverdier som skal brukes. For enkelhets skyld ble det bare valgt å gi pikselverdi med verdi 0, 1 og 2 andre farger, dette var også de pikselverdiene som var representert av størst antall piksler. Resultat var overraskende vellykket og fire attributter kom svært tydelig frem; vann, vegetasjon, infrastruktur og fjell i dagen. På grunn av sammensetningen ble pikselverdiene med verdi 0 farget blå, verdi 1 grønn og 2 rød. Begge SAR sensorenes bilder gir gode resultater med bildene i liten målestokk. Økende målestokk fører til at hver enkelt piksel kommer tydeligere frem.

Figur 36 har en stor målestokk og her kommer det frem hvordan støyen (speckle) i SAR

bildene kan påvirke resultatet. Det kommer ikke frem det skille mellom kart-elementene i denne figuren, som i figurene (Figur 34 og Figur 35) med en mindre målestokk. Allikevel fortsatt mulig å tolke hva som er områder og objekter av interesse.

Et annet område med som ligger nordøst i Nikel og er området med en del jernbane.



Figur 43 Dette er området nordøst i Nikel. Dette er en figur med målestokk 1:4000 og her kommer det frem hvordan det blir vanskeligere å skille mellom de aktuelle kart-elementene enn i figurene med en lavere målestokk (Jfr. Figur 34 og Figur 35). Data provided by (© e-Geos).

I Figur 34 og Figur 35 som begge er en sammenligning av TerraSAR-X mot Cosmo-SkyMED kommer det tydelig frem hvilket SAR bilde som er best ved bruk av pseudo color. Bruken av pseudo color vil kunne benyttes som et godt supplement for tolkningen av kart-elementer (features) som måtte være av interesse for kartleggingen innen MGCP. Operatøren som skal analysere bildene kan ikke stole blindt på at alt markeres riktig, dette kommer også frem i figurene. Jfr. bildene som er tatt av TerraSAR-X blir sjøen farget rødt og for bildet tatt Cosmo-SkyMed blir dagbruddet farget blått.

Noe overraskende er det at bilder tatt av den samme sensoren jfr. TSX, som dekker både Nikel og Skogfoss. I disse to bildene er det en variasjon i hvilke kart-elementer som blir markert dersom man fargelegger de samme gråtonenyansene. Jfr.

Figur 45 er tre av bildenes gråtonenyanser blitt farget med den hensikt at kart-elementene i størst mulig grad skal komme til sin rett. Dette gjør at de tilsvarende gråtonenyansene ikke blir gitt samme farge jfr.

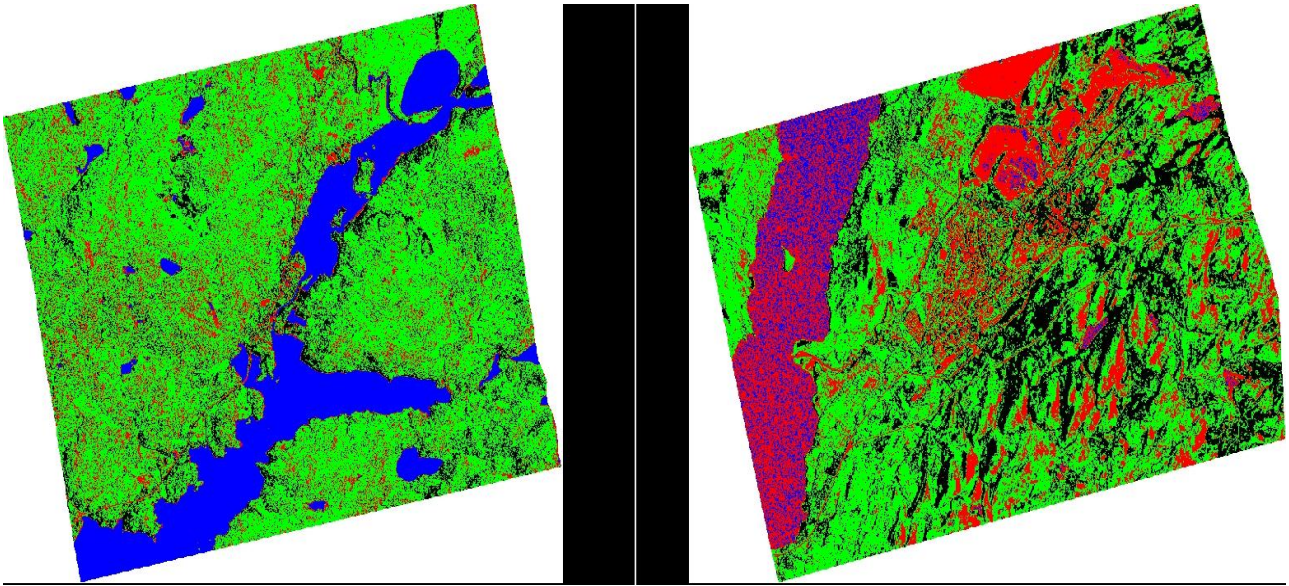
Figur 44.

