

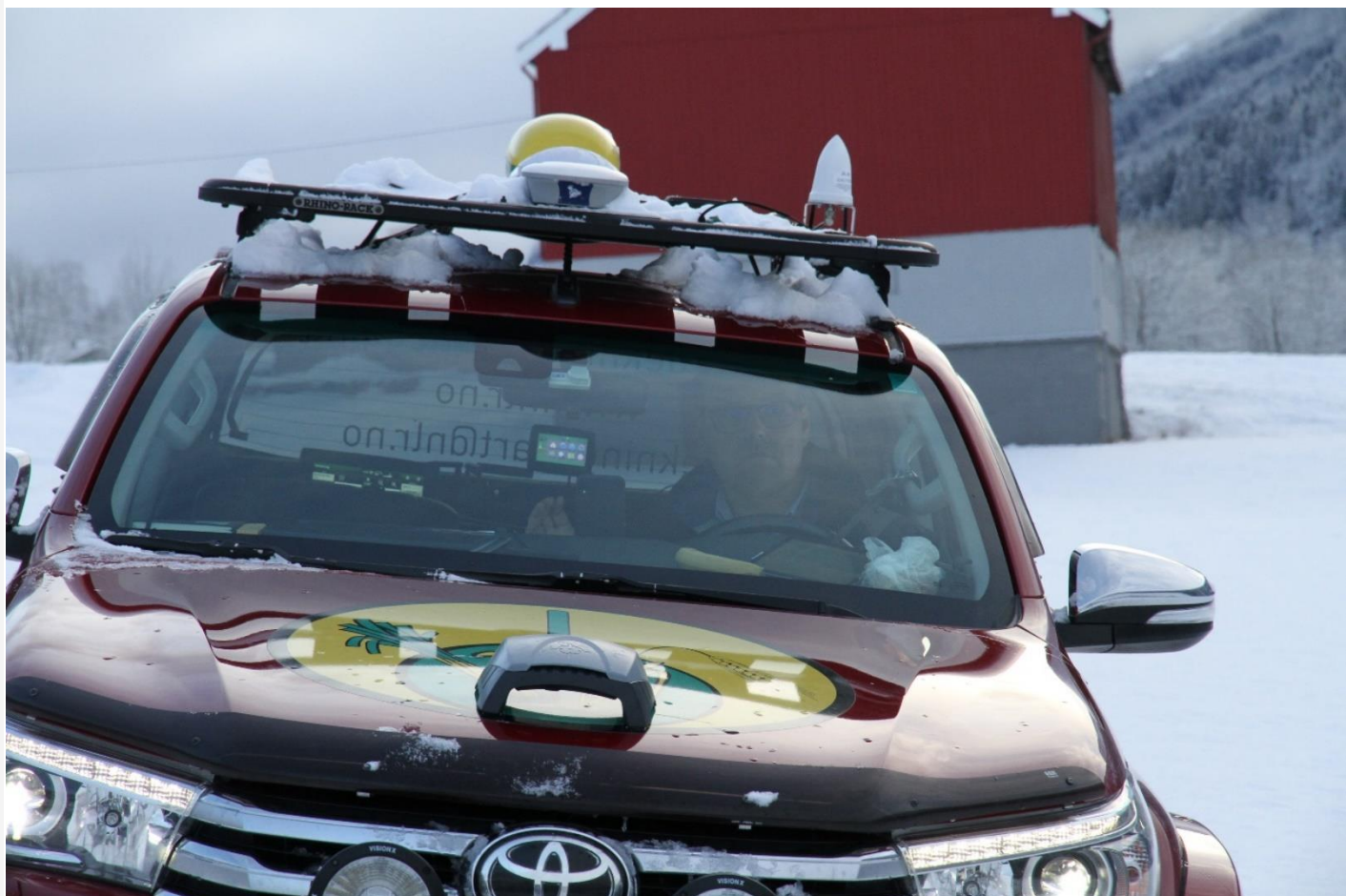
Rapport

Nasjonal kartlegging av dekningsgrad og presisjonsnivå for posisjonsutstyr i landbruket - *NLR dekningskartlegging*

Prosjekt finansiert av Landbruksdirektoratets Klima- og miljøprogram

Norsk Landbruksrådgiving, 30. september 2023

Gunstein Dyrdal, Atle Lende, Jogeir M. Agjeld



**Norsk
Landbruksrådgiving**

Tittel: Nasjonal kartlegging av dekningsgrad og presisjonsnivå for presisjonsutstyr i landbruket

Kort-tittel: NLR dekningskartlegging

Forfattarar: Jogeir M. Agjeld, Gunstein Dyrdal, Atle Lende

Medforfattarar og prosjektmedarbeidarar: Stian Sand Gunnarsen, Truls Olve Terjesønn Hansen, Nere Knutsson Haugå, Per Gunnar Kraggerud, Åsmund Langeland, Rolf Einar Kordal, Fredrik Klaseie, Peder Holm Løvstad, Hans André Tandberg, Hans Jørgen Bjerva, Tor Harald Staddeland, Lars Gunnar Flatvad

Bilete og illustrasjonar: Der anna ikkje er oppgitt, er bileta tekne av forfattarane og kollegaer i NLR, og illustrasjonane er henta frå prosjektet.

Dato: 30. september 2023

Prosjektperiode: Hausten 2020 til årsskiftet 2022/2023

Finansiering: Landbruksdirektoratet/Klima og Miljøprogrammet og Norsk Landbruksrådgiving. Støtte frå utstyrsleverandørane.

Landbruksdirektoratets referanse: 2019/58956

Stikkord: Presisjonslandbruk, dekningskartlegging, GPS, GNSS, posisjonsteknologi, korreksjonssignal, Egnos, dekningsbil, jamming, autostyring, NLR, Galileo

Fagområde: Maskinteknikk. Presisjonslandbruk. Klima og miljø.



Forord

Gjennom eit prosjekt med tilsvarande tittel, starta i 2019, avdekka vi eit behov for å bygge meir kunnskap kring bruken av posisjonsutstyr, og kva signalkvalitetar og presisjon som er tilgjengeleg for norske bønder. Likeins viste ei stor spørjeundersøking som NLR gjennomførte vinteren 2018/2019 at mangel på kunnskap er det største hinderet for norske bønder for å ta i bruk posisjonsteknologi. Dette merka vi oss også i praksis gjennom første periode med dekningsbilprosjektet. Likeins avslørte det første prosjektet eit behov for å komplettere vår eigen kunnskap og våre egne erfaringar kring posisjonsbestemte system.

Ved at vi fekk tilslag på ein ny prosjektperiode, kunne vi bygge vidare på utstyret vi alt hadde tilgjengeleg. Vi har tatt utgangspunkt i ein høveleg bil med ulike posisjonssystem, for deretter å køyre landet rundt for å undersøke signaldekning og for å vekke merksemd og kome i kontakt med bønder.

Konseptet med bilen vart i første prosjektfase utvikla av Gunstein Dyrdal i NLR Vest og Jogeir M. Agjeld i NLR Sentralt. Til denne andre fasen er bilen og utstyret i den vidareutvikla og komplettert, og det same er rådgivingsprosjektet rundt. Ei rekkje av presisjonsrådgivarane har gitt viktige bidrag her.

Undervegs i prosjektperioden er Atle Lende i NLR Rogaland komen inn som prosjektleiar. Økonomikonsulent Yvonne Sundberg, seniorrådgivar Jon Mjærum og fagdirektør Kåre Oskar Larsen i NLR Sentralt, har vore til god støtte.

Dette prosjektet har involvert langt fleire frå NLR enn dei som er nemnde med namn. Takk til alle NLR-tilsette som har bidratt med innspel, tenester, entusiasme og framsnakking av det vi meiner er eit viktig fag!

På turen vår har vi møtt mange bønder. Somme har erfaringar med posisjonsutstyr. Dei har vi lytta til. Andre har hatt behov for kunnskap, om eit fagfelt som enno er veldig ungt, og som enno mange veit ganske lite om. Desse har vi delt kunnskap med. Ei stor takk til alle, både dei som har utfordra oss med spørsmål og dei som har delt av egne røysler!

NLR takkar hjarteleg til alle som har stilt opp og hjulpet oss i prosjektet. Særleg må vi framheve desse leverandørane av posisjonssystem, som har gitt oss utstyr til fri disposisjon eller til rabattert pris, og som også på anna vis har vore til god hjelp:

- Eggen GPS – Olav Eggen
- Dataväxt – Gjermund Tømte, Ole Kristian Sæther
- Felleskjøpet Agri – Even Mangerud m.fl.
- Norwegian Agro – Jan-Roar Nordal m.fl.
- Sprøytegården
og dessutan
- Kartverket – Kristin Skjerven m.fl.

Bilhuset Mongstad ved Rune Vakt skjold har leigd oss ein eigna bil.

Den viktigaste finansieringskjelda vår er Landbruksdirektoratets Klima- og miljøprogram. Prosjektet er gjennomført takka vere denne støtta. NLR har bidratt med eigenfinansiering gjennom reduserte timesatsar, og ganske mange timar som ikkje er godtgjort. Utstyrsleverandørane har stilt utstyr vederlagsfritt til disposisjon. I tillegg har NLR, både sentralt og i regionane, ytt ein solid innsats, både synleg og usynleg i rekneskapen.

Med eit prosjekt som i stor grad byggjer på å reise rundt i landet og å samle folk, har koronapandemien med restriksjonar og påfølgjande skepsis hemma oss på fleire vis. Fleire element

av prosjektet er såleis ikkje gjennomført som først planlagt. Det har vore stort behov for tilpassingar og justeringar undervegs.

Samstundes har vi merka at kunnskapen hos bønder i mange delar av landet har teke store steg undervegs i prosjektperioden. Dels fordi utviklinga går fort, vonleg også dels fordi vi har bidratt til å løfte tematikken gjennom prosjekta våre og den generelle satsinga vår. Dette har også bidratt til noko omprioritering av tidsbruk og satsing i delar av landet.

Undervegs dukka det også opp høve til å vere med på Nkom/Kartverket m.fl. sin jammetest på Andøya, og vi er blitt kontakta om mogelege driftsforstyrningar under høgspennettet. Vi har prioritert å ta desse elementa inn i prosjektet.

Rapporten frå prosjektet i 2019-2020 fekk mange gode tilbakemeldingar på sin pedagogiske og opplysande verdi. I og med at dette nye prosjektet er eit direkte framhald av det førre, og at mykje av det faglege overlappar, har vi tillate oss å bake inn fleire element frå førre rapport der det fell seg naturleg. Dette for at lesaren skal få ein fullverdig innsikt utan å måtte lese begge rapportane. Vi har også vidareført tanken om at bønder, skuleelevar og andre teknikkinteresserte er viktige målgrupper for rapporten, attåt at den skal svare ut krava frå Landbruksdirektoratet som løyvande myndigheit. Difor har vi lagt vekt på ei presentasjonsform som vi håpar kan treffe breitt.



Innholdsliste

Forord	3
Innholdsliste	5
Samandrag.....	7
Summary	9
1. Innleiing	10
Problemstilling.....	10
Innføring i presisjonslandbruksteknologi	12
2. Mål med prosjektet	13
Målgrupper og nytteverdi	14
Tiltak og arbeidsomtale.....	14
3. Materiale, metoder og utstyr	16
Oppbygginga av bilen, konseptet for testinga	16
System for system: Funksjon og ytelser	16
4. Data vi får ut – hva vi kan lese av datastrengen.....	23
5. Dekningsresultater og erfaringer	25
Dekningskart.....	25
Posisjonssignal.....	26
Ukraina-krigen og forstyrrelser på posisjonssignala	26
Ukorrigert/autonomt	26
Egnos	28
RTK.....	29
SF1	29
RangePoint RTX	29
Galileo HAS	30
Dekningseksempel: Stardalen, Sogn og Fjordane	31
Målt og observert repeterbarheit og nøyaktigheit	32
6. Signalhinder, forstyrrelser og signalbortfall	39
Posisjonssignaler	39
Korreksjonssignal.....	39
Landbasert korreksjon.....	39
Satellittbasert korreksjon	40
Andre hinder.....	41
Jammetest, Andøya september 2022	42

Hva skjer ved signalbortfall eller manglende signal	44
Varslingstjeneste for signalbortfall.....	44
Mulige forstyrrelser nær høyspentlinjer	45
Tiltak for å kompensere for manglende signal.....	47
Bøndernes kunnskap om presisjonslandbruk pr. nå	47
7. Bondekontakt, markdager – og korona.....	47
Hvilken kunnskap er det behov for og hvordan nå fram med denne	50
Samarbeid med maskinbransjen og andre kunnskapsaktører	51
Erfaringar bønder med presisjonsutstyr har delt med oss.....	51
8. Medieomtale o.l.	52
9. Samarbeidspartnerar og andre viktige kontaktar	53
10. Vegen vidare.....	54
11. Rekneskap.....	55
12. Utfordringar i gjennomføringa av prosjektet	56
13. Måloppnåing.....	57
14. Konklusjon	59
Kjelder og litteratur	62



Samandrag

Presisjonslandbruk har potensiale til å gi vesentlege agronomiske, miljømessige og økonomiske gevinstar. Presisjonsutstyr må vite eksakt posisjon. Den greiaste løysinga er å bruke satellittbaserte posisjonssignal. For landbruket er ikkje slike signal åleine nøyaktige nok, så dei må kombinerast med korreksjonssignal. To satellittar rett ut frå ekvator distribuerer gratis korreksjonssignal. Meir presise alternativ kan kome via andre satellittar eller via mobilnettet, men som regel til ein kostnad.

Dette prosjektet er eit framhald frå tilsvarande prosjekt gjennomført i 2019-2020. Begge har Landbruksdirektoratets Klima- og miljøprogram som si primære finansieringskjelde. Vi har brukt det same posisjonsutstyret som bøndene kjøper til bruk i sine traktorar og montert dette i ein høveleg bil. Med denne har vi har køyrd landet rundt for å sjekke posisjonssignala, har vi også stoppa for å møte og informere bønder og andre undervegs, og dermed bidra til å heve kunnskapen om presisjonslandbruket.

Til enkel bruk er tilgangen på gratis korreksjonssignal god så sant der ikkje er sikthindrande fjell mot sør. Der det finst slike sikthinder, er det mogeleg å køyre utan korreksjon, så sant mottakaren evnar å kombinere dei tilgjengelege satellittsignalane frå ulike GNSS-system. Kvaliteten på nemde løysingar er frå temmeleg god til akseptabel ved køyring spor mot spor, men ikkje god nok for presise gjentak over tid.

Ved behov for repeterbar posisjonering er RTK-signal frå Kartverket¹ ei svært god løysing, som fungerer alle plassar det er dekning for mobildata. Vi har målt særst god nøyaktigheit med RTK.

Ulike mellomløysingar frå utstyrsleverandørane er også prøvd ut. Desse fungerer godt under dei fleste forhold, med visse atterhald.

Gjennom prosjektet har vi bygd opp mykje erfaring og kunnskap. Vi kan no gi klare svar til bønder om val av utstyr og signal, ut får kor dei held til. Alt utstyret vi har prøvd kan fungere godt når forholda ligg til rette, og det gjer dei stort sett.

Norske bønder har stadig betre kunnskap om presisjonsutstyr, men spennvidda er svært stor. Det er framleis turvande å bygge- og formidle kunnskap om dette i stor breidde.

Som einaste aktør frå landbruket har vi vore med på den såkalla jammetesten på Andøya, i regi av mellom andre Nasjonal kommunikasjonsmyndigheit og Kartverket. Systema vi brukar i landbruket er like utsette for å bli forstyrre av jamming og liknande signalforstyrningar som andre system. Norske bønder erfarer at dette ikkje er noko stort problem.

Vi har fått innspel om at høgspenlinjer kan gi driftsforstyrningar på posisjonsutstyret. Dette har vi sett på saman med mellom andre Lnett og Nkom. Det er ikkje tvil om at bonden meiner å oppleve driftsforstyrningar, men der er ikkje gjort målingar som kan underbygge dette. Såleis er dette eit uavklara tema.

Systema og signalnivåa vi har hatt i bruk har god presisjon spor mot spor, tidvis betre enn det som er lova. Repeterbarheita samsvarer godt med det som blir marknadsført.

Vi har ikkje gjort utrekningar på lønsemda ved bruk av ulike system, då det ikkje har vore tema for dette prosjektet. Lønsemd er eit viktig spørsmål som er vanskeleg å gi eintydige svar på. Vår påstand er at dei enklaste systema er til såpass gagn at dei svarer seg for nesten alle brukargrupper. Derimot er det verre å skissere grensene for når det løner seg med høgare signalkvalitet (RTK eller tilsvarande) og autostyring.

Prosjektet er noko nedskalert i høve til det først omsøkte. Viktigaste årsak er at vi ikkje har klart å finne andre vesentlege finansieringskjelder ut over løyvinga frå Landbruksdirektoratet. Den omsøkte ramma for prosjektet var 7,7 millionar kroner. Tildelt stønad er 2 millionar kroner, under føresetnad av ein minste prosjektkostnad på tre millionar. Ei anna årsak til omprioriteringar er at prosjektet hamna midt inne i koronapandemien, med tilhøyrande langvarige restriksjonar og ein påfølgande skepsis mot å samle seg. De har også vore tekniske årsaker til justeringar undervegs.



Summary

Precision agriculture has the potential to provide significant agronomic, environmental and economic benefits. Precision equipment must know the exact position, and the easiest solution is to use satellite-based positioning signals. For agriculture, however, satellite signals alone are not sufficiently accurate and must be augmented with real-time corrections. Two satellites situated directly above the equator provide a free correction stream. More precise alternatives are offered via other satellites or via the mobile network, usually at a cost.

