

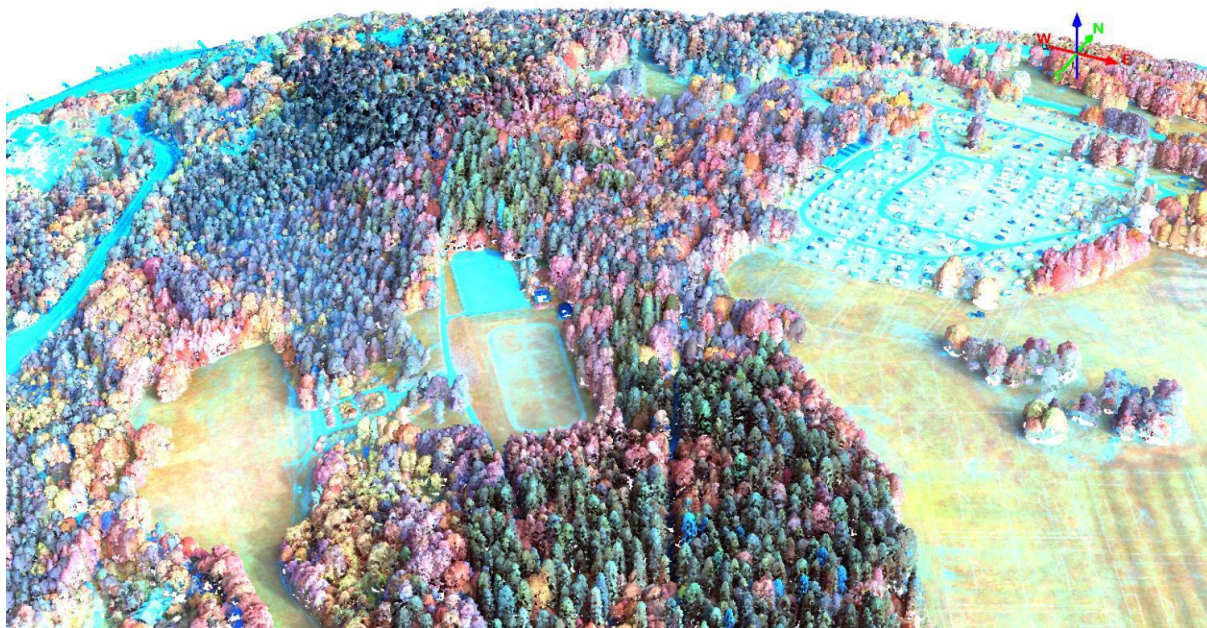


# Prosjektbeskrivelse for *Regionale offentlige prosjekter*: Maskinlæring for automatisk kartlegging av kommunale FKB- og temadata basert på laser- og hyperspektrale data

## DEL 1: Bakgrunn og regional relevans

Norske kommuner bruker store ressurser på detaljert FKB-kartlegging, som nesten uten unntak utføres manuelt i stereoinstrument, i hovedsak i lavkostland. Andre temakart innenfor kommunens ansvarsområde kan være manuelt registrert basert på eldre informasjon og lite fullstendighet. Samtidig kartlegges sentrale områder med laserdata (lidar) i 3D med høy oppløsning, men disse brukes lite til automatisk uttrekk av kartobjekter.

Hvis disse laserdataene kan kombineres med flybårne hyperspektrale data som gir tilstrekkelig informasjon om objektene overflate til at kartobjekter kan genereres og klassifiseres automatisk, har vi tatt første steg mot en mer effektiv og objektiv kartleggingsmetode uten menneskelige feilkilder, og som utnytter moderne teknologi til fulle. Ideen tar konseptet «smarte byer» til sitt ytterste ved at den spektrale signaturen til hvert objekt er karakterisert av overflatens kjemiske sammensetning, slik at en for eksempel kan identifisere hvilken steintype som er brukt i en konkret asfaltblanding, detektere plastavfall og andre avvik i naturen eller identifisere enkelttrær med treslag, høyde, kronediameter og helsetilstand.



Figur 1: Ved å kombinere 3D punktsky fra laserskanning med detaljert spektral informasjon fra hyperspektrale bilder får vi en hyperspektral punktsky som inneholder svært detaljert og presis informasjon. Eksempel fra Ekebergåsen i Oslo, TerraTec 2017.

Bærum kommune har svært mangfoldig geografi, med by, ulike tettheter av bebyggelse, skog, naturvernområder, fjell, elver, våtmark og en viktig kystlinje. Samtidig er det en kommune i sterk vekst og endring, der bærekraft og miljøbevisst utbygging står i fokus. Kommunen innehar allerede høy egenkompetanse på kartlegging og er dermed en ideell pilotkommune for et innovativt FoU-prosjekt med høy forskningsfaktor.

En slik løsning vil gjøre kartleggingen mer objektiv og rimeligere enn hva tilfellet er i dag, og vil være nyttig for alle kommuner i Norge, alle parter i Geovekst-samarbeidet samt allmennheten. Vi ser også at dette vil kunne være av internasjonal interesse.