tsx1_hsic_skogfoss_20110926_a50_hh_1x1_pwr_utm35gs1cc4rc0dr1gtc_sqrt				
Row	Value	Histogram	Color	Opacity
0	0.337156	13107		1
1	28.0636	50174		1
2	55.79	61639		1
3	83.5164	50222		1
4	111.243	35037		1

tsx1_hsic_nikel_20110921_a47_hh_1x1_pwr_utm35gs1cc4rc0dr1gtc_sqrt_geo				
Row	Value	Histogram	Color	Opacity
0	0.127926	41799		1
1	39.4617	100193		1
2	78.7955	57491		1
3	118.129	27994		1
4	157.463	14243		1

Figur 44 Attributtabelen for Figur 45.

Figur 45 blir gitt farge etter gråtonenyansene som vi kan se i Figur 44, dette var dette som ga det beste visuelle resultatet. Figurens øvre del tilhører bildet av Skogfoss og figurens nedre del tilhører bildet av Nikel. Fra tabellen i figuren ser man at antallet piksler, for samme gråtonenyanse, varierer veldig mellom bildene tatt av samme sensor.



Figur 45 Dette er to bilder tatt av den tyske TerraSAR-X. Det overraskende er at det resultatet blir forskjellig dersom de samme gråtonenyansene blir gitt samme farge. Bildene i figuren har blitt gitt farge for å få best mulig markering av kart-elementene. Data provided by (© INFOTERRA).

Valget for tildelingen av den røde fargen ble gjort med tanke på å få frem bebyggelse og infrastruktur i best mulig grad. Og dermed ble bildet av Nikel noe feil farget, sammenlignet med bildet fra Skogfoss.