This project is a continuation of a similar project carried out in 2019-2020. Both were primarily funded by the Norwegian Agriculture Agency's Climate and Environment Program. We have used the same positioning equipment that farmers buy and use on their tractors and mounted this on a suitable car. With this car we have driven around the country to check the positioning signals. Along the way, we have stopped to meet with and inform farmers and others of the project, thereby contributing to the dissemination of precision agriculture knowledge.

For basic use, access to free correction streams will suffice as long as there are no mountains obstructing the view to the south. Where visibility obstacles exist, it is possible to drive without correction signals, as long as the receiver is able to combine the available satellite signals from different GNSS systems. The quality of such solutions range from fairly good to acceptable when driving track by track, but is not of sufficient quality for precise repetition over time.

If there is a need for repeatable positioning, the RTK signal from the Norwegian Mapping Authority (Kartverket) is a very good solution that works wherever there is mobile data coverage. We have measured outstanding accuracy with RTK.

Various intermediate solutions from the equipment suppliers were also tested. These work well under most conditions, with some exceptions.

Through this project, we have built up a lot of expertise and knowledge. We can now give clear answers to farmers about the choice of equipment and signals, based on their location. All the tested equipment can work well when the conditions are right, which they mostly are. Norwegian farmers are becoming increasingly knowledgeable about precision equipment, although it does vary widely. It is still necessary to build and disseminate knowledge broadly.

As the only participant from the agricultural sector, we took part in the so-called "jamming test" on Andøya, under the auspices of, among others, the Norwegian Communications Authority (Nkom) and the Mapping Authority. The systems used in agriculture are just as susceptible to being disturbed by jamming and similar signal disturbances as other civilian systems. The experience of farmers is that this is not a significant issue.

It has been suggested that high-voltage power lines can cause operational disturbances. We have investigated this with, among others, Lnett and Nkom. There is no doubt that the farmer's perception of operational disruption is real, but no formal tests have been able to substantiate this. It is, for now, an unsettled topic.

The systems and signal levels we have tested were precise on a track-by-track basis, sometimes even better than promised. The repeatability matches the marketing.

We have not calculated the profitability of the different systems, as this was not within the scope of this project. Profitability is an important question that is difficult to answer unequivocally. Our assertion is that the basic systems are sufficiently useful to be worth it for almost all user groups. On the other hand, it is hard to set limits for when it pays to invest in better signal quality (RTK or similar) and autosteering.

Compared to the initial application, the project is somewhat scaled down. This is largely due to being unable to secure other significant funding sources beyond the Agriculture Agency's support. The proposed project budget was NOK 7.7 million. Allocated funding was NOK 2 million, subject to a minimum project cost of NOK 3 million. Running the project in the middle of the covid pandemic, with associated long-term restrictions and distancing rules, created a need to somewhat change project priorities. There were also technical reasons for adjustments during the project.

1. Innleiing

Problemstilling

Kva er presisjonslandbruk? Det har iallfall noko med posisjonering å gjere. Skal du nytte teknologi som lar deg gjere rett jobb på rett plass, må du ha utstyr som viser deg kor rett plass er.

Difor har vi i NLR spurd oss: Klarer vi å få nøyaktig nok posisjonering, med same utstyr som bøndene kjøper, kor som helst i heile landbruks-Noreg? Vi utstyrte ein høveleg bil til formålet og reiste ut for å undersøke. Bilen har vore aust i Finmark, til kysten av Sogn og Fjordane, den har vore nær svenskegrensa, og den har vore like ved Lindesnes. Men enda viktigare: Den har køyrd over store, flate åkrar og inn i tronge dalar. Fordi vi har landbruk over alt i dette landet, og alle vil ein eller annan gong no eller i framtida ha nytte av å kunne drive posisjonsbestemt landbruk.

Kvifor er presisjonslandbruk viktig? Vi, og mange med oss, meiner at bruk av presisjonsteknologi kan bidra til å gjere landbruket meir miljøvenleg. Det kan handle om noko så enkelt som å redusere overlappinga når du køyrer gjødsel på jorde med ugrei form. Eller om å innføre faste køyrespor. Då vil ein mykje mindre del av dyrkajorda bli utsett for jordpakking, klimagassutsleppa frå matjorda blir reduserte, energibruken til å drive jorda går ned og avlingane kan aukeⁱⁱ. Eller vi kan sjå for oss noko såpass avansert som lette, autonome robotar som gir plantane nærast individuell behandling.



1 Meir presis gjødsling er lett å få til med presisjonsutstyr. Norske teigar har generelt vanskeleg arrondering og mykje kant. Då blir slikt utstyr fort lønsamt. Foto: Åsmund Langeland

Fellesnemnaren er at presisjonslandbruk handlar om å gjere rett innsats på rett plass.

Der er vi ved kjernen av dette prosjektet: For å få gjort rett innsats på rett plass, må du vite eksakt kor du er, altså treng du tilgang på eit eigna verktøy for å få vite posisjonen din.

Det mest rasjonelle måten å gjere det på, er å bruke posisjonssystem med signal leverte av posisjonssatellittar. GPS er det mest kjente systemet, levert av det amerikanske militæret. Eit samleomgrep, som også omfattar europeiske, russiske og kinesiske system, er GNSS (Global Navigation Satellite System).

Desse posisjonssignala har ein presisjon på «nokre meter» - og somme gongar betre. Like fullt: avviket gjer dei for upresise til å hjelpe oss å styre etter i landbruket. Vi treng korreksjonssignal for å bli presise nok, eller vi treng mottakarar som kombinerer posisjonssignala på slikt vis at vi oppnår ønska presisjon. Korreksjonssignala finst i fleire variantar, frå fleire kjelder. Vi kan motta gratis korreksjonssignal som bli distribuerte frå geostasjonære satellittar. Fordelen her er sjølvstg prisen. Ulempa er at desse satellittane har ei bane som kan gjere dei usynlege om der er store nok hinder mot sør. Ei anna ulempe er at presisjonen ikkje er god nok for alle behov. Dessutan har gratissignalet heile tida er litt avdrift på signalet. Altså vil du ikkje kome attende dit du starta etter nokre timar.

Der finst også satellittbaserte korreksjonssignal som abonnementstenester, med større nøyaktigheit enn gratistenestene tilbyr.

Den mest nøyaktige kjelda til korreksjonssignal er såkalla RTK-signal, genererte av bakkestasjonar. Bakkestasjonane spenner frå enkeltstående private, til eit finmaska landsdekkjande nettverk drifta av Kartverket. Signala blir distribuerte via mobilnettet eller via radiolink.

Det har til no vore lite eksakt kunnskap om dekninga av posisjons- og korreksjonssignal for landbruket. Vi har funne datagenererte kart som viser dekninga av Egnos satellitt distribuert gratis korreksjonssignal. Kartverkets RTK korreksjonssignal skal ha dekning så sant mottakaren har mobildekning.

Der er gjort fleire målingar både av Kartverket og av Norsk Romsenter. Desse målingane er gjerne utførte med avansert måleutstyr. Ofte er andre område enn dei typiske landbruksområda prioriterte ved målingane. Somme av målingane blir gjort stasjonært, andre til dømes i køyrefart for bil. I landbruket treng vi presisjon i området to til 30 cm mens vi køyrer i hastigheiter frå krypefart til omlag 20 km/h.

Vi har utført våre målingar med det utstyret bonden får kjøpt. Dessutan har vi målt mens vi er i fart, i ei hastighet som tilsvarer ei landbruksmaskin i arbeid. Gjennom å bruke hyllevare har vi også blitt kjent med funksjonalitetar og utfordringar likt det bøndene opplever i kvardagen.

Frå førre prosjektrunde stilte vi oss spørsmål om kor god nøyaktigheit vi kan oppnå utan korreksjon. Dette har vi gjort vurderingar på i denne runden.

Med utgangspunkt i prosjektet *Omfanget av, og erfaringa med, presisjonslandbruk i Noregⁱⁱⁱ*, basert på ei spørjeundersøking utført av NLR på oppdrag frå styret for *Forskningsmidler over jordbruksavtalen* vinteren 2018/2019, har vi inntrykk av at mange bønder har til dels mangelfull kunnskap om posisjonssystem i landbruket. Utviklinga innan presisjonsutstyr har vore formidabel i åra som har gått frå 2018/2019 til i dag. No blir eit fleirtal av traktorane som kan leverast med posisjonsutstyr frå fabrikk levert med slikt utstyr, og ettermontert utstyr er blitt vanleg hos mange bønder i nær sagt kvar einaste bygd. Like fullt er det stort behov for påfyll og formidling av kunnskap. Frå grunnleggjande innsikt, til erfaringsutveksling om avansert bruk.

Eit element av dette prosjektet har difor vore å bidra til å heve denne kunnskapen. Det har vi prøvd både gjennom direkte kontakt, til dømes gjennom fagkveldar/markdagar o.l., gjennom oppslag i media og gjennom deltaking på messer og utstillingar. Vi konstaterer også at bilen vi har bygd opp i seg sjølv genererer mykje merksemd, og gjennom det merksemd til faget vi vil promotere.

Ingen «Best i test»

Målet med utprøvinga vår er ikkje å kare noko «best i test»-løysing. Alle leverandørane har system som tek imot ulike typar korreksjonssignal. Vi har ikkje lagt opp til ein test som jamfører mottakarane mot kvarandre. Det er heller ikkje rom for å seie bastant at ein signaltype er signifikant «betre» enn ein annan type korreksjonssignal, då valet av korreksjon må vurderast ut frå eit sett av føresetnader.



2 Alle mottakarane vi har brukt er dei same som bøndene kjøper til traktorane. Difor er våre resultat jamførbare med kva bonden vil oppleve med sitt eige utstyr.

Global satellittposisjonering^{iv}

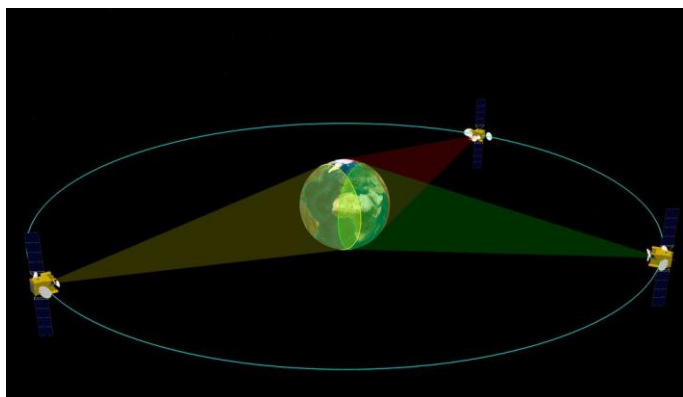
Satellittposisjonering og -navigering krev radiosignal frå satellittar som går i faste baner rundt jorda. I radiosignalet er det informasjon om kor den enkelte satellitten befinn seg, og når signalet blei sendt. På bakken kan mottakaren finne sin eigen posisjon ved å krysspeile posisjon og avstand til fleire satellittar. Radiosignala sendast ut på tre frekvensar, og ein kan få betre nøyaktigheit ved å nytte fleire frekvensar. Eldre mobiltelefonar brukar berre ein frekvens og har difor ein nøyaktigheit på «nokre meter». Nyare utstyr kan gjerne nytte to frekvensar, men framleis må nøyaktigheita reknast i heile meter.

Det finns fleire posisjoneringssystem som samla er kalla GNSS (Global Navigation Satellite System). Det amerikanske GPS systemet (Global Positioning System) er det mest kjente. Galileo er eit europeisk globalt posisjoneringssystem bygd for å nyttast sivilt. Galileo er planlagt ferdig utbygd ei gong etter 2024. BeiDou er eit kinesisk system og GLONASS er russisk. Nyare mottakarar kan bruke signal frå eitt eller fleire av disse systema på same tid og dermed auke presisjonen, føresett at korreksjonen også handterer meir enn eitt GNSS-system.

Korrigerer av signala^v

Forstyringar i satellittposisjonering kjem gjerne frå atmosfære og jordskorpebevegelse. Sjølv med mange satellittar er ikkje nøyaktigheita på eit GNSS-signal betre enn «nokre meter». Ved å samle inn data frå referansestasjonar rundt om i Europa, bereknast eit korreksjonssignal som sendes ut i sanntid som korrigerer dei originale signala som kjem direkte frå satellittane. Nøyaktigheita ved å nytte korreksjonssignala er gjerne oppgjeven i spor-til-spor nøyaktigheit og repeterbarheit. Spor-til-spor nøyaktigheit er oppgjeven med eit tidsvindaug på 15 minutt som utgangspunkt. Repeterbarheit er eit mål for kor mykje spora flytter seg over lengre tid.

Korreksjonssignala kan sendast via satellitt eller mobil/internettoppkopling. Det finnes ulike typar korreksjonssignal, både kommersielle og offentlege. EGNOS (forkorting for European Geostationary Navigation Overlay Service) er det europeiske korreksjonssignalet til GPS-systemet. Signalet er satellittbassert og gratis å bruke. Egnos gir ein spor-til-spor nøyaktigheit på 20-30 centimeter. Desse spora er ikkje repeterbare, det vil seie at sporet kan flytte seg fleire meter innan få timer.



3 Figuren viser korreksjonssatellitter i ekvatorial bane, såkalt geostasjonære satellitter. Kjelde: Norsk Romsenter

Egnos-korreksjonssignalet vert distribuert via to ulike satellittar i geostasjonær ekvatorial bane. Ein tredje satellitt er i kjømda. Den for oss låge bana gjer signala sårbare viss mottakaren har hindringar mot sør. Problemstillinga tiltar såleis di lenger nord i landet vi kjem.

Leverandøren Trimble tilbyr ein serie av eigne korreksjonssignal med namn RTX, via satellitt eller internett, alt etter type signal. Signala er ei betalingsteneste, prisa etter kor nøyaktige dei er. Signalet

vi har testa i prosjektet er RangePoint RTX som kjem frå satellitt. Dette signalet kan korrigere for GNSS-systema GPS, GLONASS, Galileo og BeiDou, og kan difor vere meir nøyaktig enn Egnos.

Real-time kinematic (RTK) er det mest nøyaktige korreksjonssignalet som vert tilbydd kommersielt frå ulike aktørar. Det norske Kartverket tilbyr RTK-signal kalla CPOS, som er ei betalingsteneste med korreksjonsdata i sanntid. Kartverkets CPOS-system består av ei rekke basestasjonar plassert ut over heile Norge, med innbyrdes avstand for det meste på 35 km eller mindre i luftlinje. Korreksjonen sendast over mobil- eller internett, kaldt NTRIP og gjev spor-til-spor nøyaktigheit på 2,5 centimeter. Desse spora flyttar seg ikkje, og dei er repeterbare over fleire år. Skal du finne ein posisjon som du vil finne att seinare, til dømes ved innmåling av grøfter, grenser eller om du vil drive jorda med faste køyrespor, er RTK-signal rekna som naudsynt. Det er også mogeleg å etablere RTK-korreksjon ved hjelp av enkeltstående antenner, kor som helst. Antenna kan distribuere korreksjonen sin via radiosignal eller mobilnettet.

I tillegg til desse, tilbyr private aktørar produkt med ulik grad og kombinasjon av spor-til-spor nøyaktigheit og repeterbarheit.

Type	Nøyaktigheit	Ca pris pr. år	Opplåsing	Repeterbarheit
Egnos	20-30 cm	Gratis	Ingen	Spor til spor
Satellitt nivå 1	10-15 cm	0 til 3000	Ingen	Spor til spor
Satellitt nivå 2	Rundt 5 cm	8000 til 16 000	20 000	Spor til spor, somme årleg
RTK	2,5 cm	0 til 50000	30 000 -50 000	Uendeleg

Tabellen viser en oversikt over de ulike korreksjonstjenestene, egenskaper ved dem og ca. pris ved abonnering. EGNOS og RTK er jo kjent fra beskrivelsen over. Satellitt nivå 1 kan være Trimble sitt RTX-signal, Satellitt nivå 2 kan være John Deere sitt SF3-signal (eit meir nøyaktig signal enn SF1).

2. Mål med prosjektet

I prosjektsøknaden står dette å lese:

Prosjektet har desse måla, som heng tett saman:

1. Å gi bønder i heile landet klart svar på korleis dekning og signalkvalitet er hos dei, for å kunne gi råd om kva presisjonsteknologi dei kan ha nytte av.
2. Å avdekke område med utfordrande dekningsforhold, for å leite etter løysingar saman med utstyrsleverandørar og styresmakter.
3. Å spreie kunnskap om posisjonsbestemt presisjonslandbruk, og ufarleggjere teknologien, for å bidra til at fleire tek denne teknologien i bruk.

Som eit resultat av dette forventar vi at Noreg blir ein av nasjonane i verda der presisjonslandbruk er mest utbreidd, også på små og mellomstore bruk, og at dette fører til at det norske landbruket både får eit mildare klimaavtrykk, og at kvar enkelt bonde får styrka eigen økonomi.

Målgrupper og nytteverdi

Prosjektsøknaden har dette oppsettet over målgrupper og nytteverdi:

Målgruppe

Bønder og landbruksentreprenører innan alle produksjonar i alle landsdelar

Norsk Landbruksrådgiving

Leverandørane av posisjonseringsutstyr

Styresmaktene, partane i jordbruksoppgjeret

Forskingsmiljø

Folk flest

Nytteverdi

Med kunnskap om dekningsgrad og nøyaktigheit vil terskelen for å investere i presisjonsutstyr bli monaleg senka. Bruk av meir presisjonsutstyr vil gi ein meir treffsikker agronomi, lågare ressursbruk og mindre klimaavtrykk, samstundes som avlingskvalitet og -nivå kan haldast oppe eller aukast.

Heva kompetanse om dekningsgrad og nøyaktigheit vil gi betre rådgiving, og rådgivarane kan stimulere bønder og landbruksentreprenører til å ta steget over til det neste nivået av landbruksmekanisering. Betre nivå på rådgivinga gir medlemmene våre ein økonomisk og miljømessig gevinst..