## DEL 2: Innovasjonen

### 1. Innovasjonsgrad

Alle kommunene i Norge er ansvarlig, sammen med Kartverket, for kartlegging og oppdatering av grunnkartet (FKB) i sin kommune. FKB-dataene inkluderer datasettene vegsituasjon, bygninger, bygningsmessige anlegg, annen naturinfo, arealbruk, ledning-EL (lyktestolper) og ledning-VA (kumlokk), jernbane, lufthavn, kyst og sjø, markslag, traktorvei og sti. Bærum kommune kjører årlig egne kartleggingsprosjekt, og er prosjektleder for disse, da de ikke er en del av Geovekst-samarbeidet som blir koordinert av Kartverket. Bærum kommune bruker omtrent 1 million kroner i året på å kartlegge og ajourholde FKB-datasettene sine, mens på landsbasis brukes 70-90 millioner kroner i året til dette. Denne kartleggingen skjer utelukkende ved bruk av flybilder, og blir sendt til lavkostnadsland for manuelt fotogrammetriarbeid. Dataene som blir levert fra dem preges av systematiske og tilfeldige feil, på grunn av subjektive vurderinger og menneskelige feil av konstruktørene.

Den nye ønskende løsningen vil potensielt gjøre kartleggingen automatisk og maskinell, basert på maskinlæring. En slik løsning vil gjøre kartleggingen mer objektiv og rimeligere enn hva tilfellet er i dag, og vil være nyttig for alle kommuner i Norge, alle parter i Geovekst-samarbeidet samt allmennheten. Vi ser også at dette vil kunne være av internasjonal interesse. Siden metodene for denne løsningen ikke er på plass, vil det være forsvarlig å teste og utvikle løsningen i en enkeltkommune først. En del av prosjektet vil være å etablere en optimal løype for årlig FKB-kartlegging.

Kommune-Norge har i tillegg en del ansvarsoppgaver i forhold til ulike temaer, som gjør at kartlegging er viktig. Eksempler på dette er forebygging og håndtering av flom, bekjempelse av fremmede arter, håndtering av forsøplingssaker kartlegging av sårbare naturtyper og dyrearter. Vi ser at spektrale dataanalyser også kan hjelpe kommunen i automatisk kartlegging av disse tematiske datasettene. Dette vil spare kommunen for mye ressursbruk, da disse i dag kartlegges manuelt ute i felt. Per i dag er disse datasettene svært ufullstendige, og bærer preg av subjektiv tolkning.

Tiltaket vil bidra til:

- nye eller endrede løsninger/tjenester/produkter i form av ny, billigere og bedre produksjonsløype
- nye eller endrede metoder for produksjon av tjenester og produkter

### 2. Verdiskapingspotensial og nytteverdi for offentlig sektor

Automatisering av kartleggingen vil bidra til en effektivisering. Man vil spare tid ved at den manuelle konstruksjonen i lavkostnad, men også Kartverkets og kommunenes kvalitetskontroll i etterkant, vil falle bort. Man vil også spare tid ved at feltarbeid til tematiske kart vil automatiseres.

Et viktig mål for prosjektet er å øke kvaliteten på dataene, og gjøre kartleggingen så objektiv som mulig, men også så komplett som mulig. Dette vil videre gjøre at beslutningsgrunnlaget til politikere og saksbehandlere blir bedre enn hva tilfellet er i dag.

Per i dag er det estimert at 1/3 av den totale kartleggingskostnaden går til kartkonstruksjon i lavkostnadsland. Besparelsen ved en automatisering vil derfor være betydelig på landsbasis.

## DEL 3: Forskning og utvikling

### 3. Forskningsbehovet (fagfeltet og kunnskapsbehovet)

Eksisterende publisert forskning rundt temaet urban kartlegging basert på hyperspektrale data og laserskanning (lidar) bærer preg av å være mulighetsstudier for enkeltapplikasjoner. Det grundigst belyste tema er antakelig klassifisering av enkelttrær og treslag, både i skog og bymiljø, blant annet i TerraTecs eget «hyperBio»-prosjekt gjennomført 2015-2018 med støtte fra NFR (1). I tillegg er det gjort mye forskning på automatisk deteksjon og vektorisering av bygninger fra laserdata (2,3), som vi kan bygge videre på i vårt

arbeid. Det er blant annet også utført studier for klassifisering av ulike typer takmaterialer, inkludert asbest (4), og kartlegging av ugjennomtrengelige overflater i forhold til flomanalyser (5). TerraTec kjenner ikke til forskningsprosjekter som har avledet vektoriserte kartobjekter i 3D fra lidar/hyperspektralt til bruk i praksis som erstatning for manuell fotogrammetrisk kartlegging. Dette vitner om et ambisiøst forskningsprosjekt.