7.6 Blindtest

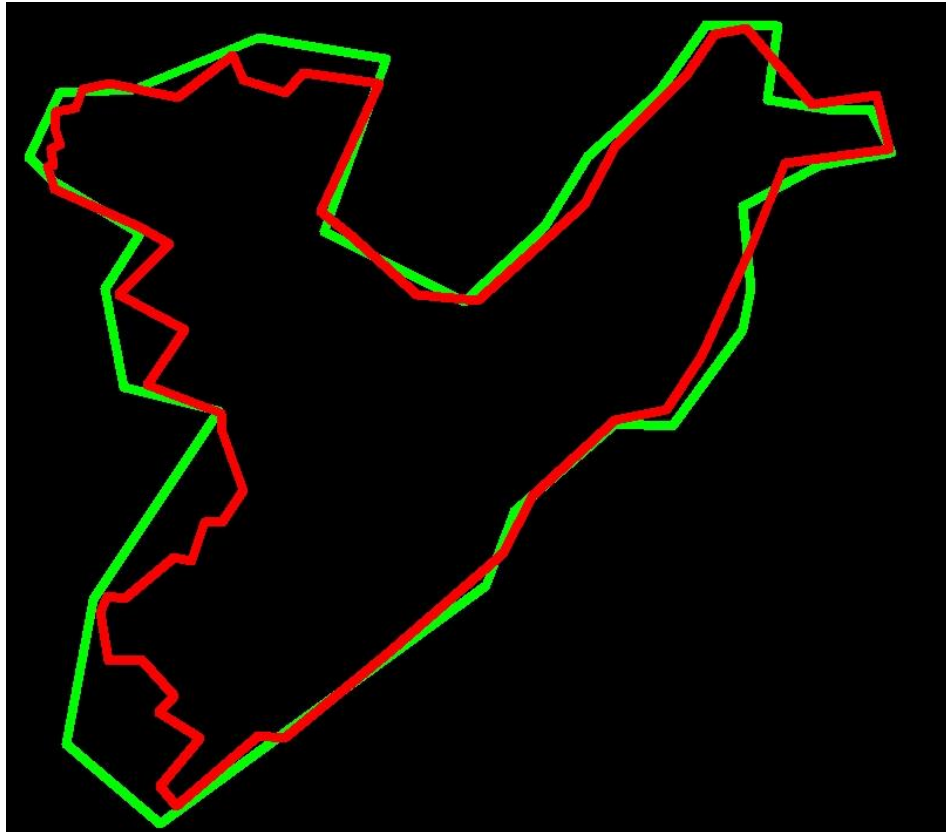
Blindtesten ble utført ved at studenter som ikke hadde tilgang til de optiske bildene skulle markere områder bestående av BUA. Resultatet viser svært varierende markering. Enkelte markerte et alt for stort areal og mens andre et alt for lite. Alle laget markeringen rundt sentrum av Nikel. Figurene (Figur 47 til Figur 50) nedenfor viser resultatene av markeringen til de fire studentene i blindtesten. Etter gjennomført test ble de spurt om en begrunnelse for hvorfor markerte området slik de gjorde.

Fasiten av det markerte området ble laget av oppgaveforfatteren med det pankromatiske bildet som grunnlag for tolkningen av hvilket område som kunne defineres å være BUA (Figur 46). Det kan selvfølgelig også her være rom for at ulike personer vil ha en ulik subjektiv vurdering av hvilket område som skal markeres.



Figur 46 Området som danner grunnlaget for fasiten som ble sammenlignet med området studentene markerte. (© DigitalGlobe™).

Studenten 1 (Figur 47) var den studenten som tok seg best tid til å markere området og resultatet var også det som hadde størst samsvar med fasiten. Vedkommende begrunnet plasseringen av feltet sitt med hvordan veikonstruksjonene lå. Han påpekte også at det var punkter med mye tilbakespredning og andre felt med mørke gråtoner som han mente måtte være bygninger.



Figur 47 Viser markering gjennomført av student 1. Denne markeringen ligger nærmest fasiten. Den grønne linjen markerer hva vedkommende mente måtte være BUA. Dette stemmer meget bra med fasiten, som er markert av den røde linjen.

Student 2 ble usikker på om det var en form for konstruksjon eller vann som ligger plassert nord for sentrum av Nikel og valgte å ikke markere dette området. Han nyttet ikke veiene til å analysere bildet i samme grad som student 1, følgelig fikk han litt annet resultat.

Vedkommende kommenterte at det var noe i område nordvest (det spredtbebygde området), men konkluderte med at dette området ikke skulle markeres (til forskjell fra student 1).



Figur 48 Student 2 markering sammenlignet med fasiten.

Student 3 brukte helt klart den korteste tiden på å markere hvilket område han mente måtte være bebygd. Som det kommer frem i Figur 49 markerte han et mye større område enn de andre studentene. Vedkommende brukte noen av veiene i området til å definere ytterkanten av BUA og markerte noe større areal enn det fasiten tilsier skulle være BUA.