Kunnskap om dekningsgrad og nøyaktigheit vil rettlege leverandørane til å ta fram utstyr som høver for norske forhold, og sette inn naudsynte tiltak der dekning eller nøyaktigheit ikkje er god nok.

For å bidra til å løfte landbruket inn i framtida, er det viktig å vite kor prioriteringane skal settast inn. Det å bidra til betre dekningsgrad og presisjon vil vere vesentleg for å sikre framtidig norsk landbruksproduksjon.

Funna våre vil vere til nytte for å vurdere kva det er viktig å forske vidare på av systemløyisingar, og om der er behov for å sjå nærare på alternativt korreksjonsutstyr.

Landbruket er i ferd med å ta i bruk ny teknologi som gjer oss enda meir miljøvenlege, og landbruket fortener å bli vist fram som ei høgteknologisk næring. Det vil vi vise fram.

Tiltak og arbeidsomtale

Prosjektsøknaden skisserer at dette er tiltak som er planlagt utført:

Ut frå arbeidet som er utført dette første året, ser vi tydeleg at det er behov for å ta prosjektet vidare.

1. Noreg er eit stort land, med spreidd landbruksdrift. Det tek tid å kome seg til alle plassar der vi bør kartlegge. Når årets grovkartlegging er gjort, er likevel veldig mykje att. Vi stipulerer at vi treng køyre drygt 30 000 km kvart år i eit eller to år til for å få eit greitt resultat.

2. Den europeiske romfartsorganisasjonen ESA er i ferd med å etablere eit sivilt europeisk alternativ, Gallileo, til det militære amerikanske GPS-systemet. Det europeiske systemet vil distribuere sine satellittbaserte korreksjonssignal på ein annan måte enn GPS. Utstyr for å handtere korreksjonssignala for Gallileo er venta å kome mot slutten av treårsperioden, og vil kunne vere vesentlege for å finne løyisingar i problemområda. Dette vil føre til behov for ein ny tur landet rundt, både for å demonstrere den nye teknologien, og for å sjekke om dekninga i tidlegare avdekka problemområde lar seg løyse med det europeiske systemet.

3. Til no i prosjektet har vi manuelt overført posisjonsregistreringane til kart. Av di førre søknad ikkje vart fullt ut innvilga, er teknologi for kartoverføring av postane vi har teke bort for å kome i mål med økonomien. Dette hemmar oss ein del, særleg med tanke på rask formidling. Difor har vi eit mål om å

så snart som råd få til ei datahandtering som overfører registreringane våre i sanntid til ei online kartløyising.

4. Faste køyrespor (Controlled Traffic Farming – CTF) er ei løysing som gir vesentleg reduksjon av jordpakkinga. For å få til dette, må posisjonssignala vere slik at du kjem attende på same plassen kvart år. Det å kontrollere repeterbarheit for ulike løysingar er eit tema. Dette krev ei vidareutvikling av testriggen vår, mellom anna med ettermontering av autostyring, og teknologi som verifiserer repeterbarheita.

5. Nokre posisjonssystem tilpassa mykje selde traktormerke lar seg ikkje bruke utan at dei er kopla mot eit datanett der posisjonssystemet opplever å kommunisere med ein «traktorhjerne». Dette jobbar vi med å løyse, i samarbeid med leverandørane. Samstundes ser vi at det til demonstrasjonsformål kan vere nyttig med eit såkalla IsoBus leidningsnett. Vi ynskjer difor å rigge dekningsbilen med IsoBus leidningsnett. Dette lar oss demonstrere til dømes prinsippet for seksjonskontrollert gjødselspreiar på ein enkel måte.

6. Vi får spørsmål frå enkeltbønder med tilhald der dekninga kan forventast å vere utfordrande, om vi kan sjekke dekninga spesielt hos dei. Etter vårt syn vil det vere rett og rimeleg å kunne utføre ein slik deknings sjekk mot ein låg eigenandel. Dette er bønder som kan få høge ekstrakostnader for å sikre seg dekning om forholda viser seg vanskelege, samstundes som ein kollega få kilometer unna kan sleppe svært rimeleg unna. Vi meiner det mest rettvis er om vi i ein begrensa periode kan bidra med dekningskontroll mot låg eigenandel hos bønder som har behov for det.

7. Enkelte uavhengige leverandørar er i kjømda med rimeleg RTK-utstyr, som ikkje er utprøvd i nemneverdig grad. Vi ynskjer å teste noko av dette, for å sjå om det kan vere tenelege alternativ der forholda er utfordrande.



4 Med presisjonsutstyr kan bonden, som her, køyre kvart andre drag og med det få mindre køyring på vendeteigen og meir effektiv vending. Foto: Åsmund Langeland

3. Materiale, metoder og utstyr

Oppbygginga av bilen, konseptet for testinga

For å ha en mobil testenheter med tilstrekkelig fleksibilitet, som samtidig kan benyttes i de områdene der bonden trenger posisjonssignaler, har vi tatt utgangspunkt i en bil, type Toyota HiLux Arctic Truck 35. Foruten at denne kan forflytte seg effektivt langs veg, kan den ved behov kjøres på jordet. Store hjul muliggjør kjøring med lavt dekktrykk der det måtte være nødvendig.



5 Terminalene kan enkelt flyttes ut og monteres langs takgrinda på bilen, for visning, undervisning og demonstrasjonsformål.

Gjennom prosjektperioden har bilen hatt et varierende antall presisjonssystemer montert, normalt mellom fem og åtte. Det vil si inntil åtte terminaler med tilhørende GNSS-mottaker.

I første fase hadde vi fire til fem systemer i drift. I denne andre fasen har vi blant annet utvidet med enklere utstyr, samt med et system rigget for å kunne brukes for å styre bilen automatisk utenfor veg.

Dette er utstyr som kan leveres som integrerte løsninger på f.eks. nye traktorer, eller som i vårt tilfelle, for ettermontering. I bilen er det brukt originale ledningsnett som leveres for ettermontering i traktorer eller andre maskiner som ikke er forberedt for

montering av slikt utstyr. Bakenfor framsetene har vi bygd en innredning spesielt tilpasset denne bilen og dette formålet. Innredningen gir en god løsning for montering av skjermer ved kjøring, foruten at vi holder orden på det omfattende ledningsnett. Langs bakveggen i kabinen har vi montert terminalene fra de ulike posisjonssystemene.

I fase to av prosjektet monterte vi autostyring på bilen. Autostyringa har tre hensikter:

- 1) gjøre det mulig å utføre presise målinger av nøyaktighet
- 2) demonstrere autostyring og posisjonssignaler for bønder
- 3) bygge erfaring med autostyring under forskjellige forhold

Det er store forskjeller på å montere autostyring i en bil mot en traktor. Bilen har mindre plass og det må lages tilpassinger. Vi valgte et system fra AgLeader, da deres rattmotorløsning var enklest å tilpasse montering i bilen. Vi fikk laget noen spesialdeler slik at vi kunne montere den elektriske rattmotoren på rattet, uten at det gikk utover bilens vanlige funksjoner. Det er brukt noe tid på tilpassinger for å optimalisere autostyringsfunksjonen. Målinger viser at presisjonen vi oppnådde var meget god.

Systemet ga oss muligheten til å teste og erfare hvordan autostyring fungerer, og vi fikk tatt nyttige målinger. Bruken av systemet til demonstrasjon for bønder ble begrenset på grunn av korona, der vi ikke kunne/ønsket å være to i bilen.

System for system: Funksjon og ytelser

Her følger en beskrivelse av de enkelte anleggene vi har benyttet i prosjektet.

AgLeader InCommand 800 med AgLeader GPS 7500 GNSS-mottaker

- Størrelse
 - 21 cm
- GNSS systemer
 - GPS
 - GLONASS
- Korreksjonssignal
 - Ukorrigert/Autonomt
 - Egnos
 - Mobil RTK, CPOS fra Kartverket

Dette anlegget ble i bilens andre periode byttet ut med AgLeader InCommand 1200



TeeJet Matrix 430

- Størrelse
 - 13,5 cm
- GNSS systemer
 - GPS
 - GLONASS
- Korreksjonssignal
 - Ukorrigert/Autonomt
 - Egnos



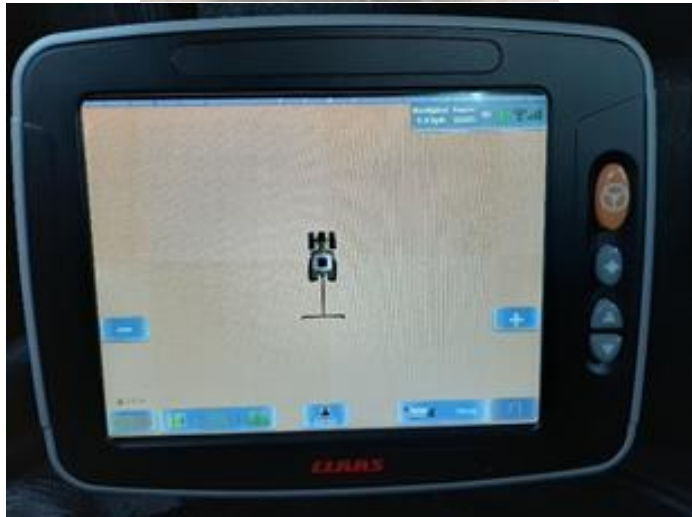
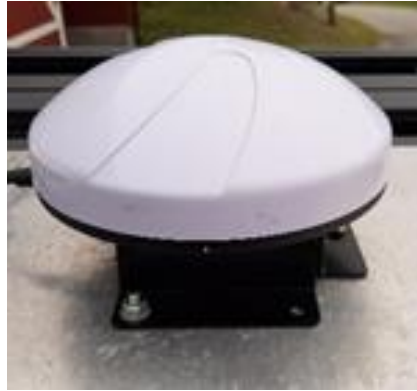
AgLeader InCommand 1200, GPS 7500 mottaker og SteadySteer autostyring

- Størrelse
 - 30 cm
- GNSS systemer
 - GPS
 - GLONASS
- Korreksjonssignal
 - Ukorrigert/Autonomt
 - Egnos
 - Mobil RTK, CPOS fra Kartverket
- Autostyring
 - Elektrisk rattmotor



Claas S10 med GNSS-antenne

- Størrelse
 - 26,4 cm
- GNSS systemer
 - GPS
 - GLONASS
- Korreksjonssignal
 - Ukorrigert/Autonomt
 - Egnos



onTrak

- Størrelse
 - Bruker mobil eller nettbrett som skjerm
- GNSS systemer
 - GPS
 - GLONASS
- Korreksjonssignal
 - Ukorrigert/Autonomt
 - Egnos



John Deere GS4640 med SF6000 GNSS-mottaker

- Størrelse
 - 26,4 cm
- GNSS systemer
 - GPS
 - GLONASS
- Korreksjonssignal
 - Egnos
 - John Deere SF1
 - Mobil RTK, CPOS fra Kartverket, i første del av prosjektet



Samsung A5 med NMEA Tools programvare

For å sammenligne korrigerte posisjonssignal mot ukorrigerte har vi hatt med oss en telefon med en egen app som heter NMEA Tools. Telefonen har antenne for å motta posisjonssignal, men ikke korreksjon. Her kan posisjonen som er logga på telefonen sammenlignes med korrigerte posisjoner i de ulike systemene i det interaktive kartet som er laget. Nyttig for å bli bevisstgjort på betydningen av korreksjonssigna



Trimble CFX750 med Ag 25 GNSS-antenne

Ble byttet ut med Trimble GFX750 i andre del av prosjektet, se neste punkt

- Størrelse
 - 21 cm
- GNSS systemer
 - GPS
 - GLONASS
- Korreksjonssignal
 - Ukorrigert/Autonomt
 - Egnos

Trimble RangePoint RTX



Trimble GFX750 med NAV-900 GNSS-mottaker

- Størrelse
 - 25,6 cm
- GNSS systemer
 - GPS
 - GLONASS
 - Galileo
 - BeiDuo
- Korreksjonssignal
 - Ukorrigert/Autonomt
 - Egnos
 - Trimble RangePoint RTX



Andre systemer

Prosjektet har også benyttet flere versjoner av Apple iPhone uten særskilt programvare, Trimble GFX-350 med NAV-500 antenne og Egnos/autonom korreksjon med mottak for GPS, Glonass, Galileo og BeiDou, samt FieldBee Autosteer System med RTK-korreksjon og egen basestasjon som supplerende utstyr. Dels for å komplettere spennvidden når vi har utført målinger, dels for å høste ytterligere erfaringer. Dette er utstyr som ikke har fulgt bilen.

Tekniske data for utstyret som har fulgt bilen er framstilt i tabellen under. Vær klar over at mange av funksjonene kan være tilvalg, tjenester som krever opplåsing e.l., og spesifikasjonene kan endre seg. Sjekk derfor nøye hva som er mulig i kjøpsøyeblikket, og hva som er inkludert og ikke.

Produsent	Trimble	Claas	Trimble	John Deere	Ag Leader
Antenne	Ag25	A50	NAV-900	StarFire 6000	GPS7500
Korreksjonssignal					
Egnos	x	x	x	x	x
RTX-15	o		x		
Omnistar XP&G2	o		o		
RTX-4	o		x		
JD SF1				x	
JD SF3				o	
RTK	o	o	o	x	x
Satellittyper					
GPS	x	x	x	x	x
Galileo			x		x
Glonass	x	x	x	x	x
Terreng-kompensering	Innebygd i autostyring		Innebygd i autostyring	Ja (3-dimensjonalt)	Innebygd i autostyring
Terminal	CFX750	C10	GFX750	GS4640	InCommand 1200
Størrelse (tommer)	8	10,4	8	10,4	8,4
Betjening	Berøring	Berøring/ Knapper	Berøring	Berøring	Berøring
ISOBUS	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja
Delkontroll for redskap	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Autostyrings-funksjonalitet	Ja	Ja	ja	Ja	Ja
Innganger for overvåkings-kamera	Ja	Ja	Ja	2 stk	Ja
Mulighet for overføring av data	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja (USB og Wi-Fi)
Leverandør	DataVäxt	Norwegian Agro	DataVäxt	Felleskjøpet	Eggen GPS
x=std - o=opsjon				Kilde: Norsk Landbruk nøkkeldata	

4. Data vi får ut – hva vi kan lese av datastrengen

Når en antenne er i funksjon, vil den hvert sekund generere et datasett med en gitt serie informasjon. I normal drift merker vi ikke noe til dette, da datastrengen i terminalen blir omsatt til et skjermbilde og «forståelige» meldinger. Vi har koplet antennene til en datamaskin som kan logge de ubehandlede datastrengene som mates ut, ved hjelp av egnet programvare.

Slike datastrenger finnes i ulike formater, såkalte NMEA-strenger. I dette prosjektet har vi logget GGA-strengen som inneholder opplysninger om geografisk posisjon og signalkvalitet. Antennene mater også ut andre NMEA-strenger, men disse er ikke relevante for dette prosjektet.

Følgende er et eksempel på en NMEA GGA-datastreng som er logget i prosjektet:

```
$GPGGA,104623.00,6055.16562787,N,00922.82937014,E,4,19,0.7,326.343,M,41.114,M,6.0,0042*4B
```

I tabellen under er sammenhenger mellom feltkoder og plassering i strengen slik:

Felt	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Streng	\$	G	P	G	G	A	,	1	0	4	6	2	3	.	0	0

GGA- strengen inneholder følgende informasjon^{vi}

Felt	Forklaring
0	Message ID \$GPGGA
1	UTC of position fix
2	Latitude
3	Direction of latitude: N: North S: South
4	Longitude
5	Direction of longitude: E: East W: West
6	GPS Quality indicator: 0: Fix not valid 1: GPS fix 2: Differential GPS fix, OmniSTAR VBS 4: Real-Time Kinematic, fixed integers 5: Real-Time Kinematic, float integers, OmniSTAR XP/HP or Location RTK
7	Number of SVs in use, range from 00 through to 24+
8	HDOP
9	Orthometric height (MSL reference)
10	M: unit of measure for orthometric height is meters
11	Geoid separation
12	M: geoid separation measured in meters

Felt Forklaring

- 13 Age of differential GPS data record, Type 1 or Type 9. Null field when DGPS is not used.
- 14 Reference station ID, range 0000-4095. A null field when any reference station ID is selected and no corrections are received¹.
- 15 The checksum data, always begins with *

Bare en del av feltene i NMEA-strengen har vært relevant å bruke. Felt 2-5 angir posisjonen etter korrigering. Felt 6 GPS kvalitet, som angir hvilken type korreksjon som er benyttet for posisjonen. Dette feltet danner grunnlag for kartene. Felt 7 angir antall satellitter som danner grunnlag for posisjonen og kan si noe om kvaliteten på posisjoneringen. Felt 8, HDOP, (Horizontal Dilution of Precision) angir et måltall for nøyaktigheten av posisjonen. Felt 13 angir alderen på korreksjonssignalet.



Terminalene montert på bakveggen i bilen, her under jammetesten på Andøya.