Behovet for videre forskning gjør seg gjeldende på flere plan:

- a) Flybåren datafangst og dataprosessering over store arealer fram til sann geometri og radiometri:  
Det må utvikles robuste metoder som produserer ferdige kalibrerte datasett i et smidig format tilsvarende «standard» kartprodukter, f.eks i kartbladoppdelt mosaikk, mens man samtidig opprettholder den radiometriske og geometriske kvaliteten nødvendig for avanserte forskningsanvendelser. Vi kjenner ikke til forskningsprosjekter som har lyktes å preprosessere data på tilsvarende måte.
- b) Maskinlæring basert på kombinasjon av geometri og spektrometri: Til nå er det utført betydelig mer forskning på satellittdata med grovere oppløsning og færre spektrale bånd enn flybårne hyperspektrale data. Det er uttrykt mangel på «benchmarking» datasett for større urbane areal (6). Norsk Regnesentral var tidlig ute med anvendelse av maskinlæring/deep learning bl.a til klassifisering av treslag i skog basert på laserdata kombinert med hyperspektrale data (referanse), og har dermed bred kompetanse som kan videreføres til urbane arealer og objekter.
- c) Det er utarbeidet spektrale biblioteker basert på laboratoriestudier av ulike materialer (7), som kan nyttiggjøres i bykartlegging. Allikevel kreves det avansert simulering for å «oversette» et laboratoriebilde til flybåren avbildning. For eksempel vil et blad fra et tre i laboratoriet ha et helt annet spektrum enn en hel trekrone med sin struktur og lys/skyggespill sett fra luften, kanskje blandet med spekteret fra bakken under. Å utføre dette forskningsarbeidet for et helt bibliotek av typiske urbane signaturer vil tilføre noe helt nytt i forskningsmiljøet.

#### 4. Mål og delmål

Hovedmålet er å utvikle nye metoder og rutiner for å utvikle automatisk oppdatering av kartene som kommunen er ansvarlig for ved hjelp av laser og hyperspektrale data. Dette inkluderer FKB-data, temadata og andre avledede produkter for beriking av kommunens fagsystemer.

Delmål 1: Koordinering av prosjektet og kvalitetssikring av resultatene

Delmål 2: Optimal datafangst og preprosessering

Delmål 3: Automatisk dataklassifisering og identifisering av objekter basert på maskinlæring

Delmål 4: Oppbygging av bibliotek for fjernmålte spektrale signaturer av materialer i bymiljø

Delmål 5: Sammenstilling av forskningsresultater til automatisk avledede vektorkart og 3D-objekter

#### 5. Forsknings spørsmål, løsningsforslag og metode

##### **Arbeidspakke 1: Ansvarlig: Bærum Kommune, deltakende: alle**

##### Delmål 1 (M1)

##### Forskningsspørsmål 1.1

Hva er mest hensiktsmessig metode for samhandling og dialog mellom så ulike prosjektpartnere?

##### Løsningsforslag/metode 1.1

Løsningen vil ligge i å sette seg inn i arbeidsmetoder, personlighetstyper, kommunikasjonsform og forskningskultur for alle FoU-partnere for å etablere en optimal samarbeidsform for prosjektgjennomføring. Dette er utfordrende da partnerne er fra høyst ulikemiljøer: offentlig etat, kommersiell bedrift, forskningsinstitutt og universitet.

##### Forskningsspørsmål 1.2

Hvordan kan ulike kartleggingsbehov spesifiseres enklest mulig, men samtidig spesifikt nok til å bygge en korresponderende modell for gjenkjenning og maskinlæring? Hvilke parametre må defineres?

##### Løsningsforslag/metode 1.2

Begynne med de objektene/arealene som er enklest å definere entydig (f.eks bygning, veg, vann), og etter hvert som interaksjonen med forskningspartnerne tar form kan man definere gradvis mer komplekse objekter. Kompleksiteten av dette arbeidet er fortsatt ukjent og man har ingen garanti for å lykkes for alle aktuelle kartobjekter, dette er dermed forskning med en betydelig grad av risiko.

#### Forskningsspørsmål 1.3

Hvilke andre kartmiljøer jobber aktivt med FoU, og hvordan kan man utveksle læring og erfaringer med andre underveis i prosjektet?

#### Løsningsforslag/metode 1.3

Tett dialog med Geovekst/Geovekstforum, Oslo kommune, SK Hamar og andre engasjerte kartmiljøer i inn- og utland, evt også konsulentfirmaer og samarbeidspartnere. Det er høyst aktuelt å holde noen seminarer underveis, evt definere en «advisory group» som holdes informert om prosjektets fremgang og gir mulighet for konstruktive innspill utenfra.

### **Arbeidspakke 2: Ansvarlig: TerraTec AS, deltakende: alle**

#### Delmål 2 (M2)

#### Forskningsspørsmål 2.1

Hva er optimal metode for datafangst som kombinerer ulike sensorer?