Figur 49 Student 3 markering sammenlignet med fasit.

Studenten 4 har tjenestegjort ved Pasvik, og som vedkommende sa: «Jeg satt og så på Nikel hver eneste dag». Denne kommentaren bekrefter at han er den studenten som har den absolutt største kunnskapen om området og beliggenheten til selve byen. Når han skulle markere dette området brukte han ikke like lang tid som student 1, men markerte også området nordvest for Nikel.



Figur 50 Student 4 markering sammenlignet med fasit.

7.7 Endelig vurdering

For den endelige vurderingen vil det være hensiktsmessig å lage en tabell for i hvilken grad de ulike kart-elementene kommer frem i de ulike opptakene, henholdsvis de optiske tatt av WorldView 2 og SAR bildene tatt av TerraSAR-X og COSMO-SkyMed. Tabellen er laget på grunnlaget av hvilke kart-elementer som var synlige og som det også ble sett etter i oppgaven. Det vil/kan være variasjoner fra opptak til opptak. Dette baseres på at bildene brukt i denne oppgaven, brukte SAR-satellittene se-vinkel på 47° . Ulike se-vinkler kan gi ulike resultater for hvilke objekter som er synlige i bildene og de geometriske effektene som varierer med se-vinkelen kan gjøre at tolkningen blir lettere eller tilsvarende vanskeligere.

Tabellen på neste side kan brukes som en vurdering/anbefaling i hvilken grad SAR opptak er egnet for identifisering av de vurderte kart-elementene. Nummereringen 1-4 brukes som en skala for tolkningen der:

1. Sikker
2. Nokså sikker
3. Nokså usikker
4. Usikker

Objekt	Optisk bilde	TerraSAR-X	Cosmo-SkyMed	Kommentar
Enkeltstående bygninger	1	4	4	Bygningene kommer ikke frem i SAR bildene. Disse bygningene er for øvrig mindre enn kravet innen MGCP, men vil ha betydning som landemerke. I et område som ellers er lite bebygd.
BUA – Built-up area	1	1	1	Byen Nikel kommer godt frem. Det blir gitt denne karakteren også etter at de fire studentene gjennomførte markeringen.
Våtmark	1	3	3	Vanskelig å skille mellom myr og skog.
Innsjø	1	1	1	Kommer like tydelig frem i dette tilfellet.
Elv	1	1	1	Kommer like tydelig frem i dette tilfellet.
Veier	1	2	2	Veier kan feiltolkes og får denne vurdering.
Broer	1	2	2	Det er ikke mange broer, men en vei som fortsetter på begge sider av en elv. Må bety at veien er koblet med en bro.
Jernbane	1	2	2	Fra industriområdet i Nikel strekkes jernbanen nordøst og det er ikke mye som indikerer dens eksistens i SAR bildene, men det er en variasjon i gråtonene med samme plassering. Som gjør at det kan forventes å være en jernbane.
Skog	1	2	2	Skogen gir relativt mye tilbakespredning.
Sti	1	3	4	Stien kommer godt frem i det optiske bildet. Dette synes ikke i den samme grad i TSX bildet. Dessverre forefinnes ikke noe tilsvarende for CSK, og det settes derfor som usikker.
Kraftlinjer	3	2	2	Kraftlinjen kommer bedre frem som enkeltstående objekter i SAR bildene og de følger en rett linje.
Gjerder	3	2	2	Gjerdet kommer mye bedre frem i SAR bildet.
Industriområde	1	2	2	Det er vanskelig å identifisere bygninger i SAR bilder. I dette tilfellet kan gjerdet rundt fabrikkens brukes til å kartlegge området. Det er ikke mulig å si med sikkerhet om hva som befinner seg innenfor det sperrede området.