5. Dekningsresultater og erfaringer

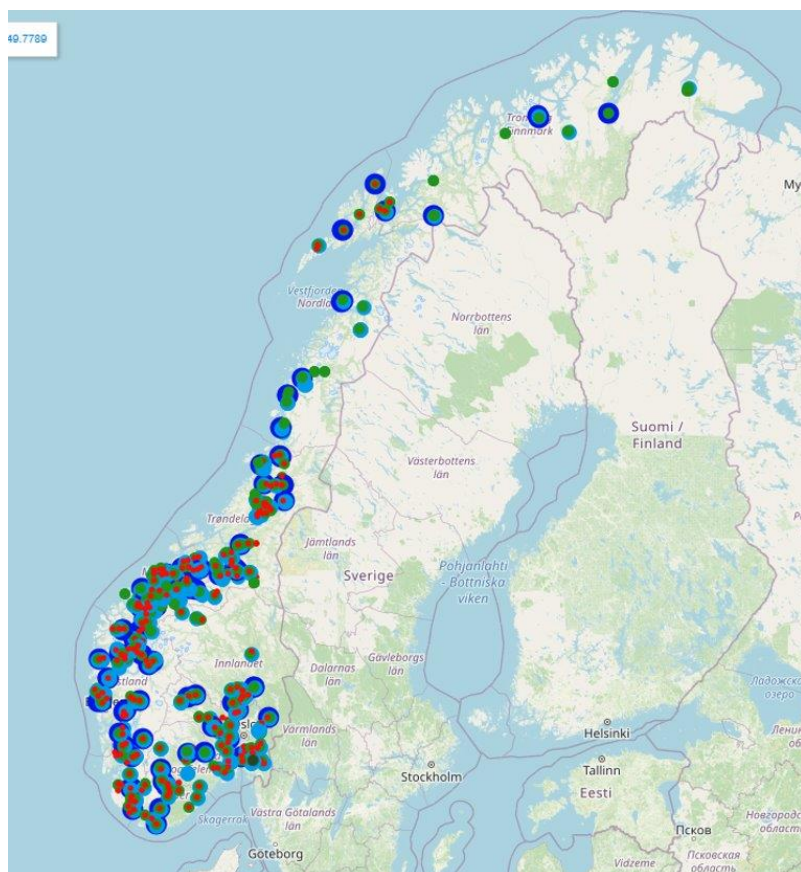
Gjennom prosjektperioden er det gjennomført et stort antall målinger og registreringer, for å supplere datamaterialet fra første fase av prosjektet. I denne runden er det imidlertid lagt større vekt på mer spesifikke problemstillinger, eksempelvis antydninger om presisjonen ved ulike korreksjonsnivåer. Vi har også tatt tak i innspill vi har fått fra bønder og folk i leverandørbransjen, for å sikre at våre vurderinger er relevante i forhold til problemstillingene som oppleves i hverdagen.

Dekningskart

I forrige fase etablerte vi et interaktivt kart som kunne vise dekningsmålingene våre.

Vi hadde planer for en forbedret kartløsning til denne andre runden. Etter grundige vurderinger har vi likevel bestemt oss for ikke å gå videre med noen slik løsning. Årsaken er flerdelt:

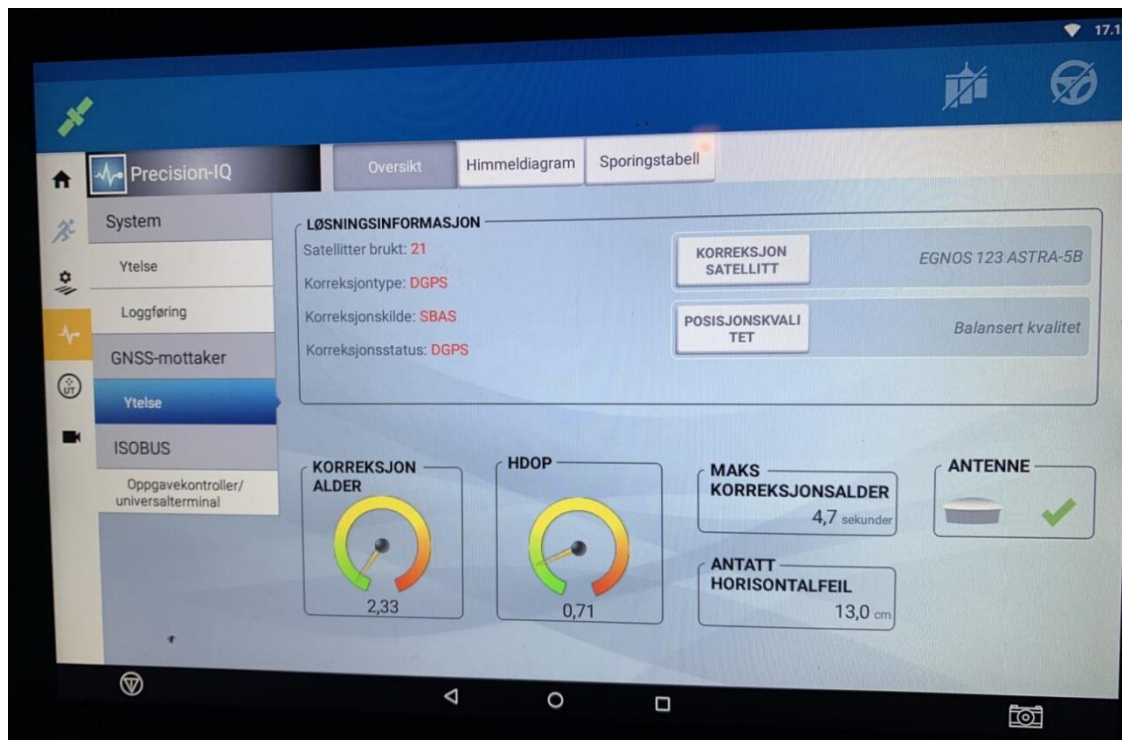
- Kartet vi publiserte etter første fase ble meget lite brukt av eksterne.
- Kartløsningen fra første fase hadde større årlige kostnader enn hva nytteverdien kan forsvare, og arbeidet med vedlikehold og feilretting var temmelig krevende.
- Det sterkt reduserte budsjettet gav lite økonomisk armslag til å videreutvikle et mer brukervennlig system.
- Erfaringene med de ulike systemene og terminalene er såpass tydelige at det er lett å forutse hva som kan fungere hvor.
- Erfaringene med de ulike signaltypene er enklere å kommunisere direkte til bønder som lurer enn å illustrere på et kart.
- For de fleste bønder er ikke et slikt kart relevant, fordi flertallet uansett har god nok dekning.
- For bønder som er i områder der dekninga er dårlig, er det ikke sikkert at vi har kjørt dekningssjekk nettopp der de har si drift. Da må vi uansett vurdere forholdene på det aktuelle bruket opp mot erfaringene vi har, og da er ikke et konkret kart vesentlig å ha i hende.
- Det vesentlige er hvilken presisjon som er mulig å oppnå i forhold til hvilket presisjonsnivå som er ønskelig. Her er det summen av flere faktorer som spiller inn, noe som er vanskelig å illustrere på et kart.



Dekningskartet fra prosjektet 2019-2020.

Til den forrige kartløsningen utarbeidet vi en brukerveiledning på mange sider, noe som viser at det er utfordrende å presentere såpass komplekse datamengder som vi har disponibelt på et kart beregnet for sluttbrukere. Det er også store muligheter for misforståelser, da det ikke nødvendigvis er det testede systemets ytelser som vises, men den tilgjengelige typen posisjonssignaler. Vel og merke med unntak for visse posisjonssystemer som benytter egne signaltyper. All den tid nesten alle systemene vi har hatt i bruk kan ta inn flere nivåer av korreksjonssignaler, er det viktig å presisere nettopp dette. Vår vurdering er derfor at et eventuelt kart, hvis vi hadde hatt økonomisk

handlingsrom til å utarbeide det, uansett måtte følges av omfattende forklaringer og helst personlig støtte under bruk, for å unngå risiko for misforståelser. Derfor går vi heller for direkte dialog med de som ønsker å klargjøre i hvilken grad de har tilstrekkelig dekning.



6 Inne i terminalene kan det hentes informasjon om systemets tilgjengelige ytelse. Dette er slikt som flere av rådgiverne våre nå forstår seg på, og kan bruke som utgangspunkt for å rådggi bønder i hvordan utstyret utnyttes best mulig.

Posisjonssignal

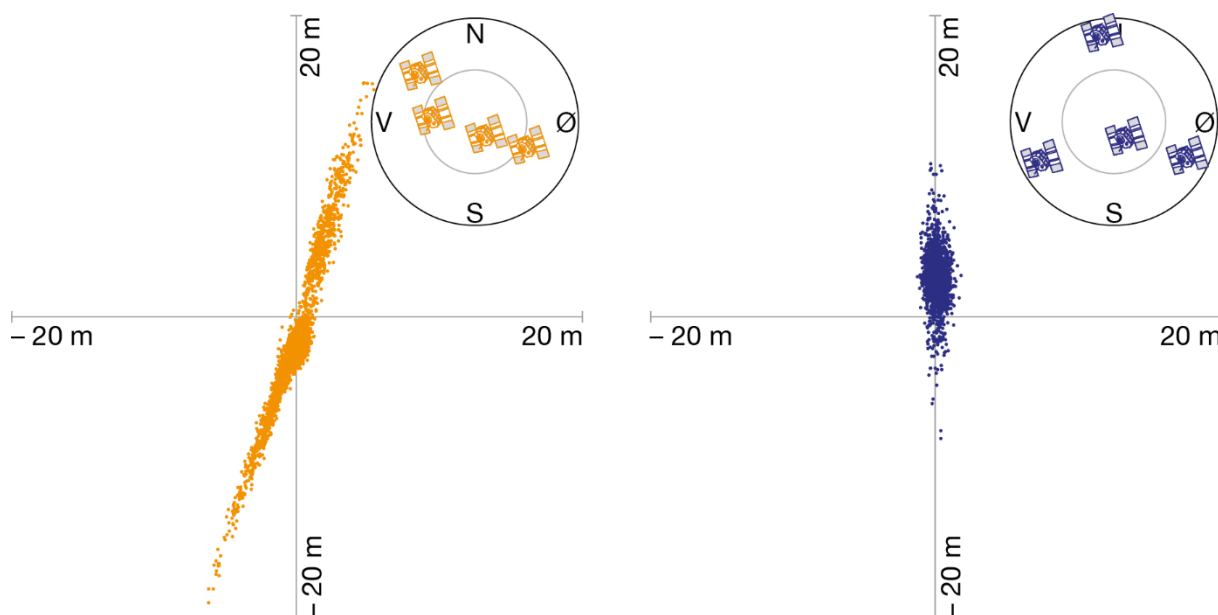
Det grunnleggende signalet fra GPS-satellittene er alltid til stede. Det samme gjelder signaler fra Galileo og Glonass. Normalt har mottakerne et solid antall posisjonssatellitter tilgjengelig. Vi kan derfor slå fast at dagens mottakere har god tilgang til GNSS-signaler, over hele landet.

Ukraina-krigen og forstyringer på posisjonssignala

Vi har fått spørsmål om i kva grad krigen i Ukraina påvirker GNSS-signala, og om til dømes der er feil på dei russiske posisjonssignala. Vi har ingen erfaringar og ingen kunnskap som tilseier at der er feil på nokon av posisjonssignala som følgje av krigen. Det amerikanske fagtidsskriftet C4ISRNET dekkjer mellom anna nettverkssentriske krigføringsteknologiar. Dei melder^{vii} at Russland aktivt driv med jamming og spoofing av GPS-signal. Slike forstyringar har begrensa geografisk utbreiing. Sjølv kringkastinga av Glonass framstår som ikkje påverka av krigføringa. For norske bønder betyr dette at signalkvaliteten vil vere uendra, så sant dei ikkje har tilhald i grenseområda mot Russland.

Ukorrigert/autonomt

I løpet av prosjektperioden har det kommet utstyr på markedet som kan bruke flere eller alle tilgjengelige GNSS-systemer, og hvor disse tydeligvis aktivt brukes til å bedre presisjonen. Trimble GFX750 med NAV900 antenne er et eksempel på det. Den kan til tider finne over 35 tilgjengelige GNSS-satellitter. Går vi noen år tilbake kunne det være utfordrende å komme over fem til seks GPS-satellitter. Denne tilgangen til satellitter gjør at anlegget kan velge de best tilgjengelige satellittene. Idealet er å bruke satellitter som er så spredd som mulig i alle himmelretninger, for å få størst mulig spredning i trianguleringen. Denne gode tilgangen på satellitter, sammen med bedre og bedre programvare, bidrar til høyre nøyaktighet enn i tidligere systemer.

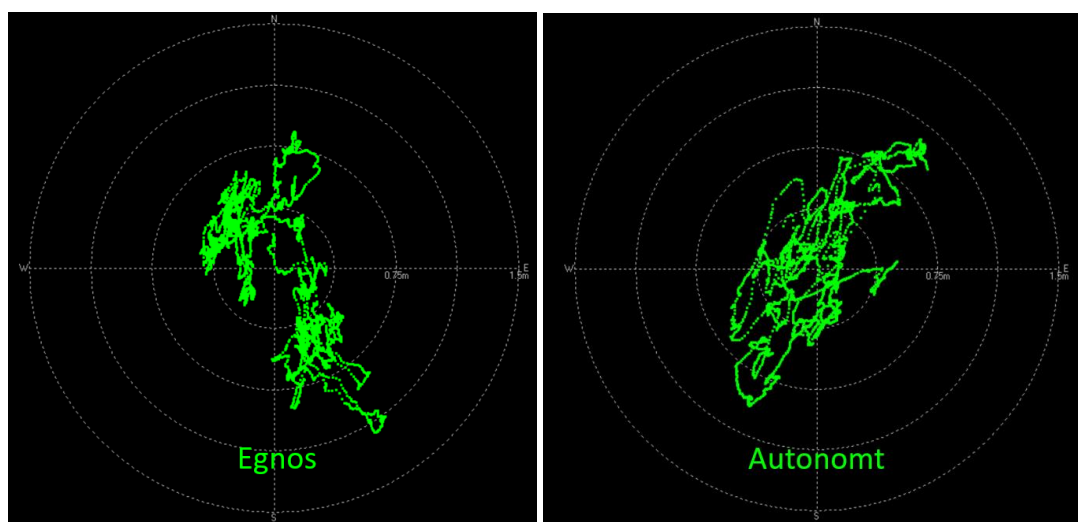


En mottaker som har fri sikt til fire satellitter plassert nær hverandre eller på en rett linje på himmelen, vil få en mindre nøyaktig posisjon (figur til venstre). Fri sikt til satellitter med god spredning over hele himmelen vil gi bedre posisjonsnøyaktighet (figur til høyre).

Illustrasjon og tekst: Norsk Romsenter^{viii}

De fleste av dagens systemer gir brukeren valgmuligheten «autonom», som betyr at det ikke benyttes korreksjon fra eksempelvis Egnos. Der hvor Egnos ikke finnes tilgjengelig, er det aktuelt å bruke «autonom».

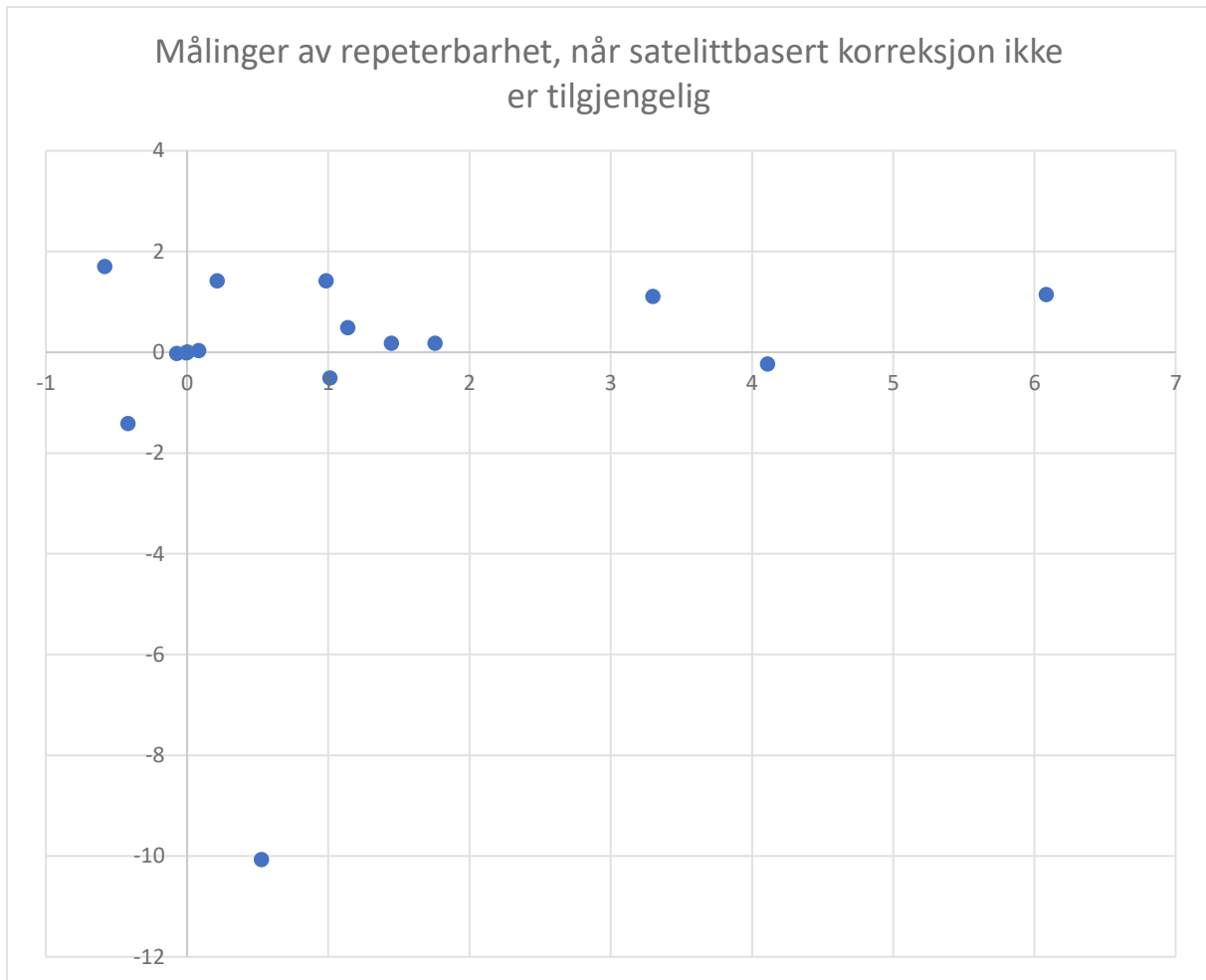
Vi har tatt målinger som sammenligner Egnos med autonomt på det nevnte Trimble anlegget. Begge er logget i en time, på samme sted.