#### Løsningsforslag/metode 2.1

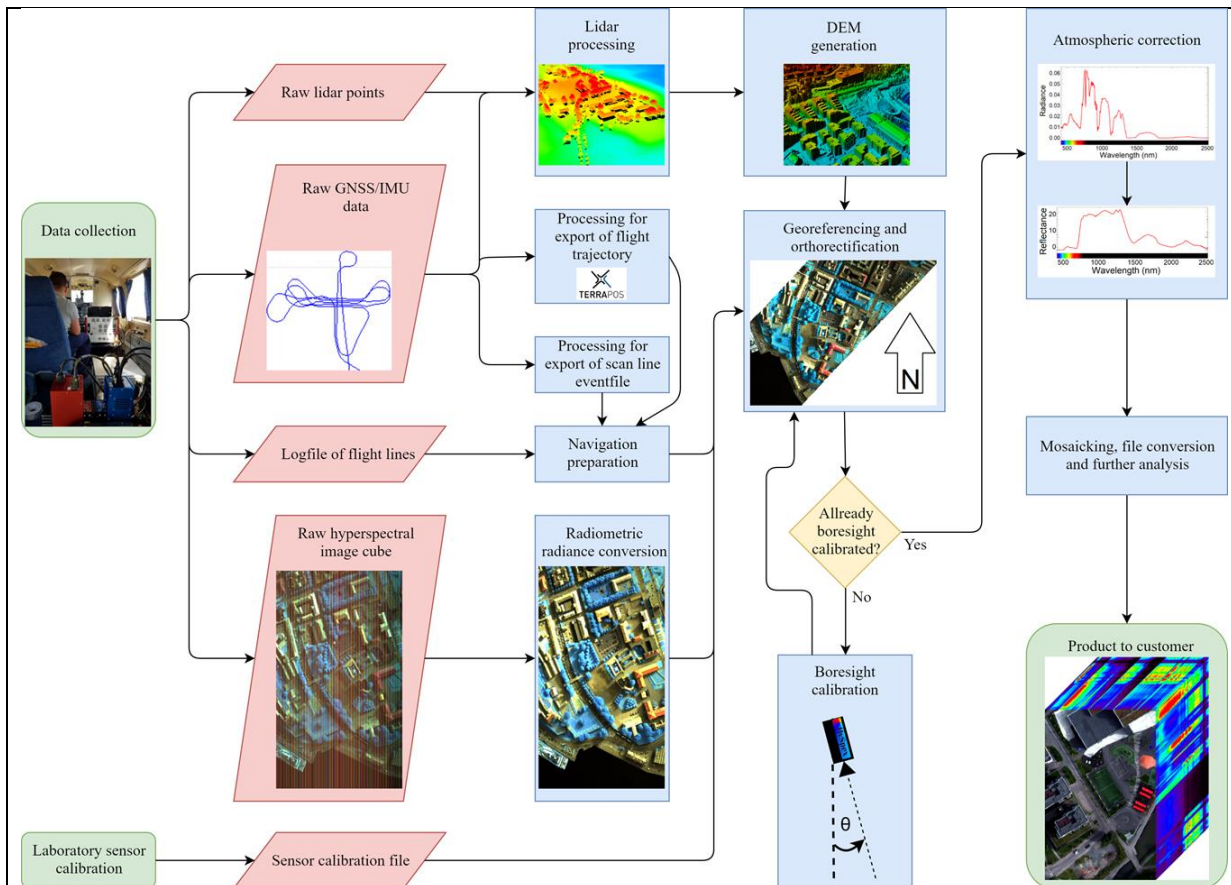
Det er en rekke faktorer som må optimaliseres for å skape det beste grunnlaget for videre analysearbeid. Flyplanlegging med flyhøyde, sensorinnstillinger, flyretning i forhold til solretning og andre detaljer må optimaliseres separat og sammenstilles. Selve installasjonen i fly må optimaliseres og gjøres repeterbar ved montering på en rigid ramme og med høypresisjons GNSS og INS. Mulighetene for ekstra presisjon ved simultanes dataopptak med lidar, VNIR og SWIR sensor montert på samme gyro-stabiliserte bunnplate vil undersøkes. Kalibreringsflygninger vil brukes for å teste og forbedre installasjonen. Arbeidet krever spisskompetanse på flybåren datafangst i tillegg til forskningspersonell som kan beregne ulike faktorerers innvirkning på endelig presisjon.

#### Forskningsspørsmål 2.2

Hvordan kan man forbedre posisjonsnøyaktigheten i bilder fra en hyperspektral pushbroom skanner

#### Løsningsforslag/metode 2.2

Med utgangspunkt i en optimal datafangst vil både VNIR og SWIR bildedata ortorektifiseres til sant ortofoto ved å projisere radiometrisk korrigerede data ned på en høyoppløst og geometrisk presis overflatemodell (DSM) avledet fra lidar. Hver sensors posisjon og rotasjon blir etterprosessert og analysert i avansert navigasjonssoftware. Videre optimaliseres hver flylinje med korreksjonsvinkler der vi ønsker å utvikle nye og enda bedre automatiske metoder i samarbeid med programvareleverandør.



Figur 2: skjema som representerer produksjonsløype for optimalisering i hvert ledd

### Forskningsspørsmål 2.3

Er det mulig å levere hyperspektralt/lidar som et kombinert, sømløst kartprodukt levert i mosaikk og oppdelt i kartblad tilsvarende Geovekst-produkter, og samtidig bevare sann geometri og radiometri i henhold til forskningsstandard?