Konklusjon

Flere av kart-elementene som er av interesse for kartlegging innen MGCP programmet kommer ikke frem i SAR bildene, mens det er andre elementer som kommer bedre frem i SAR bildene. Dette gjør at det blir vanskelig å komme med endelig konklusjon om bruken av SAR satellitter innen denne typen oppdrag. Elementene som enkeltstående bygninger og demningen som ligger i Pasvikelven er vanskeligere å identifisere i SAR bildene enn i de optiske. På den annen side er det elementer som kommer bedre frem i SAR bildene slik som gjerder og kraftgater. I de analyserte bildene er det lettere å gi en sikker tolkning av både gjerdet rundt fabrikkområdet i Nikel og kraftlinjene/gatene i SAR bildene enn bebyggelse.

Hoved inntrykket er at veier, elver og vann (over en viss størrelse) kommer like godt frem i SAR bildene som i de optiske. Gjerder og kraftgater kommer tydeligere frem, mens bebyggelse kan være vanskeligere å bedømme.

Jfr. blindtesten som ble presentert for de fire studentene, vil store bebygde områder betraktet som BUA også komme godt nok frem i SAR bildene. Blindtesten tilsier at operatører med erfaring innen denne typen bildeanalyse vil kunne kartlegge slike områder. SAR bildene må kunne sies å egne seg godt for kartlegging av denne type kart-elementer (features).

Usikkerheten øker når bygningene blir mindre, de blir ikke like tydelige som f.eks blokkene i sentrum av Nikel. Det vil ikke være mulig å identifisere bygninger som kirker, rådhus etc.

Tabellen i avsnitt 7.7 er vurderingen av alle kart-elementene som ble undersøkt i denne oppgaven og som trekker konklusjonen om SAR opptakenes egnethet som erstatning/supplement for kartlegging i henhold til ekstraksjonsguiden.

Det finnes andre metoder som ikke er blitt brukt i denne oppgaven som også vil kunne bidra positivt med tolkningen av områdets kart-elementer (features). Dette er blant annet bruk av polarimetri og bruk av multitemporale opptak til endringsdeteksjon (multitemporal change detection).

Litteraturliste

- Aggarwal, S. (2003). PRINCIPLES OF REMOTE SENSING. 16 s. Tilgjengelig fra: <http://wamis.org/agm/pubs/agm8/Paper-2.pdf> (lest 13.april 2012).
- Aschehoug og Gyldendals store norske leksikon. Oslo: Kunnskapsforl. Tilgjengelig fra: <http://snl.no/Nikel>.
- Astrium, E. *TerraSAR-X Services - Image Product Guide*. I: Company, E. A. (red.). Tilgjengelig fra: <http://www.astrium-geo.com/en/228-terrasar-x-technical-documents>.
- DigitalGlobe. (2010). *Data Sheet WorldView-2*. Tilgjengelig fra: <http://www.digitalglobe.com/downloads/WorldView2-DS-WV2-Web.pdf>.
- e-Geos. (2010). *COSMO-SkyMed: The first radar constellation for operational applications and services*. I: ASI (red.). Tilgjengelig fra: http://www.e-geos.it/products/pdf/e-GEOS_COSMO-SkyMed.pdf.
- FFI. (2012). *FFIs organisasjon*. Kjeller, Oslo: FFI. Tilgjengelig fra: <http://www.ffi.no/no/Om-ffi/Organisasjon/Sider/FFIs-organisasjon.aspx> (lest 25. april 2012).
- Geoforum.no. (2012). *Forsvarets Militærgeografiske Tjeneste*. Tilgjengelig fra: http://www.geoforum.no/orgOgBedrift/bedrifter/stat/link_fmgt (lest 25. april 2012).
- Harris, R. (1987). *Satellite remote sensing: an introduction*. London: Routledge & Kegan Paul. xix, 220 s.
- Weydahl, D. J. (2001). *Forslag til funksjonsapparat for fremtidig bruk av radarsatellitter i base- og havneovervåkning*. Kjeller: Forsvarets forskningsinstitutt. 28 s.
- Weydahl, D. J. (2009). *Satellite remote sensing using advanced radar instruments - a compendium to the course UNIK4510: FFI*.
- Wikipedia. *TerraSAR-X*. Wikipedia, The free encyclopedia. Tilgjengelig fra: <http://en.wikipedia.org/wiki/TerraSAR-X> (lest 12.april 2012).