Som figurene viser, så holder Egnos og Autonomt seg innenfor en meters nøyaktighet i løpet av en time. De har noe ulikt mønster, men ikke dramatisk forskjellig.

Dette betyr at også teiger som ligger i skyggen for Egnos-korreksjonen kan håndteres med omtrent samme nøyaktighet. Eller i det minste: Bedre nøyaktighet enn hva du oppnår med øyemål, som er et mye brukt alternativ. Kjøring på autonom innstilling har vi også prøvd ut i praktisk arbeid. Vi konkluderer med at manglende dekning av korreksjonssignaler ikke er til hinder for å investere i posisjonsbestemt utstyr, forutsatt at utstyret kan benytte flere GNSS-systemer.

En utfordring med å kjøre ukorrigert/autonomt er repeterbarhet. Nøyaktigheten kan være god nok til tidsbegrenset arbeid internt på skiftet, fortrinnsvis spor mot spor. Nøyaktigheten er ikke god nok til å komme tilbake etter noen timer eller neste dag, for å kjøre videre etter de samme kjørelinjene, så sant posisjonen ikke resettes.



Her har vi utført fire målinger fra samme sted fire ganger (to ganger pr. dag og to dager). Punktene ved origo er fra anlegget med RTK-korreksjon via Ntrip. Her er det mindre enn 10 cm variasjon. Avviket mellom disse kan like gjerne skyldes unøyaktighet i oppstillinga av bilen som unøyaktigheter i posisjonsmålingene.

De andre prikkene er fra enheter uten korreksjon. Alle disse enhetene viser store variasjoner, helt oppe i 10 meter avvik.

Konklusjonen er at ukorrigerte systemer ikke har en pålitelig repeterbarhet, heller ikke innenfor noen timers tidsintervall.

Egnos

Generelt har vi sett at Egnos-korreksjonssignalet er stabilt. Erfaringer fra prosjektet viser at hindringer mot sør er viktigste kilden til utfall av Egnos-korreksjon. Største hindring vil være fjell som skygger for signaler fra sørlig retning. I praksis vil det derfor i store deler av landet være utfordrende med Egnos-korreksjon for skifter som ligger opp mot fjellfoten. Bratte skrenter og høy vegetasjon har også vist seg å hindre Egnos signalene. Det finnes mulighet for å sende Egnos signalet over NTRIP (mobildata). Dette er ikke vanlig, fordi det krever at du har et modem for å kunne ta imot signalet.

Løsningen vil fort kunne doble prisen på et anlegg, og det er sjelden hensiktsmessig i forhold til signalkvaliteten.

Fjellskygger slår litt ulikt ut for de ulike systemene på grunn av ulik vinkel på de to Egnos-korreksjonssatellittene. Hvilke av satellittene den enkelte mottaker bruker vil derfor være avgjørende for dekning og må undersøkes lokalt.

Breddegrad er ikke et problem, så sant der ikke er andre tilstrekkelig store hinder i tillegg.

Vi har utført målinger nær krysset mellom E69 og E6 (der vegen går videre nordover til Nordkapp), ved om lag 70,5 grader nord. Vi har også registreringer fra Lebesby noe lengre øst og om lag like langt nord, samt målinger fra Tana. Ingen av disse målingene viser problemer for Egnos-signalet.



7 Terminalene har vanligvis undermenyer der du kan se hvilke satellitter som brukes og hvor disse befinner seg. Her er 23 satellitter synlig, og 12 er i bruk. Det bidrar til bedret presisjon.

RTK

RTK-signalene distribueres over mobilnettet via Ntrip. Vi har erfart få problemer med utfall av RTK-signaler. Fravær av mobilnett er viktigste årsak til at RTK-signalet har falt ut. Dette har vi særlig erfart i områder av landet der det er langt mellom fjell og markerte høydedrag, for eksempel i områdene som omtales som *flatbygdene*.

Det viktigste tiltaket for å bedre tilgangen til RTK korreksjonssignaler vil være å ytterligere styrke utbygginga av det norske mobilnettet. En viktig detalj må være å stille krav om arealdekning (for landbruket: arealdekning der det foregår landbruksdrift) i tillegg til dagens krav om befolkningsdekning i konsesjonsvilkårene.

SF1

John Deere sitt SF1-signal distribueres via satellitt. Vi har opplevd få problemer med SF1. Satellittene gir god dekning over det hele landet, så lenge det ikke er skygge fra sør.

En utfordring med John Deere sitt system ved bruk av mobil RTK, er at dette krever at SF1-signalet er tilgjengelig ved oppstart. Dersom traktoren befinner seg i satellittskygge ved oppstart, må du ut av skyggen for å få signalet. Deretter kan du fortsette å bruke systemet, også der du ikke har SF1 tilgjengelig. For de fleste er ikke dette noe problem, men for brukere som har noe avstand til område med SF1-dekning, blir dette tungvint.

RangePoint RTX

Trimble sitt Range Point RTX distribueres med satellitt. Generelt er dekningen på RTX signalet god i store deler av landet, men nord for Saltfjellet virker ikke RTX-signalet å være til stede i de områdene vi har kjørt med bilen. På tur ned sørsiden av Saltfjellet har trolig dette signalet blitt mottatt i en av

skjermene (GFX750). Fra Mo i Rana, videre ut mot kysten av Helgeland har signalet vært til stede i områdene med gode innstrålingsforhold. Dette er lenger nord enn hva Trimble markedsfører.

Galileo HAS

Galileo High Accuracy Service (HAS) er nytt korreksjonssignal som er spesielt interessant for oss i Norge, da de utfordringene vi har sett i dette prosjektet med sikthinder fra sør ikke er et tema. Dette signalet sendes over de vanlige Galileo-satellittene. Disse er godt synlige i Norge. Galileo HAS sendes over en annen og ny frekvens, E6-B, og lover en nøyaktighet på bedre en 20 cm, spor til spor. Det passer godt til landbrukets behov. Vi ønsket å se mer på dette, men i løpet av prosjektperioden ble det ikke tilgjengelig systemer som kunne ta imot dette signalet.

Signaltypen er operativt for almen bruk fra 01.01.23, men var tilgjengelig for testing i 2022. Det monnet lite, i og med at vi ikke fikk tak i utstyr til å teste det med. Flere av leverandørene har bekreftet at programvare kommer, trolig også nye mottakere, slik at vi kan nyttiggjøre oss Galileo HAS i landbruket.

Så snart aktuelt utstyr er i kjømda, er dette noe vi absolutt ønsker å teste nærmere.

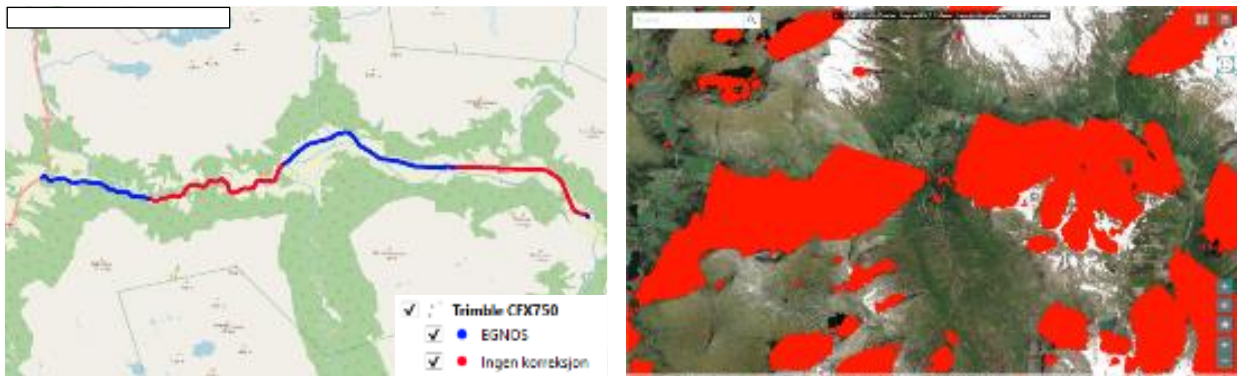


8 Ikke alle områder i Norge er like godt tilrettelagt for fri sikt til ekvatoriale satellitter. Bildet er fra Stardalen – se neste kapittel.

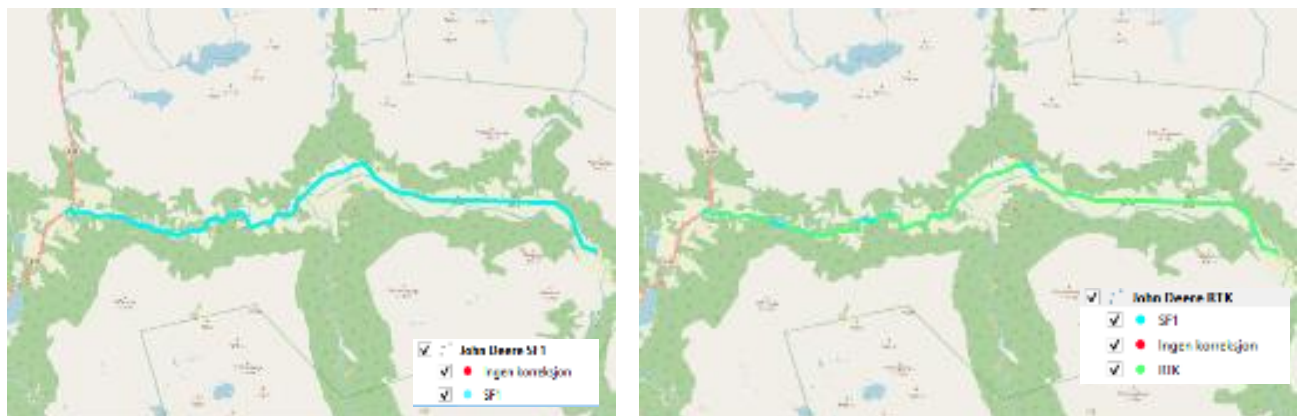
Dekningseksempel: Stardalen, Sogn og Fjordane

I rapporten fra første fase av prosjektet ble dette dekningseksempellet nevnt, for å forklare hvordan ulike korreksjonskilder blir påvirket av krevende topografi. Gjennom den andre fasen av prosjektet erfarer vi at situasjonen stadig er den samme, og tillater oss å løfte fram det samme eksempelet en gang til.

Stardalen er et landbruksområde i tidligere Jølster, nå Sunnfjord kommune. Dalen starter med en trang passasje fra E39. Så åpner landskapet seg, jordbruksarealet brer seg utover, og fjellene mot sør deles av en høyereliggende dal i sørlig retning. Videre innover dalen kommer det et nytt fjell mot sør. Mot øst grenser dalen mot Jostedalsbreen. Den kjørte strekningen på kartet under er ca. 13 km.



Til venstre ser vi kartet, filtrert for hvor Egnos-dekning. Blå farge på punktene angir GPS-kvalitet 2, som betyr at signalet er Egnos-korrigert. Rød farge betyr GPS-kvalitet 1. Det angir at Egnos-signalet ikke er tilgjengelig og posisjonen angis uten korreksjon. Bildet til høyre viser det Europeiske GNSS Agency sitt «Egnos visibility map» som illustrerer områder uten dekning av Egnos-korreksjonssignal (PRN 123 og PRN 136 Satellittene). Bildene viser godt samsvar mellom våre målinger og Egnos' dekningskart.



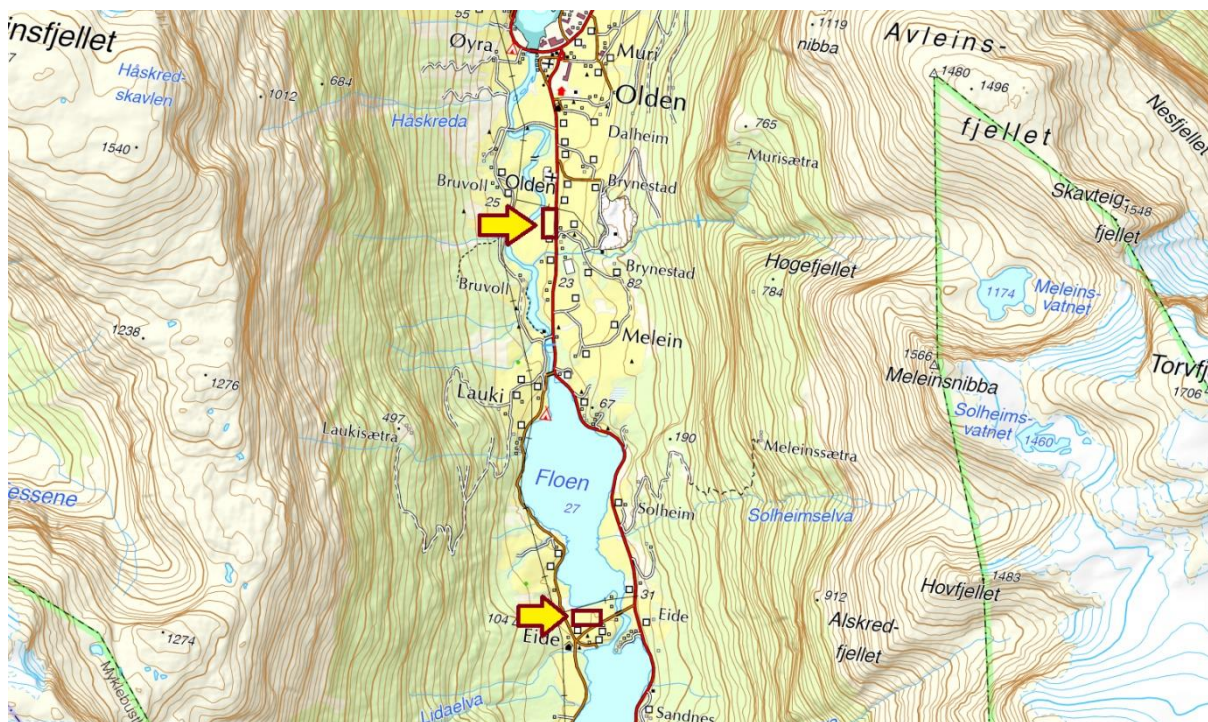
I samme området fra Stardalen viser våre målinger at John Deere sitt SF1-signal har full dekning, jamfør bildet til venstre. Her kommer korreksjonssignalet fra satellitter med en annen og i dette tilfellet mer gunstig vinkel.

Bildet til høyre viser RTK-dekningen med grønne prikker, mens turkise prikker viser SF1 som koples inn der det ikke er RTK-dekning. Her ser vi at RTK-signalet faller ut langs deler av strekningen, noe som skyldes for dårlig mobildekning.

Målt og observert repeterbarheit og nøyaktigheit

Gjennom prosjektet har vi gjort fleire observasjonar av presisjonen på dei ulike systema. Vi har leitt etter gode og praktiske løysingar for å kunne gjere gode målingar. På tidleg vinter dukka det opp ei god løysing: I nærleiken av der vi då var med bilen fekk vi tilgang til to teigar med haustbrakka eng, og eit tynt snødekke. Det snødde mellom dag ein og dag to. Mellom gjentaka same dagen sparka vi snø inn i køyrespora på målepunkta, så vi kunne køyre fleire gjentak og sjå skilnaden frå førre køyring.

Eine teigen høvde for køyrespor nord-sør, mens andre høvde for å køyre aust-vest.



Desse målingane vart gjort i Olden i Nordfjord. Teigane ligg høvesvis på Brynestad (nord-sør) og Eide (aust-vest) i Olden. Dei har moderat helling, dels sidelengs (Brynestad), dels primært mot/medbakke (Eide). Teigane ligg omlag 25 til 30 meter over havet. Dalen er open sju til ti kilometer mot nord og fem til åtte kilometer mot sør. Dalbotnen er kring trekvart kilometer brei utan vesentlege høgdeskilnader. Dalsidene går bratt oppover mot fjell på 12-1500 meters høgde. Øvre del av fjellsidene har omlag tre-fire kilometer mellom seg.

Området for utprøvinga er av dei meir krevjande på grunn av høge fjell og smal mottakssektor både for posisjonssignal og korreksjon. Det gir dårlegare triangulering enn eit opnare område. Det er særleg relevant for dei satellittbaserte løysingane.

Det var viktigare for oss å sjekke kvaliteten på ulike signaltypar enn på produkta. Systema vi valde å bruke viser alle avvik frå A-B-linja i centimeter eller meter, attåt å indikere kva retning avviket er til.

Vi nytta oss av desse korreksjonssignala:

System	AgLeader	John Deere	Trimble 750	TeeJet	Trimble 350
Korreksjon	RTK	SF1	RangePoint	Egnos	Egnos/Autonom

Vi la opp køyringa slik:

Vi la inn fem meters køyreavstand på alle terminalane vi nytta oss av. Køyrefarten var omlag sju kilometer i timen. Ved avlesingar stoppa vi eller reduserte farten vesentleg.

Først etablerte vi eit punkt A, og i god avstand framover eit punkt B, for RTK-systemet. Denne linja vart også fysisk markert med ei stikke. Så kopla vi inn autostyringa på bilen.

Langs neste drag etablerte vi punkt A og punkt B for dei andre systema.

For kvart drag noterte vi drag nummer, tidspunkt, køyreretning, og oppgitt avvik og retning på avvik på alle terminalane. Dette vart gjort omlag midt på draget.

Etter køyringa målte vi fysisk avstanden frå senterpinnen i O-draget til kant på sporet av dekk sida i snøen. Vi hadde perfekt sporsnø og svært presise avtrykk av bildekka, så målingane kunne knapt hatt eit betre utgangspunkt.