### Løsningsforslag/metode 2.3

Det første som må adresseres er atmosfærekorreksjon og skyggekorrigerings. I et bymiljø vil slagskygger være strekt begrensende for analyse og klassifisering hvis skyggepikslene må «kasseres». Det er derfor en stor utfordring å analysere alle belyningsforhold og refleksjoner slik at en kan modellere en skyggefri modell for videre analyse. Dette er ikke allment tilgjengelige metoder, men er allerede demonstrert av visse forskningsmiljøer (8,9). Videre må mosaikking og inndeling i kartblad utføres på en slik måte at flere gangers resampling av pikslene ikke er nødvendig, da dette vil forringe radiometri og dermed forskningsmessig verdi. Ulike interpolasjonsmetoder vil være hensiktsmessig basert på videre bruk av data, for eksempel om små objekter skal detekteres, eller om homogene flater skal kartlegges. Effekten av ulike interpolasjonsmetoder vil dermed bli en integrert del av forskningen.

## Arbeidspakke 3, Ansvarlig: Norsk Regnesentral, deltakende: alle

### Delmål 3 (M3)

#### Forskningsspørsmål 3.1

Hvilke maskinlæringsmetoder egner seg best for automatisk vektorisering av objekter og arealer basert på høyoppløselige laserdata?

#### Løsningsforslag/metode 3.1

Fremgangsmåten vil basere seg på en klassifisert punktsky delt inn i bakke og objekter over bakken. Videre vil et cluster av laserpunkter matches mot ulike geometriske objekter og klassifiseres basert på best match. Noen objekter har konstant størrelse og form (f.eks samme type lyktestolpe), mens andre

objekter (veg, vann, bygning, grantre) vil ha gjenkjennelige egenskaper men variabel geometri. Modellene utarbeides for de enkleste objektene først og tilpasses så gradvis mer komplekse objekter.

#### Forskningsspørsmål 3.2

Hvordan kan 3D geometrisk informasjon fra laserdata og spektral informasjon kombineres for automatisk klassifisering av kartleggingsobjekter basert på maskinlæring?

#### Løsningsforslag/metode 3.2

Metoden “deep neural networks” egner seg både for klassifisering og objektgjenkjenning, men fremgangsmåten vil tilpasses formålet. Klassifisering indikerer at alle objekter i det aktuelle landskapet er av interesse og skal med i sluttproduktet. Forholdet mellom de ulike klassene kan variere i høy grad, slik at en eller noen klasser dominerer mens andre er sjeldne, som øker kompleksiteten i forskningsarbeidet. Store klasser kan med hell deles opp i underklasser for bedre balanse i datasettet.

#### Forskningsspørsmål 3.3

Hvordan kan laserdata og spektral informasjon kombineres for deteksjon av enkeltobjekter/anomalier basert på maskinlæring?

#### Løsningsforslag/metode 3.3

Detektering av objekter skiller seg fra klassifisering ved at man ser etter anomalier i landskapet som opptrer sjelden, eller i uforutsigbare intervaller. Det er derfor viktig å beskrive med høy nøyaktighet hva bakgrunnen består i. Som jo i en byscene kan være svært variert. Denne metoden vil egne seg godt for f.eks å detektere plastsøppel i naturen, eller hensatte biler så vel som ønskede objekter slik som kumlokk eller kraftlinjer.

### **Arbeidspakke 4, Ansvarlig: NMBU, deltakende: alle**

#### Delmål 4 (M4)

#### Forskningsspørsmål 4.1

Hvilke materialer er relevante å detektere i bymiljøer og hva er deres individuelle spektrale signatur?

#### Løsningsforslag/metode 2.1

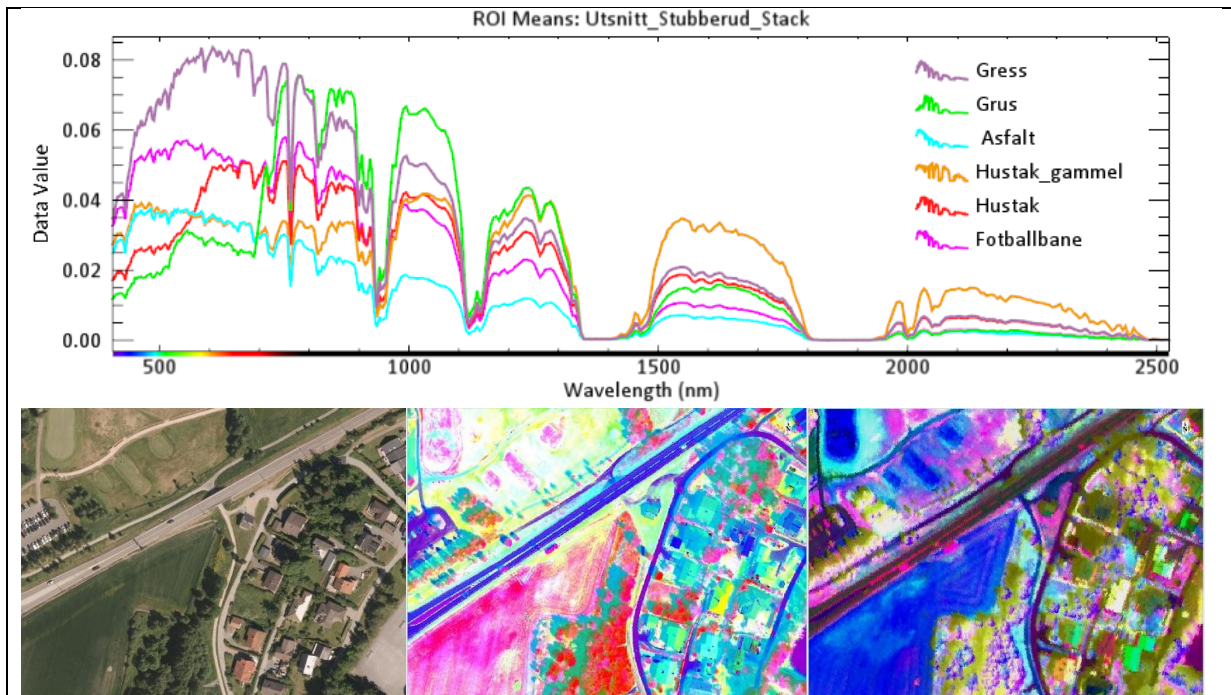
Løsningen vil bestå i å bygge opp bibliotek basert på egen erfaring, tilgjengelig tilsvarende forskning på urban kartlegging og eksisterende data fra spektrometer, drone, flybåren datafangst og satellitt. Det vil bli behov for ytterligere karakterisering av tilkommende materialer i felt og laboratorium, som må utføres med høy presisjon og kunnskap om materialenes fysiske egenskaper.