Figurliste

Figur 1 Tabellen er hentet fra ekstraksjonsguiden og beskriver hvordan kabeltrekket i en skibakke skal bli tatt med i MGCP sluttproduktet. Dette elementet er mandatory.	12
Figur 2 Forskjellige typer reflekterende overflater (a) Perfekt reflekterende overflate (b) Nær perfekt reflekterende overflate (c) Lambertain (d) Kvasi Lambertain (e) Kompleks reflekterende. Figuren og tekst er hentet fra (Aggarwal 2003).	15
Figur 3 Radarstrålens avstand projiseres ned i SAR-bildeplanet, og fører til forskjellige gråtoner som en funksjon av terrengets helning mot eller vekk fra radaren. Tekst og figur hentet fra (Weydahl 2001).....	18
Figur 4 Radarpulsen tilbakespredning er følsomt for overflatens ruhet. Tilbakespredningen øker i takt med ruheten på overflaten. Eksempel a til c. Figuren er hentet fra (Weydahl 2001)	20
Figur 5 Illustrasjon av speckle fenomenet. a) En enkelt oppløsningscelle inneholder mange spredninger. b) Resultatet av vektorsummen fra «random walk» (amplitude og fase) av spredningen fra en oppløsningscelle. Figur og tekst hentet fra (Weydahl 2009).....	20
Figur 6 Illustrerer plasseringen av de pankromatiske bildene tatt av WorldView 2 og plasseringen av SAR bildene tatt av TerraSAR-X og COSMO-SkyMed.	22
Figur 7 Attributt Tabellen for TerraSAR-X bildet av Nikel. Alle 256 gråtonene er ikke tatt med. Som figuren viser, reduseres antall piksler ettersom fargenyansene går mot hvit.	28
Figur 8 Venstre side er tatt av WorldView-2 (© DigitalGlobe™) og høyre side er et opptak gjort av TerraSAR-X (TSX) (©INFOTERRA). Bildet er fra Sameti. Målestokk 1:1500	30
Figur 9 Venstre side optisk bildet (© DigitalGlobe™) og venstre SAR bildet. Tatt av TSX (© INFOTERRA). Målestokk 1:1500.	31
Figur 10 Utsnittet er fra Skogfoss. Venstreside optisk (© DigitalGlobe™) og høyreside TSX (© INFOTERRA). Nede i SAR bildets høyregjørne er det også et eksempel på kardinal-effekten. Målestokk 1:1500.....	31
Figur 11 Venstreside optiske bildet (WV2 vol. 1) (© DigitalGlobe™) og høyreside er TSX (© INFOTERRA). Målestokk 1 : 15 000.....	32
Figur 12 Bildet tatt av Cosmo-SkyMed (CSK) (© e-Geos) er skarpere enn bildet tatt av TerraSAR-X (TSX) (© INFOTERRA). Og det kommer noen flere detaljer frem i CSK bildet. Målestokk 1:15 000.....	33