På Eide køyrde vi to gjentak same dag, og eit tredje gjentak der vi kopla om autostyringa frå RTK til Egnos. Så køyrde vi to gjentak neste dag. Her la vi A-B-linja i senter av teigen, og køyrde først frå denne mot eine sida, så mot andre sida.

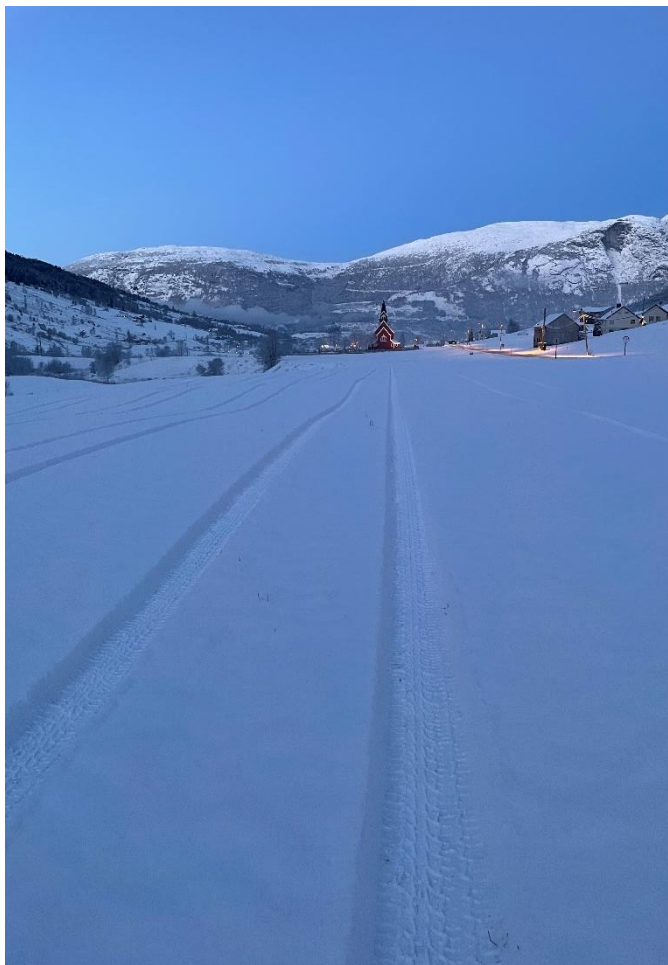
På Brynestad køyrde vi to gjentak begge dagane. Her la vi A-B-linja nær bygdevegen, og køyrde einssidig ut frå denne.

Alle målingane og noteringane vart ikkje gjennomførte på alle repetisjonane av kapasitetsgrunnar.

Feilkjelder og merknader

Det er viktig å merke seg at målingane våre er gjort ute på jordet, på eit underlag som ikkje er verken horisontalt og eller plant. Avviket på dei fysiske målingane med målband kan også skuldast at vi ikkje klarte å måle aldeles i 90 graders vinkel på køyrespora. Med ei teigbreidde på inntil 90 meter kan nokre få grader feil målevinkel gi vesentlege utslag. Fem grader feil vinkel gir to centimeter på 50 meter, mens ti grader feil vinkel gir 10 cm avvik på 50 meter. Det kan også skje at bilen, på grunn av ujamnheiter i underlaget, kom ørlite ut av sporet den skulle vere i, eller at den i måleaugneblinken er i ferd med å korrigere kursen.

Det er også svært viktig å vere klar over at vi her omtaler resultat frå ein lokasjon, der vi ikkje har gjort fleire gjentak over lengre tid. Forsøksteknisk er resultatene våre ikkje sikre nok til å sette to strek under. Dei er heller å rekne som ein illustrasjon, eit augneblikksbilde, av korleis signalkvaliteten var der og då. Om vi har eit resultat som er «2,6 cm» betyr ikkje det at systemet har ei typisk yting på 2,6



9 Vi hadde svært praktisk sporsnø under køyringa i Olden. Men det held ikkje å tru at du siktast beint. Med autostyring og RTK veit du at du får spor som er så beine at du rett og slett kan bli litt religiøs.

cm, men at det i vårt tilfelle var resultatet akkurat då vi køyrde. Om nokon ynskjer å referere til funna våre, er det difor viktig å ta med at dette er å rekne som døme, ikkje som fasit.

Måleresultat RTK og autostyring – repeterbarheit

Her har vi først køyrd ein gong, målt ut kor sporet ligg, og så køyrd ein gong til og målt kor sporet i denne neste køyringa er i høve til den førre køyringa. Dette er viktig om du til dømes har faste køyrespor, eller om du har produksjon i får eller seng, der det sal utførast repeterande arbeid.

Målingane er gjort same plass og har stor nøyaktigheit. Vi har i overkant av 10 målte parallelle spor pr. teig. Endringane som oppstår skuldast repeterbarheit over tid. Vi har både målt repetisjonen med nokre timar i differanse, og med over eit døgn i tidsskilnad.

Utgangspunktet er at vi har ei etablert A-B-linje som vi ber autostyringa finne att og lage parallelle spor til.

Det er ein imponerende presisjon på repetisjonane der det vart køyrd med RTK. Vi hadde fleire spor med ikkje synleg avvik frå eine til andre køyringa, altså avvik på berre nokre millimeter. Største målte avvik frå eine køyringa til neste var sju centimeter. I gjennomsnitt var det på begge teigane mindre enn to centimeter målt avvik mellom gjentaka: Eine teigen har gjennomsnittts-avvik på 1,7 centimeter, mens andre teigen har 1,9 cm.



10 Med RTK og autostyring køyrde vi fleire gjentak etter same A-B-linje. Det skjedde stadig vekk at nøyaktigheita i signal og styring var så god at det var uråd å skilje mellom førre spor og det nye. Her snakkar vi om presisjon som kan målast i millimeter.



Til venstre: Her har vi stilt inn autostyringa til å bruke Egnos-korreksjon, og skal til å køyre. Egnos har akseptabel spor-til-spor-nøyaktigheit, men er ikkje godt nok til å finne attende til same plass. Til høgre har vi difor gitt systemet hjelp og korrigert plasseringa. Den metoden kan nyttast om du vil ha ein traktor utan RTK til å følgje same spor som tidlegare. Pass berre på å etablere eigna korrigeringspunkt på teigen.

Då vi køyrde med Egnos-korreksjon hadde vi fem kvarter tidlegare køyrd opp spora med RTK. Då vi skulle starte denne køyringa, posisjonerte bilen seg drygt ein meter til sides frå senterlinja. Altså hadde Egnossignalet i løpet av 75 minutt flytta seg over ein meter. Difor flyttar vi bilen til korrekt posisjon og tarer A-B-linja. Herifrå startar det bra: På neste spor har bilen eit avvik frå RTK-spolet på to centimeter. Men denne feilen forsterkar seg heile vegen utover, med stadig større avvik. På spor 10 skal senterlinja på bilen vere 5000 centimeter frå null-linja. Det nyss oppkøyrde RTK-spolet hadde ein avstand frå senter på 5004 cm. Med Egnos-korreksjonen er avstanden 5032 cm. Dette betyr eigentleg at Egnos trur at A-B-linja har flytta seg ein tredels meter i løpet av eit kvarters tid. Dette er ikkje noko dårleg resultat, men viss du er avhengig av å ha køyremønster som ikkje flyttar på seg, er ikkje dette tilfredsstillande.

Måleresultat – spor til spor

Her måler vi den innbyrdes avstanden mellom spora ved same køyring. Dette er det som betyr mest i kvardagen, om du køyrer på ope areal. Til dømes med harv eller slåmaskin. Målingane har god nøyaktigheit.

Også ved måling spor mot spor er RTK imponerende presist. Under same køyring var det på ein av teigane i gjennomsnitt 0,4 cm avvik frå spor til spor. Største målte avvik var her fire centimeter frå eine sporet til neste. På ei anna køyring har vi ei køyring med -16 cm feil på frå spor ein til spor to og +13 cm frå spor to til spor tre på målepunktet vårt. Desse verdiane skil seg ut, men viser at systemet fort hentar seg inn att. Gjennomsnittet er uansett knappe 0,6 cm avvik på denne køyringa. På eit av gjentakane på den andre teigen er gjennomsnittsavviket frå spor til spor 1,9 cm, men her er ingen avvik større enn 6 cm, og her er fleire drag med ikkje målbar skilnad frå eine sporet til neste.

Med Egnos-korreksjon til autostyringa aukar gjennomsnittsavviket frå spor til spor til 3,2 cm, med verdiar mellom 2 og 12 cm.

Nok ein gong: RTK er imponerende. Egnos er godt innanfor.

Måleresultat – frå senterlinje

Her måler vi den totale avstanden frå senterlinja til det aktuelle sporet. Måleverdiane seier noko om kor stor akkumulert feil systema gir. Her har vi fysiske målingar over lange distansar, så målingane har dårlegare presisjon enn på dei tidlegare døma.

Om du frå spor til spor først bommar fire cm mot høgre og så fire cm mot venstre, er du attende på null målt mot utgangspunktet. Om systemet derimot konsekvent drar deg fire cm mot høgre kvar tur, summere dette seg til nær ein halv meter på 12 turar.

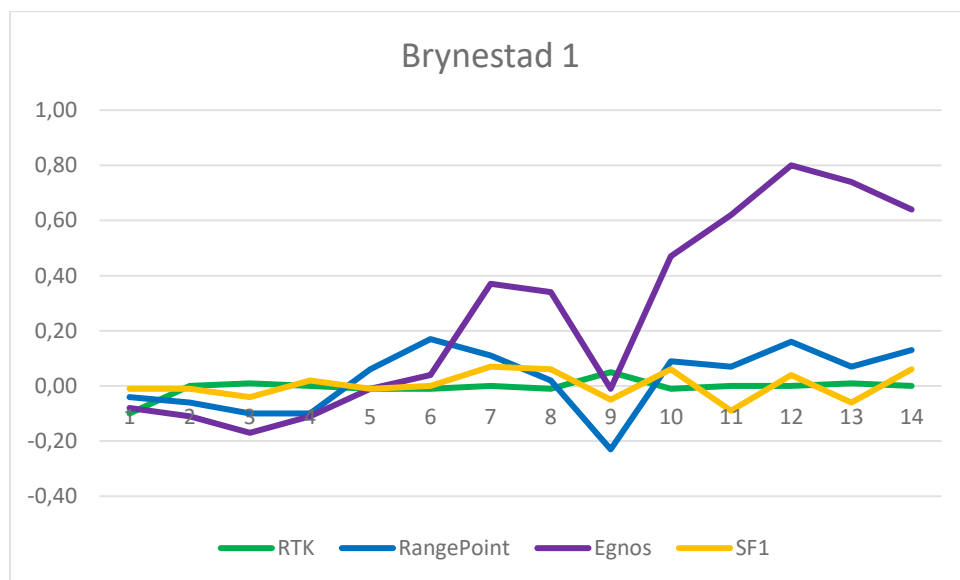
Også her stadfestar RTK sine kvalitetar. På 10 til 15 køyringar ligg alle avlesingane i området fire til 12 cm. På teigen med dei største avvika mistenkjer vi at presisjonen i målingane våre er mindre god enn presisjonen til systemet. Uansett er resultata solide.

Egnos-presisjonen er heller ikkje dårleg, med totalt kring 30 cm avvik.

Avlesingar – ulike korreksjonssignal

Med utgangspunkt i målingane over, har vi valt å seie at presisjonen frå RTK-anlegget er å rekne som korrekt.

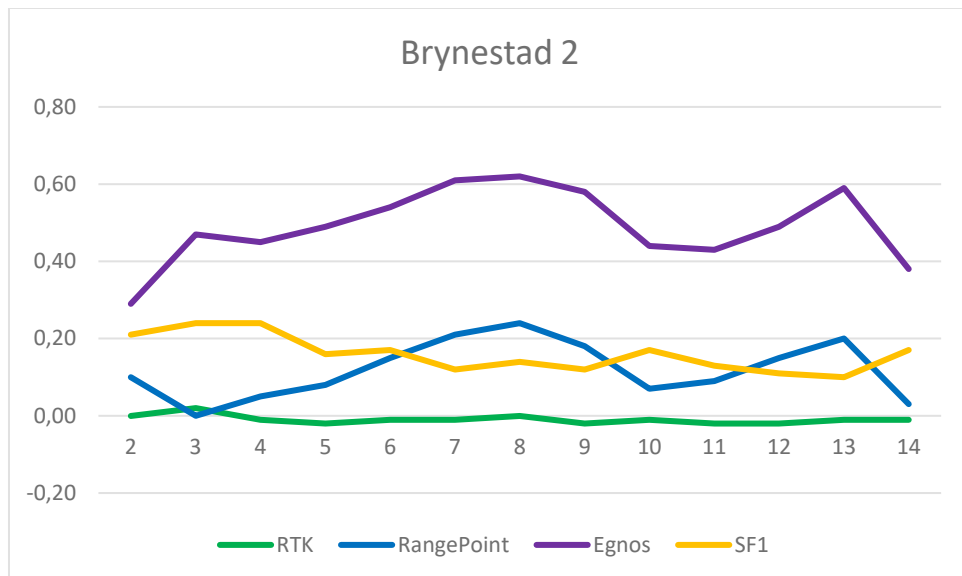
Under køyringa har vi lese av kva posisjon dei andre anlegga meiner vi har på eit gitt punkt på kvart av køyredraga. Deretter har vi kalkulert korleis køyrelinja ville vore, om vi skulle følgd instruksane på vedkomande terminal. I figurane under viser Y-aksen kva posisjon terminalen meiner at køyresporet skal ha. X-aksen viser kva køyredrag vi er på, der 0 er køyredraget der vi tidlegare har lagt inn A-B-linja. Ingen av terminalane er tarerte (resett posisjon for køyrelinje) før start.



Denne køyringa gjorde vi rett etter at vi la inn A-B-linjene første gongen. Ved ein feil er ikkje Egnos-korreksjonen med på denne teigen.

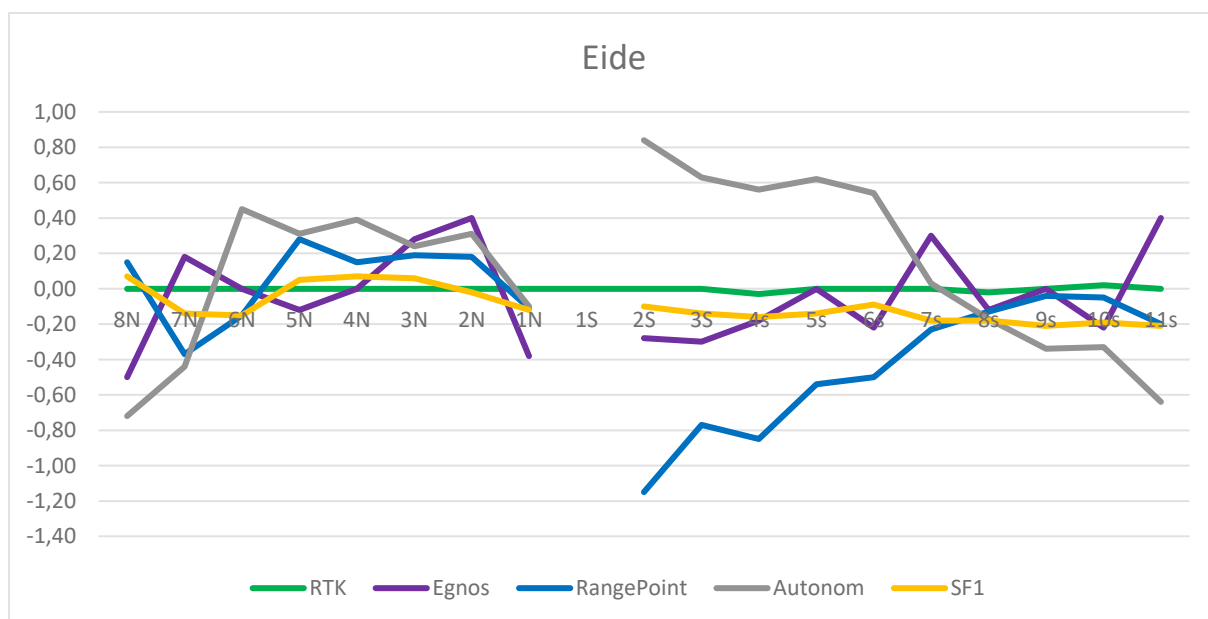
Vi merkar oss at der skjer noko på tur ni, som slær inn på fleire av anlegga, og etter dette endrar posisjonen på det autonome signalet seg vesentleg. Dette viser at det med denne innstillinga er avgjerande å vere vaken på at du brått kan få slike utslag. Dei andre systema har ganske stabile køyrelinjer.

Ser vi bort frå det store utslaget på tur ni, er det for alle anlegga berre mindre feil frå spor til spor. SF1 og RangePoint har ikkje større utslag enn 13 til 16 cm frå eine sporet til neste. Det autonome signalet har på fleirtalet av turane mindre enn 10 cm avvik spor til spor, men også nokre utslag med hopp på kring 30 cm.



Her er vi attende på same teig to timar seinare. A-B-linjene er ikkje tarerte. Alle system gir køyrelinjer innanfor det som kan reknast som fullgodt ved mange former for jordbruksarbeid. SF1-signalet har eit innbyrdes avvik på maksimalt 14 centimeter, mens RangePoint har 24 cm mellom ytterpunkt. Dette er så lite at det ikkje vil ha noko å bety ved eksempelvis slått, sprøyting eller jordarbeiding. Sjølv om den autonome køyrelinja ligg noko til sides frå dei andre, vil heller ikkje den gi problem ved mange vanlege arbeidsoperasjonar. Her er utslaga 33 cm frå ytterpunkt til ytterpunkt.