#### Forskningsspørsmål 4.2

Hvordan vil de samme materialenes spektrale signatur fremstå sett fra luften med fjernmåling, basert på struktur, solvinkel, flyretning og kjente spektrale variasjoner innenfor samme materiale?

#### Løsningsforslag/metode 4.2

Basert på lysets multiple refleksjon og spredning fra ulike objekter må en modellere overflaters struktur, tekstur og spekulær/diffus refleksjon kombinert med empiriske data fra tidligere forskningsprosjekter. Videre må de simulerte modellene sammenliknes med innsamlede faktiske testspektra i prosjektet og optimaliseres iterativt til best mulig modell for hver overflatetype.



Figur 3: Øverst vises spektral signatur (radians) for noen ulike overflater langs Griniveien i Bærum, flydd 2018 med Terratecs HySpex kamera (477 spektrale bånd). Under t.v. et vanlig ortofoto for området, mens spektral informasjon fremhever mange «usynlige» detaljer både i VNIR (400-1000 nm, midten) og SWIR (1000-2400 nm, til høyre)

#### Forskningsspørsmål 4.3

Hvordan kan et bibliotek med forventede spektrale signaturer koples mot reelle kartleggingsobjekter, og hvor mange typer materialer må inkluderes i praksis i et reelt fungerende spektralt bibliotek for automatisert kartlegging?

#### Løsningsforslag/metode 4.3

Biblioteket av spektrale signaturer som er forventet å kunne detekteres må analyseres mot faktiske kartleggingsobjekter, gjennom en iterativ prosess med gradvis tilpasning og optimalisering av biblioteket. Denne aktiviteten må koples tett mot NRs maskinlæringsalgoritmer, slik at kjente fysiske fenomener brukes som input i læringsprosessen. Samtidig må Bærum kommune være tett involvert både i utvelgelse og prioritering av objekter som kartlegges.

### **Arbeidspakke 5, Ansvarlig: Bærum Kommune, deltakende: alle**

#### Delmål 5 (M5)

#### Forskningsspørsmål 5.1

Hvor godt fungerer de utviklede forskningsmetodene i reelle kartleggingsprosjekter?

#### Løsningsforslag/metode 5.1

Her er det essensielt med anvendelse av utviklede metoder i gradvis større, reelle kartprosjekter med økende kompleksitet. Evaluering og analyse underveis med tydelig tilbakemelding mot forskningsmiljøene vil danne retningen for prosjektets videre fokus.

#### Forskningsspørsmål 5.2

Hvordan kan forskningsresultatene implementeres i nye retningslinjer og prosedyrer for fremtidens kartlegging?

#### Løsningsforslag/metode 5.2

For å sette teorien ut i praksis må en igjen begynne med de mest nærliggende løsningene som kartlegges automatisk med stor suksess og liten feilrate. For disse kan det da anbefales nye, konkrete prosedyrer for kartproduksjon før det videre dokumenteres gjennomførbare metoder for gradvis mer komplekse kartleggingsoppgaver.

## Forskningsetikk

Forskningen er ikke ansett av en slik art at den utløser etiske problemstillinger, tvert imot søker den å utløse samfunnsnyttig kunnskap og gjøre den allment tilgjengelig.