Figur 13 Optisk til venstre (© DigitalGlobe™) og SAR til høyre (© INFOTERRA). Målestokk 1:8000	33
Figur 14 Optisk til vensre (© DigitalGlobe™) og SAR til høyre (© e-Geos). Målestokk 1:8000.....	34
Figur 15 De markerte store bygningene. I SAR bildet tatt av CSK (© e-Geos), blir ikke bildene like tydelige som i det optiske (© DigitalGlobe™), men bygningen i sirkel 3 er det en del lyssterke punkter som antageligvis er takstruktur som lufteluker etc. som kommer bedre frem i SAR bildet.	35
Figur 16 En blokk inne i sentrum av Nikel. For å undersøke om bygningene blir større i SAR bildet ble en av blokkene i sentrum valgt for å måle grunnrisset til bygningen. Fra det optiske bildet (© DigitalGlobe™) ble grunnrisset målt til 1518,9 m ² og i SAR bildet ble den samme bygningen målt til 2090,4 m ² . Sannsynligvis er årsaken foldningseffekten og radarskygge. SAR bildet er tatt av CSK (© e-Geos).	36
Figur 17 Optisk (© DigitalGlobe™) og SAR bildet tatt av TSX (© INFOTERRA). Målestokk 1:5000.....	37
Figur 18 Det samme området som bildene i Figur 17. Optisk (© DigitalGlobe™) og SAR bildet tatt av CSK (© e-Geos). Målestokk 1:5000	37
Figur 19 Optisk tatt av WV2 (© DigitalGlobe™) og radarbildet tatt av TSX (©INFOTERRA). Elven er tydelig i begge bildeutsnittene i figuren. Målestokk 1:1500.	38
Figur 20 Gir et inntrykk av hvordan innsjøene og noen av elvene kommer frem i TSX bildet (© INFOTERRA), sammenlignet med det optiske bildet (© DigitalGlobe™). Målestokk 1:20 000.....	39
Figur 21 Viser vannet som ligger oppe i høyrehjørne (nordøst i terrenget) av Figur 20. Elven og vannet kommer godt frem. Legg merke til et lyst objekt langs elven østre side. Målestokk 1:7000. SAR bildet tatt av TSX (© INFOTERRA) og optiske tatt av WV2 (© DigitalGlobe™).....	39
Figur 22. På Figur 22 og Figur 23 vises et område hvor det er forvnetes å kunne identifisere myr. I det optiske (© DigitalGlobe™) utsnittet i figuren kan det sees område med glissen vegetasjon. Målesokk 1:5000. SAR bilde tatt av TSX (© INFOTERRA).....	40
Figur 23 Målestokk 1:5000.	41
Figur 24 I dette området forventes det forekomst av kraftgater. Venstre bilde er CSK (© e-Geos) og høyreside er TSX (© INFOTERRA). Målestokk 1 : 15 000.....	41
Figur 25 Eksempel på et område hvor det er plassert en kraftlinje. SAR bildet er tatt av CSK (© e-Geos) og optisk tatt av WV2 (© DigitalGlobe™). Målestokk 1:4000.....	42