Spor til spor-nøyaktigheita på denne køyringa er svært godt på alle systema. Bortsett frå nokre få enkeltutslag på kring 20 cm på autonomt og eit RangePoint, er dei typiske utslaga – uansett system – einsifra centimetersverdiar.



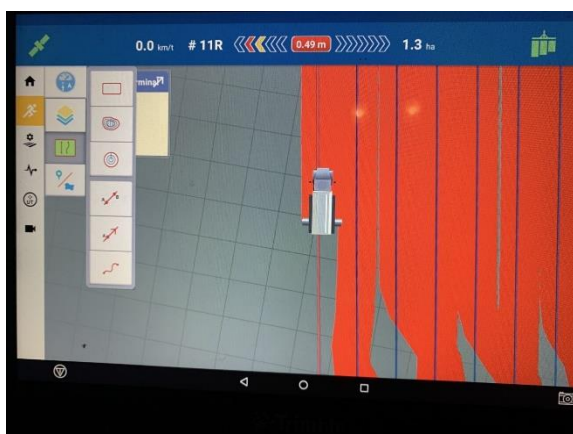
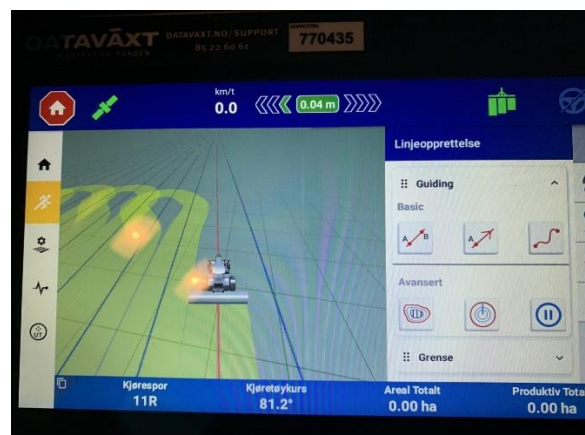
Her har vi først etablert A-B-linja på spor null, deretter køyrd mot nord (til venstre på X-aksen), før vi starta på spor 2 sørover (mot høgre).

Det første vi kan slå fast, er at det ved ein slik køyrstrategi er svært lurt å sjekke korleis sporet plasserer seg når du først har køyrd teigen ut mot ei side, for deretter å køyre mot andre kanten. Det er rett nok ikkje veldig vanleg å legge opp køyringa slik, og forsøket viser at det for visse signaltypar heller ikkje treng vere smart.

Også her har SF1 god presisjon og ligg nært RTK. På denne teigen er største feil frå spor til spor om lag 20 cm, mens gjennomsnittet er godt under 10 cm.

Dei andre signala har større avvik, på kvar sine vis. Egnos sprett opp og ned nær null-linja, mens RangePoint og autonomt køyrer konsekvent med litt for stor eller litt for liten avstand til førre draget.

RangePoint har minst gjennomsnittleg feil frå spor til spor på kring 20 cm, mens Egnos og autonom ligg opp rundt 30 cm. RangePoint har fleire spor med 40 til 50 cm innbyrdes feil. Egnos har fire spor der avviket frå førre er kalkulert til å vere 40 til 80 cm feil. Anlegget som køyrde utan korleksjon, altså autonomt, har eitt avvik på nesten 90 cm og eit på ein halv meter, men har elles mindre utslag.

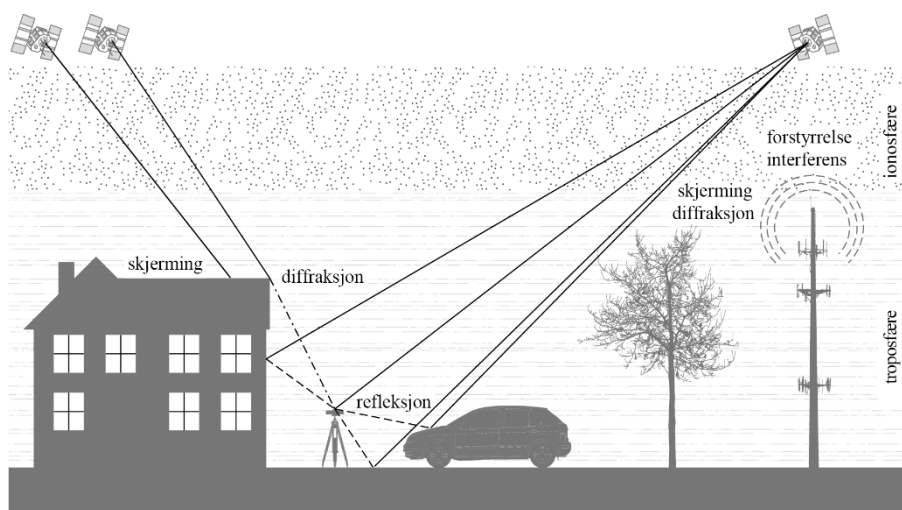


Eksepel på visningar i terminalane. Bilen følgjer RTK-posisjonen ved hjelp av autostyringa, mens terminalane tidvis har litt andre meiningar om kor vi skal vere. Alle bileta er ikkje tekne på same draget. Under forsøket noterte vi kva side terminalen meinte det var avvik til (ofte illustrert med < eller >) og eit avvik i meter eller centimeter. Tilgangen til informasjon, brukargrensesnitt og funksjonalitet er noko ulikt mellom dei forskjellige terminalane. Det same kan til ein viss grad også seiast om prisen. Men nytteverdien er god på alle.

6. Signalhinder, forstyrrelser og signalbortfall

I forkant av dette prosjektet ble det stilt spørsmålsteget ved hvilken betydning det har at Norge ligger så langt opp på den nordlige halvkule som vi gjør, og om dette kan by på signalhinder. Vi liker gjerne å si at Norge strekker seg fra Lindesnes til Nordkapp, et spenn fra ca. 57 til 71° nordlig bredde. Her har vi et variert terreng, alt fra flater og slake åser til fjord og fjell. Med kunnskap om at noen av de nødvendige brukssignalene kommer fra satellitter i et belte rett ut av ekvator, er det nærliggende å tenke at disse fjellene våre vil kunne gi utfordringer med innstrålinger av signaler på lav horisont fra sør.

For å fastsette en posisjon er satellittmottakeren vår nødt til å ha kontakt med minst fire ulike posisjonssatellitter; én for å beregne lengdegrad, én for breddegrad, én for høyde og den siste for å synkronisere mottakerens klokke med den felles tidsreferansen som anvendes i alle satellittene^{ix}.



11 Lærebokseksempel på signalforstyrrelser. Illustrasjon: Norsk Romsenter.

Funnene etter kjøreturen og loggføringen av signaler viser at de ulike systemene vi har hatt med har mottak av betraktelig flere posisjonssatellitter enn dette i de aller fleste tilfeller.

Posisjonssignaler

Når man vandrer i et bymiljø med høye bygg og kjøpesentre, vil man kunne oppleve at posisjonstjenesten på mobiltelefonen blir litt ukorrekt og henger igjen, slik at orienteringen blir mer utfordrende. Det er de samme satellittene som brukes i jordbruket for å fastslå en posisjon. Som regel er det mer åpent i landskapet ute på bygdene hvor vi dyrker jorda, men i visse tilfeller der det er trangt i dalfører og langs fjordene, vil dette kunne være med på å sperre for innstråling av satellittsignaler. Erfaringene våre fra undersøkelser med dekningsbilen viser likevel at det sjeldent er utfordringer med å ta inn tilstrekkelig antall posisjonssatellitter.

Korreksjonssignal

I skjermene fra de ulike leverandørene kan man velge hvilken korreksjonskilde man ønsker i eget menybilde. Dermed kan man målrettet velge den kilden man gjør seg erfaring med at fungerer best i området man befinner seg i.

Vi skiller grovt sett mellom landbasert og satellittbasert korreksjonskilde.

Landbasert korreksjon

Landbaserte korreksjonssignaler (RTK-korreksjon) vi har testet er fra Kartverkets CPOS-tjeneste. Der er erfaringen at så lenge du har en oppkobling mot mobilnettet/NTRIP, så er denne typen signal stabil og skal tilsynelatende gi en svært god korreksjon (stabil alder på korreksjonssignalet ned mot ett sekund). En observasjon som er gjort er at der signalmastene i mobilnettet er plassert høyt i terrenget virker telefonsignalet mer stabilt. Der mastene er plassert i flatere terreng (eksempelvis

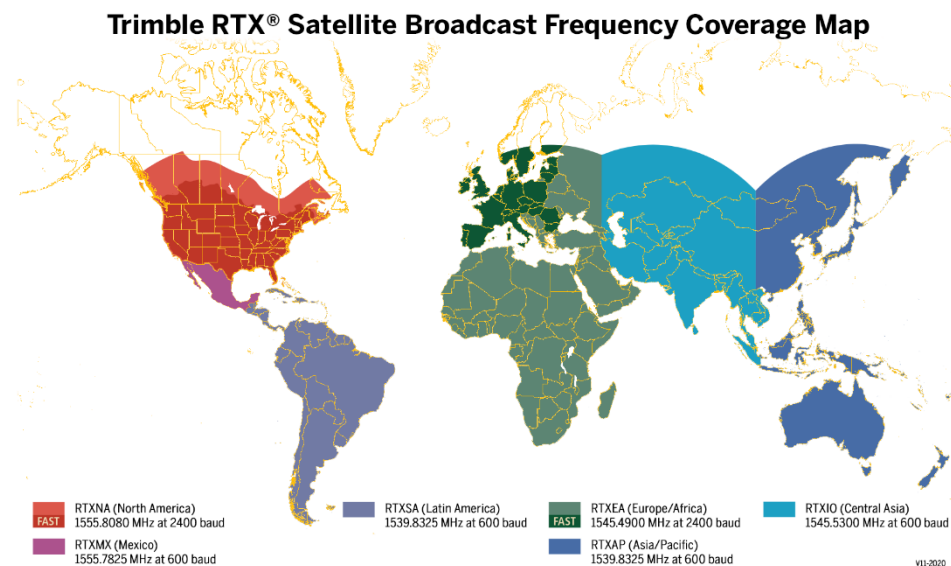
flate deler av Østlandet) kan det virke som telefonsignalene ikke bærer like langt, og dermed kan skape utfordringer med oppkobling mot nettet. Her vil det nok naturligvis være en variasjon mellom de ulike tilbyderne av telefonsignal. I utfordrende områder kan det derfor være fornuftig å sjekke mobildekninga fra alle nettleverandørene, eller bruke et simkort/abonnement som går på tvers av tjenesteleverandørene. Kartverkets nettverk av basestasjoner (i CPOS-tjenesten) er svært godt utbygd, og ser ut til å sikre et godt grunnlag for en korreksjonstjeneste over hele landet.

Satellittbasert korreksjon

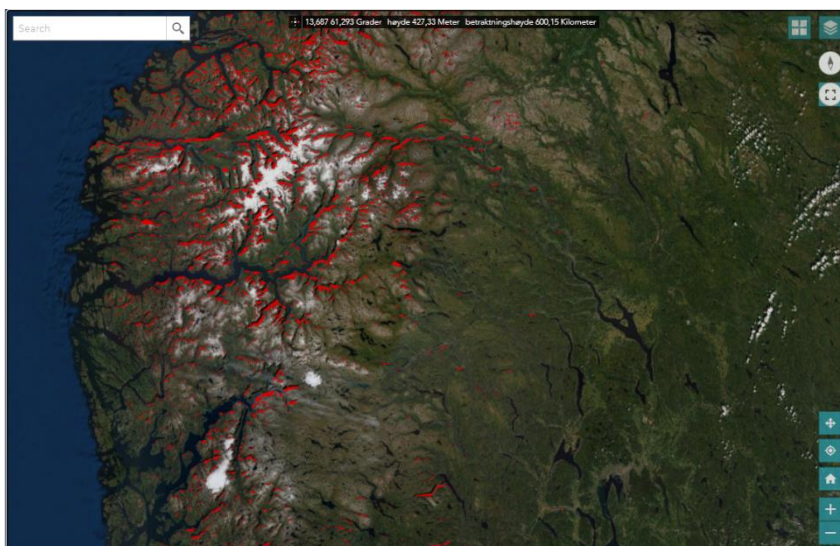
Av satellittbaserte korreksjonssignalene finner vi mest brukt Egnos, SF1 (John Deere-korreksjon) og RangePoint RTX (Trimble-korreksjon). Topografiske forhold som fjell, åser, daler og vegetasjon vil kunne påvirke mottaksforholdene av signalene, som stråler inn på lav horisont fra sørlig retning. Dette har vi sett i praksis ved at logging på nordsiden av et høye fjell eller tett vegetasjon har skjermet for signalet, som igjen resulterer at alderen på signalet stiger og til slutt mister man kontakten. I enkelte tilfeller har dette også skjedd der det er åpent i sørlig retning. Her kan det tenkes signalene reflekteres i omkringliggende terreng, for eksempel der de treffer i ei fjellside og reflekteres til mottaker på kjøretøy som igjen fører til en forsinkelse på signalet.

I Trimble sin GFX750 ble det forsøkt vekslet mellom Egnos korreksjon og RangePoint RTX korreksjon underveis på turen. Ved valg av RangePoint RTX var det lite respons fra dette korreksjonssignalet i store deler av Nord-Norge. Sør for Saltfjellet virker det til å ha slått inn periodevis, men ikke stabilt før man har vært lengst sør i Nordland fylke. Der RTX-korreksjon ikke har vært tilgjengelig velger systemet automatisk Egnos som korreksjonskilde.

Trimble har et eget kart over deres dekningsområde for Trimble RTX-signal, som går i en bue fra sør i Vestland fylke og østover gjennom Innlandet. Her viser våre resultat at dette signalet har en større utbredelse videre nordover.



Dekningskartet fra Trimble skildrer en dårligere korreksjonsdekning i nord enn hva vi oppnådde. Kilde: Trimble^x



Egnos har utarbeidet et zoombart dekningskart som med relativt god oppløsning kan vise hvor det ut fra terrengdata kalkuleres at det kan være skyggefelter. Kartet stemmer bra med våre observasjoner. Kartet tar naturlig nok ikke hensyn til andre hinder enn fast grunn.

Egnos-kartet markerer områder som kalkulerer til å ikke ha dekning med rød farge.^{xi} Illustrasjon: ESA.

Andre hinder

Romvær^{xii}

Romvær kan forstyrre satellittnavigasjon og posisjonering. Ved en solstorm vil partikler og stråling slynges ut fra sola og dermed forstyrre signalene som sendes fra satellittene. Vi sier at det er dårlig romvær. I prosjektperioden vår kan vi ikke si å ha merket noe til slike utfordringer. Dette skyldes trolig at solstormaktiviteten går i sykluser på ca. 11 år. Ved toppen av syklusen er solstormaktiviteten mer intensiv. I 2014 var det en topp i denne syklusen, og derav har det vært ganske greit romvær i prosjektperioden.

Verken egne målinger eller rapporter fra bønder som bruker presisjonsutstyr tilsier at romvær er noe stort problem for bransjen.

Forstyrrelser gjennom atmosfæren^{xiii}

Tid er en viktig faktor for å beregne riktig posisjon. Klokkeslett for når signalet ble sendt ut fra satellitt sammenlignes opp mot mottagerens klokke, og differansen brukes til å måle avstand mellom sender og mottaker og inngår i posisjonsbestemmelsen. Atmosfæriske forstyrrelser kan her lage problem. I atmosfæren møter signalene motstand, og vil ha en annen hastighet enn i vakuumet utenfor. Dette gjør at signalhastigheten endres og kan skape en feil. Dette kan motvirkes ved å bruke signalmottakere som er flerfrekvente (signalmottak på flere bølgelengder). Matematiske modeller brukes også til å vesentlig redusere denne feilkilden.

Ellers vil radiosignaler fra kilder på bakken kunne forstyrre signal fra satellittene, hvis det sendes på samme eller en nær frekvens av satellittsignalene.

Heller ikke dette framstår som noe den jevne bonde trenger å bekymre seg for.

Jamming^{xiv}

Det kan forekomme at det med viten og vilje skjer en forstyrrelse av satellittsignalene, såkalt «jamming». Her brukes egne enheter som kan slå ut, forstyrre eller endre de opprinnelige signalene. Problemet er størst i forhold til GPS-signalene, men andre GNSS signaler kan også rammes, med f.eks. multiband jammere.

Jamming er ulovlig for alle andre enn Politiet og Forsvaret.

Jamming kan forekomme i områder med militær aktivitet/øvelse. Dette har økt betydelig, fra ca. 20 dager med utfall i Øst-Finnmark i 2020, til bortimot daglig i 2023. Dette melder Nasjonal

kommunikasjonsmyndighet (Nkom). NLR samarbeider med Nkom, og mottar varsler fra Nkom om hendelser. Vi blir dermed informert om hvor og når det er hendelser.

Et tilsynelatende økende problem med jamming knytter seg til tungtransport. Noen firmaer ønsker å ha kontroll på hvor lastebilene er ved hjelp av GPS-sporing. GPS-sporing brukes også enkelte steder i Europa til veipricing. Sjåførere som ikke ønsker å bli sporet av arbeidsgiver, eller som vil prøve å unndra seg veipricing, som kjører stjålet bil eller last, eller på annen måte vil unngå å etterlate digitale spor, bruker ofte en jammer. Slike jammere er lett tilgjengelige på internett, og er svært enkle i bruk. De enkleste kan plugges i sigarett-tenneren, så er de i funksjon.

Bønder som bor nær veger med mye tungtrafikk mistenker at de tidvis har signalutfall på grunn av slik jamming.