## DEL 4: Prosjektorganisering

### 6. Prosjektleder og prosjektgruppe

Prosjektleder: Bærum kommune er stor virksomhet som allerede innehar høy egenkompetanse på kartlegging. Kommunen har også tidligere vært pådriver og partner i fremtidsrettede prosjekter som «Blågrønn Faktor» og er dermed en ideell pilot- og foregangskommune for et innovativt FoU-prosjekt med høy forskningsfaktor. Bærum kommunes Innovasjonsstrategi for 2018 til 2020 definerer spesifikt: «Bærum kommune definerer innovasjon som «nytt – nyttig – nyttiggjort». Det som gjøres skal være nytt (for kommunen), skape positive effekter og settes ut i livet. Organisasjonen har blitt dyktig til å identifisere det nye og hvorvidt det er nyttig på det enkelte tjenestestedet. Kommunen må i tillegg til å ivareta etablert kultur for nyskaping og innovasjon, bli bedre på å ta i bruk nye løsninger, kopiere fra andre både internt og eksternt, samt spre gode løsninger som fungerer.»

Gjennomføringen av dette FoU-prosjektet er derfor i perfekt samsvar med kommunens innovasjonsstrategi.

Prosjektpartner: TerraTec AS er kjent for å være tidlig ute med ny teknologi i markedet, og bruker en betydelig andel av sin omsetning på forsknings- og utviklingsprosjekter, både i driftsavdelingene og i en egen utviklingsavdeling. Samtidig er firmaet erfarne i gjennomføring og levering av store, landsdekkende kartprosjekter med høye krav til kvalitet, og har derfor tette bånd til forskningsmiljøer på den ene siden og Statens Kartverk/ lokale kommuner og kartkontor på den andre. I 2017 gjennomførte TerraTec en test på detaljert bykartlegging i Oslo i samarbeid med Oslo kommune og er sterkt engasjert i å teste teknologien videre i et større prosjekt.

Prosjektpartner: Norsk Regnesentral har tung kompetanse på jordobservasjon, fjernmåling, maskinlæring, objektklassifisering og bildeanalyse, og har tidligere vært en sentral partner i TerraTecs prosjekt «hyperBio» med finansiering fra Norges Forskningsråd, der de utviklet metoder for treslagsklassifisering fra nettopp lidar og hyperspektrale data basert på maskinlæring. Metoden ble presentert på en konferanse for hyperspektral avbildning (WHISPERS) i 2016. Det er interessant å merke seg at to år senere, på WHISPERS 2018, var maskinlæring/deep learning et tema i over 50% av artiklene som ble presentert, så Norsk Regnesentral var en av de tidligste aktørene som demonstrerte dette i praksis.

Prosjektpartner: Fakultet for realfag og teknologi ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet er også sterkt motivert og bringer viktig erfaring som samarbeidspartner i dette forskningsprosjektet. Fakultetet gjennomførte flere masteroppgaver i 2017/2018 med tema urban kartlegging fra lidar/hyperspektrale data basert på testdatasettet over Oslo 2017, og har selv tatt initiativ til videre samarbeid. De innehar egne hyperspektrale instrumenter både for laboratorium og droner, og har tidligere gjennomført prosjekter innen byklima og byplanlegging bl.a i samarbeid med det greske forskningsinstituttet FORTH.

### 7. Aktiviteter i prosjektet

Nr.	Faglig innhold	Kostnad Ind. forskning	Kostnad Eksp. utvikling	Kostnader totalt (1000)
Løsningsforslag 1.1	Etablere en optimal samarbeidsform for prosjektgjennomføring	300	-	300
Løsningsforslag 1.2	Spesifisering av kartleggingsbehov	700	-	700
Løsningsforslag 1.3	Utveksling med andre kartmiljøer	300	-	300
Løsningsforslag 2.1	Optimal datafangst	3000	-	3000
Løsningsforslag 2.2	Geometrisk nøyaktighet	500	-	500
Løsningsforslag 2.3	Sømløst kartprodukt med forskningsstandard	300	-	300
Løsningsforslag 3.1	Automatisk uttrekk av objekt fra laserdata	500	-	500



Løsningsforslag 3.2	Automatisk klassifisering av kartleggingsobjekter	800	-	800
Løsningsforslag 3.3	Automatisk deteksjon av enkeltobjekter	700	-	700
Løsningsforslag 4.1	Kartlegging av materialer i bymiljø	400	-	400
Løsningsforslag 4.2	Modeller for spektra fra flybåren datafangst	600	-	600
Løsningsforslag 4.3	Kopling av bibliotek mot kartleggingsobjekter	600	-	600
Løsningsforslag 5.1	Test i reelle kartleggingsprosjekter	2500	-	2500
Løsningsforslag 5.2	Nye retningslinjer for fremtidens kartlegging	800	-	800
<b>Sum</b>	<b>Hele prosjektet</b>	12000	-	12000

## 8. Fordeling av ansvar for utføring av FoU-oppgaver

Navn på partner	Ansvarlig for løsningsforslag:	Deltar også i løsningsforslag
Bærum kommune	Hele arbeidspakke 1 og 5	2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.3
TerraTec AS	Hele arbeidspakke 2	1.1, 1.2, 3.1, 3.2,3.3, 4.2, 5.1, 5.2
Norsk Regnesentral	Hele arbeidspakke 3	1.1, 1.2, 2.3,4.1, 4.2, 4.3, 5.1, 5.2
NMBU	Hele arbeidspakke 4	1.1, 1.2, 2.3, 3.2, 3.3, 5.1, 5.2