Figur 26 SAR bildet tatt av CSK (© e-Geos) og det optiske tatt av WV2 (© DigitalGlobe™). Målestokk 1:8000.....	42
Figur 27 SAR bildet tatt av TSX (© INFOTERRA) og det optiske tatt av WV2 (© DigitalGlobe™). Målestokk 1:5000.....	43
Figur 28 Optiske bildet av dagbruddet (© DigitalGlobe™). Målestokk 1:5000	44
Figur 29 Dagbrudd, figuren viser hvordan dette kommer frem i CSK(© e-Geos) på venstreside og TSX (© INFOTERRA) på høyre.I figuren komme det frem en del av de geomtriske effektene som kan oppstå ved bruk av mikrobølger. Målestokk 1: 5000.....	44
Figur 30 Fabrikk området i Nikel. Dette er et område som sannsynligvis er inngjerdet. (© DigitalGlobe™). Målestokk 1: 5000.....	45
Figur 31 CSK (© e-Geos) på bildet til venstre og TSX (© INFOTERRA) bildet til høyre i figuren. Rundt fabrikk området kommer gjerdet frem. Målestokk 1:5000.	46
Figur 32 CSK (© e-Geos) på venstreside og TSX (© INFOTERRA) på høyre. Målestokk 1:5000.....	47
Figur 33 Optisk (© DigitalGlobe™) på venstreside og SAR tatt av TSX (© INFOTERRA) på høyreside. Målestokk 1:5000.	47
Figur 34 TerraSAR-X er på figurens venstreside og Cosmo-SkyMed på høyre. Figuren representerer et utsnitt som er lokalisert rundt Nikel. Dette blir gjort for direkte å kunne sammenligne TSX mot CSK. Data provided by (© INFOTERRA) and (© e-Geos).	48
Figur 35 TerraSAR-X er på figurens venstr side og Cosmo-SkyMed på høyre. Denne figuren har en større målestokk enn Figur 34 og er tatt for å undersøke hvordan Nikel kommer frem med denne farge kombinasjonen. Data provided by (© INFOTERRA) and (© e-Geos).	49
Figur 36 TerraSAR-X er på figurens venstre side og COSMO-SkyMed på høyre. Figuren representerer et utsnitt som er lokalisert nordvest for Nikel og har mindre bebyggelse og bygningenes areal er mindre enn sentrum. Her kommer det også frem hvordan ulike størrelser på målestokken gjør at den enkelte piksel kommer bedre frem, men dette gjør også sammenblandingen er blir tydeligere. Dette kan komme av speckle. Dette sees ikke i figurene med mindre målestokk (Figur 34 og Figur 35). Data provided by (© INFOTERRA) and (© e- Geos).	49
Figur 37 Området markert av student 1. (© e-Geos).	50
Figur 38 Området student 2 markerte. (© INFOTERRA).	51
Figur 39 Området student 3 markerte. (© e-Geos).	52
Figur 40 Området student 4 markerte. (© INFOTERRA).	53

Figur 41 Samme utsnitt som Figur 26 SAR bildet tatt av CSK (© e-Geos) og det optiske tatt av WV2 (© DigitalGlobeTM). Målestokk 1:8000.	57
Figur 42 Samme som Figur 27 SAR bildet tatt av TSX (© INFOTERRA) og det optiske tatt av WV2 (© DigitalGlobeTM). Målestokk 1:5000. De gule pilene peker på master som kommer frem i SAR bildet, men er veldig utydelig i det optiske bildet. Data provided by (© DigitalGlobe™) and (© e-Geos).	57
Figur 43 Dette er området nordøst i Nikel. Dette er en figur med målestokk 1:4000 og her kommer det frem hvordan det blir vanskeligere å skille mellom de aktuelle kart-elementene enn i figurene med en lavere målestokk (Jfr. Figur 34 og Figur 35). Data provided by (© e-Geos).	60
Figur 44 Attributt Tabellen for Figur 45.	61
Figur 45 Dette er to bilder tatt av den tyske TerraSAR-X. Det overraskende er at det resultatet blir forskjellig dersom de samme gråtonenyansene blir gitt samme farge. Bildene i figuren har blitt gitt farge for å få best mulig markering av kart-elementene. Data provided by (© INFOTERRA).	62
Figur 46 Området som danner grunnlaget for fasiten som ble sammenlignet med området studentene markerte. (© DigitalGlobe™).	63
Figur 47 Viser markering gjennomført av student 1. Denne markeringen ligger nærmest fasiten. Den grønne linjen markerer hva vedkommende mente måtte være BUA. Dette stemmer meget bra med fasiten, som er markert av den røde linjen.	64
Figur 48 Student 2 markering sammenlignet med fasiten.	65
Figur 49 Student 3 markering sammenlignet med fasit.	66
Figur 50 Student 4 markering sammenlignet med fasit.	67

Tabelliste

Tabell 1 De vanligste båndene innenfor radar fjernanalyse. Figur hentet fra (Harris 1987). ..	17
Tabell 2 Tabellen med tekniske data for TerraSAR-X er hentet fra (Astrium)	23
Tabell 3 Tekniske data for COSMO-SkyMed er hentet fra (e-Geos 2010)	24
Tabell 4 Tekniske data hentet fra (DigitalGlobe 2010).....	25