## 9. Kostnader og finansiering per utførende og finansierende partner (i 1000 kroner)

Navn på partner	Totale kostnader til FoU-aktivitetene hos partner (personalkostnader og indirekte kostnader + utstyr + andre driftskostnader)	Egenfinansiering og annen finansiering fra partner (egeninnsats + kontantbidrag)
<b>Bærum Kommune</b>	3000	3000(egeninnsats)
<b>TerraTec AS</b>	5000	2000(egeninnsats) + 1000(kontantbidrag)
<b>Norsk Regnesentral</b>	2000	0
<b>NMBU</b>	2000	0
<b>Søkt RFF</b>	0	6000
<b>Sum</b>	12000	12000

## DEL 5: Realisering av innovasjonen og utnyttelse av resultater

### 10. Plan for realisering av innovasjonen

Prosjektet innebærer en endret produksjonsløype for etablering og oppdatering av grunnkart og tematiske kart. Parallelle planer for å innføre og iverksette innovasjonen behøves derfor ikke. Prosjektet vil i beste fall resultere i forbedrede produkt som kommunene kan anskaffe. Dersom resultatene blir positive er det naturlig at resterende kommuner samt Kartverket vil gå over til å anskaffe produkter som bruker denne løsningen.

TerraTec AS vil kunne tilby nye produkter basert på utviklet metodikk og produksjonsløype og har dermed mulighet til å utvide sitt marked med nye tjenester og produkter både i inn-og utland. Denne realiseringen av innovasjonen er kun mulig gjennom svært nyskapende forskningsarbeid utført i prosjektet.

### 11. Risikoelementer

#### Bærum kommune

Risikoen for forhindring av iverksetting i Bærum kommune vil være minimal så lenge prosjektet er forankret i organisasjonen. På grunn av de store besparelsene prosjektet vil kunne gi kommunen, vil kommunen se på dette som et prioritert prosjekt.

Ansvarlig avdeling for prosjektet har nettopp oppbemannet med tre personer og er robust nok til å sette av tilstrekkelig med ressurser til prosjektet. Kommunen vil kun bidra til prosjektet i form av egeninnsats, som vist i budsjettet. En generell risiko vil være om nøkkelpersoner slutter i sin stilling.

**TerraTec AS:** En risiko for realisering av innovasjonen er at produktet som tilbys blir for kostbart å produsere til å være lønnsomt, på grunn av svært rigorøse krav til nøyaktighet og behov for avansert programvare og betydelig regnekraft. Denne risikoen minimeres ved TerraTecs erfaring i å utvikle

produkter fra ny nisjeteknologi til storskalaproduksjon og stadig effektivisering og optimalisering av alle ledd i produksjonskjeden. (Laserskanning var nytt og ukjent på tidlig 2000-tall, nå har TerraTec kontrakt på laserskanning av hele Norge).

## **DEL 6: Miljøkonsekvenser og kjønn**

### **12. Miljøkonsekvenser**

Vi kan ikke se at dette prosjektet har noen positive eller negative miljøkonsekvenser. Ny produksjonsløype går ikke ut over nåværende bruk av fly for datafangst.

### **13. Rekruttering av kvinner, kjønnsbalanse og kjønnsperspektiv**

Vi anser kjønnsfordelingen i prosjektet til å være balansert, med 4 kvinner av 7 i teamet av nøkkelpersoner.

## **DEL 7: Referanser**

### **14. Referanser**

- (1): Tree species classification in Norway from airborne hyperspectral and airborne laser scanning data, Trier, Aarsten et al, European Journal of Remote Sensing , Volume 51, 2018 - Issue 1
- (2) AUTOMATIC BUILDING EXTRACTION FROM LIDAR DATA COVERING COMPLEX URBAN SCENES, Awrangjeb et al, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-3, 2014
- (3) A building extraction approach for Airborne Laser Scanner data utilizing the Object Based Image Analysis paradigm, Tomljenovic et al, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Volume 52, October 2016, Pages 137-148
- (4) Mapping Asbestos-Cement Roofing with Hyperspectral Remote Sensing over a Large Mountain Region of the Italian Western Alps, Frassy et al, Sensors2014, 14, 15900-15913; doi:10.3390/s140915900
- (5) Mapping urban impervious surfaces from an airborne hyperspectral imagery using the object-oriented classification approach, Aguejdad et al, MATEC Web of Conferences 120, 09003 (2017) DOI: 10.1051/mateconf/20171200, ASCMCES-17, 9003
- (6) Machine learning based hyperspectral image analysis: A survey, Gewali et al, arXiv:1802.08701v1 [cs.CV] 23 Feb 2018
- (7) Derivation of an urban materials spectral library through emittance and reflectance spectroscopy, Kotthaus et al, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 94, August 2014, Pages 194 -212
- (8): Multivariate data modelling for de-shadowing of airborne hyperspectral imaging, Fortuna et al, JSI, Journal of Spectral Imaging 6, ISSN: 2040-4565, a2 (2017)
- (9): Hyperspectral and Lidar Intensity Data Fusion: A Framework for the Rigorous Correction of Illumination, Anisotropic Effects, and Cross Calibration, Brell et al, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 55, no. 5, may 2017