Jammetest, Andøya september 2022

Nasjonal kommunikasjonsmyndighet, Forsvarets Forskningsinstitutt og Statens Vegvesen arrangerte i september 2022 en jammetest i Bleik på Andøya. Hensikten med testen var å tilby en mulighet for å komme og teste hvordan ulike type posisjonsutstyr oppfører seg under jamming. Der deltok NLR med dekningsbilen, som eneste representant fra landbruket. Fra bilindustrien, myndighetene og Forsvaret deltok en lang rekke både nasjonale og internasjonale aktører. Vi ønsket å se hva skjer med landbruksrelatert utstyr når de blir utsatt for jamming. Der ble sendt ut jamming av ulike type jammere:

- enkle singelband L1 jammere, som står i sigarettenneren i et kjøretøy
- multiband jammere, normalt bilmonterte
- høyeffekt jammere

Landbruksutstyr blir påvirket av jamming på samme måte som andre typer utstyr, da de i stor grad bruker samme type grunnkomponenter som andre.

Metoden som ble brukt for å avdekke hvordan de forstyrrende signalene slår ut, var den samme som vi benytter logging av dekning: NMEA-strengen ble logget og lagret. Deretter ble loggingen koordinert med sendeplanen til de ulike jammerene. Vi har store mengder data fra denne testen på lager, slik at materialet kan analyseres ytterligere etter ønske.



12 NLR og dekningsbilen representerte landbruket under den store jammetesten på Andøya. Her er "alle" med interesse for posisjonering med, fra bilfabrikker til Forsvarets redningshelikopter.



13 Enkle jammere kan kjøpes på eBay, men det er ikke smart, for de er ikke lov å bruke og de gjør mye ugagn.

Et eksempel på et scenario som ble testet var en enkel L1 jammer i bil. Da sto dekningsbilen 56 meter unna. Etter ca. 30 sekunder med jamming faller alle de tre anleggene som bruker satellittbasert korreksjon ut. Anlegget som bruker RTK korreksjon over mobilnettet faller ikke ut under tester på L1 bandet.

L1 jammere sender ut jamming på frekvenser fra ca. 1550 MHz til 1600 MHz. Grunnen til dette er at GPS-signalet har frekvensen 1575.42 MHz, altså ligger frekvensen innenfor dette område, GPS er det systemet som flest enheter historikk har brukt, derfor vil en forstyrre flest enheter med å jamme i dette frekvensområdet.

Frekvensen til de satellittbaserte korreksjonssignalet ligger også i dette området, Egnos sender på 1575.42 MHz, som er den samme som GPS som sender på. John Deere SF1 klarer seg noe bedre fordi at de sender på en litt annen frekvens (1545 MHz), noe som gjør at ikke alle jammere rammer denne. Det skal nevnes at hvis

John Deere blir rammet, går de helt i null (oppgir ingen posisjon), mens andre enheter opprettholder en cirka-posisjon innenfor en til to meter.

RTK-signal via mobiltelefonnettet blir ikke forstyrret av L1 jamming. Enheten vi har benyttet til test av RTK-signaler tar også inn posisjonssignaler fra Galileo og Glonass, som sender på andre frekvensområder. Derfor klarer mottakeren med RTK-korreksjon å opprettholde sin riktige posisjon ved L1-jamming.

Under testing av multiband jammere faller alle systemer ut etter ca. 10 sekunder. Multiband-jammerene treffer alle aktuelle frekvenser for GNSS. Derfor faller også anlegget med RTK ut.

Ved testing av høyeffekts jammere står jammer 1,2 km unna. Den ble testet med forskjellige band, med start på L1 deretter flere andre frekvenser. Selv på denne avstanden faller anleggene ut, så snart den treffer aktuell frekvens for mottakeren.

Det er individuelle forskjeller mellom de ulike anleggene vi har i bilen, og de ulike jammerene. Det ble testet 14 ulike jammere, i tillegg til høyeffektsjammere.

Vår erfaring fra testen er at ved jamming vil mottakerne som benytter signaler fra flest mulig GNSS-systemer ha størst sjanse til å ikke falle ut, og aller best er det å ha korreksjon via mobilnettet. Er du først slått ut av en jammehendelse, er det lite annet å gjøre enn å vente til det går over.

Ønsker du å lese mer om jammetesten vi deltok på i 2022 ligger det en rapport på Nkom sin temaside om jammetesting: <https://nkom.no/aktiviteter/jammetest>



14 Når terminalen melder "Ingen nav" er det i visse tilfeller kodespråk for "full stopp" på autostyringa. Andre kan klare å kjøre videre, men med ukjent dårlig nøyaktighet. Plagsomt, uansett.

Hva skjer ved signalbortfall eller manglende signal

Ved utfall av signal prøver enhetene så lenge som mulig å holde god nok nøyaktighet. Nyere terminaler har systemer som kalkulerer hva korreksjonssignalet antas å skulle være, basert på nylig historikk, i en viss tidsperiode framover. Når kvaliteten blir for lav, kommer det melding på skjermen. Hvis traktoren har autostyring vil den koble seg ut. Under vanskelige forhold har også enhetene utviklet seg og vil holde lengre på nøyaktigheten en eldre enheter.

Hvis det mangler korreksjonssignal ved oppstart, er det flere systemer som ikke tillater kjøring med autostyring før korreksjonssignalet er på plass. Vi har ikke gjort spesifikke målinger på dette, ei heller testet systemene målrettet, men mener det er viktig å ha en bevissthet om dette, og bygge ytterligere kunnskap. Inntrykket er at det for de fleste ikke er en plagsom problemstilling.

Varslingstjeneste for signalbortfall

NLR har god dialog med Nkom, og samarbeider nå om å utvikle en varslingstjeneste til bønder, slik at de får målrettet beskjed ved eksempelvis bortfall av posisjonssignal. Denne tjenesten vil også handtere meldinger den andre veien, der bønder som har mistanke om hendelser kan melde dette til NLR som i sin tur sjekker og melder vi videre til Nkom. En grunn til at tilbakemeldinger fra bønder er interessant, er at de arbeider i rurale områder, som andre aktører kanskje ikke fanger opp. Nkom har varslingsprosedyrer med aktører som Avinor, luftambulansen og Forsvaret, men altså ingen rettet mot landbruket.

Denne tjenesten er en direkte følge av NLRs dekningskartlegging, de behovene vi ser og det kontaktnettet vi har bygd opp gjennom prosjektperioden. Varslingstjenesten er under planlegging, da det enda ikke har lyktes oss i å skaffe en finansiering som kunne akselerert etableringen. Om vi ikke får finansiering, vil vi likevel forsøke å etablere en enkel tjeneste før sesongen 2024.

Mulige forstyrrelser nær høyspentlinjer

Rundt alle elektriske anlegg i drift oppstår det lavfrekvente elektromagnetiske felt^{xv}. Disse inndeles i magnetfelt og elektriske felt.

Magnetfelt oppstår når det går strøm gjennom en ledning og måles i enheten mikrottesla (μT). Størrelsen på magnetfeltet avhenger av strømstyrken gjennom ledningen eller anlegget, avstanden til anlegget og hvordan flere feilkilder virker sammen. Magnetfelt øker med økt strømstyrke, avtar når avstanden til ledningen øker og varierer gjennom døgnet og i løpet av året. Magnetfelt trenger gjennom vanlige bygningsmaterialer og er vanskelig å skjerme bort.

Elektriske felt er avhengig av spenningen på anlegget og måles i volt per meter (V/m). Det er et elektrisk felt rundt en spenningssatt ledning selv om det ikke går strøm gjennom ledningen. Styrken på feltet øker når spenningen i anlegget øker. Elektriske felt kan gi knitring fra høyspenningsanlegg. Slike felt stoppes effektivt av vegger og tak^{xvi}.

NLR har fått meldinger om forstyrrelser under eller ved høyspent fra flere bønder i Rogaland. Et tilfelle ble spesielt undersøkt siden bonden hadde nyere GNSS-utstyr med RTK korreksjon.

Forstyrrelsene oppsto ved 300 kV linja mellom Bærheim og Stølsheia, eid av Statnett. Linja er hovedlinje til Stavanger by.

Bonden har GNSS med RTK-korreksjon i to traktorer. En er integrert med originalskjermen i traktoren, en er ettermontert med egen skjerm. Samme problem på begge traktorer. Bonden har registrert at problemene varierer gjennom døgnet, størst problemer om dagen – mindre problem om kvelden. Skjerm går i svart, linjer flytter på seg osv. Har problem i 30-40 meter bredt belte i samme retning som høyspentlinje.

Har også samme problem på annet jorde der det blir krysset under samme høyspentlinje. Vi kan av den grunn utelukke signalskygge fra vegetasjon, bygninger og lignende siden problemet oppstår over et større geografisk område i tilknytning til linjetrassen. Ingen målinger ble utført i dette området, området ble heller ikke besøkt.

Bonden opplever også utfall av DAB-radio periodevis i samme område som GNSS-utfall.

Mast i problemområdet er plassert i kanten av jordet. 15. September 2022 foretok LNett øyeblikksmåling av magnetfelt: 0,75



15 Nkom er på plass for å måle magnetfelt og forstyrrelser fra kraftlinjer. En aktuell måleenhet er mikrottesla. Nkom lar ikke det legge føringer for bilvalget.

mikroT. Nkom var også tilstede og parkerte bil med måleutstyr for øyeblikksmåling under 300kV linje ved mast. Ingen funn som utmerket seg ifølge Nkom.

Ved perioder med mye vind og regn kan gnister fra samme mast ses fra tunet. Normalt utføres ikke arbeid på jorden når det blåser og regner (fresing, planting, høsting osv.).

Nkom kom tilbake 25.–27. oktober 2022 med måleutstyr montert i tilhenger med egen strømforsyning for måling av elektromagnetisk feltnivå (EMF) over tid.

Målingene ble utført over frekvensbåndene 700–1900 MHz og 1560–1590 MHz for å avdekke mulige forstyrrelser i hhv. mobilbånd til overføring av korreksjonsdata og GPS-L1 frekvensbåndet. På grunn av våte forhold ble målehenger plassert på parkeringsplass under linje, men 200 meter fra problemområdet.

Det ble ikke avdekket noe interferens i noen av de frekvensbåndene og det tidsrommet det ble målt over.

Frekvens for GNSS-L2 spesifikt og størrelse elektrisk felt ble ikke målt. Antennen til GNSS-styringer til traktor er montert oppe på taket på traktorhytta, slik at de står utsatt til for å bli eksponert for ulike strålingsfelt.

Bonden dyrker ikke lenger grønnsaker på det aktuelle feltet på grunn av problemene som signalforstyrrelsene gir.

GNSS-L1 er i frekvensområdet 1559–1610 MHz

GNSS-L2 er i frekvensområdet 1215–1300 MHz^{xvii}

VHS bånd III er i frekvensområdet 174–240 MHz^{xviii} og DAB L-bånd 1452–1479,5 MHz^{xix} (begrenset bruk).

Spenning/styrke	420kV/800A	300kV/400A	132kV/200A	22kV/20A
Feltnivå i 10 meters avstand	5,0 µT	2,5 µT	1,4 µT	0,07 µT
Avstand ved 0,4 µT	70 m	45 m	25 m	3 m
Avstand ved 0,1 µT	145 m	100 m	55 m	8 m

Tabell: Magnetfelt og kraftledninger^{xx}

Forstyrrelser ved- og under høyspentlinjer bør undersøkes nærmere med større bredde i målingene og over en lenger periode. I Danmark er det rapportert om enkelte problemer i nærheten av vindturbiner, slik at det området også bør kartlegges dersom det blir mer utbredt med gårdsvindturbiner og større vindkraftanlegg nær dyrket mark. Ulik løsning på komponentplassering og/eller -kvalitet eller lignende i GNSS-utstyr kan også være årsak til at enkelte har problemer og andre ikke.

Tiltak for å kompensere for manglende signal

Enkelte naturgitte forhold kan være vanskelig å gjøre noe med. I trange daler med høye fjell som skaper skygge, hovedsakelig for korreksjonssignal fra satellitt, vil det være vanskelig å motvirke dette. En kan da undersøke alternative korreksjonskilder, enten ved å gjøre undersøkelser om der er korreksjonssatellitter som sender signal fra en annen vinkel eller ved å investere i landbasert korreksjon. Ved mobil RTK må man da se til at man har en teleleverandør som har dekning for aktuelle område, slik at man kan ta inn de nødvendige signalene.

Hvis det ikke er noen leverandør av telefonsignal som dekker aktuelle område, kan en egen RTK basestasjon være et alternativ. Da har man en egen fastmontert antenne som kan formidle korreksjonssignal til mottaker på kjøretøy via radiosignal. Dette er også en løsning for brukere med behov for mange RTK-styrte maskiner innen begrenset geografisk område.

Hvis tapet av signaler skjer ute på åkerkanten kan det som nevnt tidligere være at vegetasjon sperrer for signaler eller forstyrrer dem. Dette kan motvirkes ved å gjøre en opprydding langs åkerkantene. Agronomisk har dette den greie bieffekten at det også blir mindre skygge for sola, med påfølgende mulig avlingsøkning som konsekvens.

Bøndernes kunnskap om presisjonslandbruk pr. nå

Det er en stor spennvidde i kunnskapsnivå til de mange personene vi har møtt, og det er store regionale forskjeller på kunnskapsnivå. Det er et inntrykk at kunnskapsnivået rundt presisjonslandbruk og utstyr er høyest i områder med større enheter og større maskinpark. Det kan sees i sammenheng med at det ofte er de største traktorene som kommer med presisjonsutstyr slik som GPS og autostyring montert. Vi har møtt bønder med svært detaljert kunnskap om posisjonsutstyr, signaldistribusjon og så videre, og vi har møtt bønder som «ikke har hørt om presisjonslandbruk». Uten at vi kan verifisere det på noen måte, mener vi samtidig å spore at kunnskapsnivået i 2023 er betydelig bedre enn i 2018. Tidenes pristopp på kunstgjødsel har ført til økt fokus på presisjongjødsling.

7. Bondekontakt, markdager – og korona

Dialog med bøndene har vært en prioritert oppgave for prosjektet. Det er vanskelig å anslå hvor mange vi har vært i kontakt med, da kontaktpunktene spenner fra en-til-en-dialog på gardstunet eller i bilen, til at vi har deltatt på messer med flere ti-tusen besøkende. Imidlertid var ambisjonsnivået betydelig høyere enn hva som har latt seg gjennomføre, og årsaken er åpenbart av pandemisk art.

Tiltak mot korona og generell skepsis blant bønder mot besøk og samlinger begrenset aktiviteten med Dekningsbilen betydelig i store deler av prosjektperioden. Først mot tampen av prosjektet, i andre halvår 2022, begynte det å nærme seg normale forhold for markdager og samlinger.

I tillegg har koronaen gitt tekniske utfordringer. Komponentmangel i elektronikkbransjen med påfølgende lange leveringstider førte til at enkelte leverandører måtte få utstyret vi disponerte tilbake en viss periode for å hjelpe sine kunder. Dette førte naturlig nok til at bredden på tilbudet omkring Dekningsbilen ble noe redusert.

For et prosjekt med betydelig grad av publikumskontakt og reiseaktivitet er følgende oppsummering relevant å ha i minnet:

2020

31.januar 2020 blir korona meldepliktig sykdom og defineres som en allmennfarlig smittsom sykdom i Norge.

- 12. mars ble det innført sterke og inngripende tiltak for å begrense smitte. Alle barnehager og skoler ble stengt. Det ble nedlagt forbud mot alle arrangement. Krav om 1 meters avstand ble innført.
- 20. april ble barnehager og barneskoler åpnet gradvis, og videregående- og høyskoler ble åpnet fra 27. april.
- I løpet av mai og juni 2020 åpnet samfunnet mer og mer opp.
- 7. august 2020 kom det igjen anbefaling om mer bruk av hjemmekontor.
- I slutten av september 2020 ble nasjonale smitteverntiltak erstattet av lokale tiltak ved smitteutbrudd.
- I oktober 2020 økte smitten og 28. oktober ble det bl.a. innført maksimumsgrenser ved arrangement.
- I slutten av november 2020 kom sterke oppfordringer om å begrense sosial kontakt og oppfordring om å holde seg hjemme. Antall personer på offentlig arrangement sterkt begrenset.
- 15. desember 2020 ble det bl.a. innført maksimumsgrense på 20 personer på offentlig innendørs arrangement uten fast tilviste plasser. Krav om bruk av munnbind dersom det ikke var mulig å holde 1 meter avstand. Krav om hjemmekontor dersom mulig. Digital undervisning i videregående skoler. Krav om karantene ved nærkontakt.
- Første covid-vaksine gitt 27. desember 2020.

2021

Veldig lite aktivitet på grunn av skepsis blant bøndene, samt omfattende restriksjoner.

- Rødt nivå på ungdoms- og videregående skoler fra 3. januar 2021. Alle offentlige arrangement anbefalt utsatt. Hjemmekontor for alle som hadde mulighet.
- 23. mars ble det innført ytterligere restriksjoner, bl.a. ble anbefalt minsteavstand øket til 2 meter.
- 16. april første trinn av regjeringens gjenåpningsplan.
- 5. mai ble det innført lettelse for vaksinerte.
- 27. mai andre trinn i gjenåpning med bl.a. grønt nivå i skoler og åpning for innenlands reiser.
- 18. juni tredje trinn i gjenåpningen med bl.a. flere på offentlige arrangement og mindre behov for hjemmekontor.
- 5. juli trinn fire utsettes.
- 2. september beholder nivået på trinn tre.
- 24. september tilbake til normalen med økt beredskap.
- 6. oktober alle grenseoverganger åpnes.
- 30. november innføres tiltak for å hindre spredning av Omikron, ny mer smittsom variant.
- desember nye nasjonale tiltak, bl.a. bruk av munnbind, avstand og anbefaling hjemmekontor.
- 7. desember kom ytterligere skjerpelse med bl.a. skjenkestopp og kohorter på offentlige arrangement.
- 13. desember nye nasjonale skjerpelse.

2022

- Lørdag 12. februar 2022 ble alle restriksjoner avsluttet. Frem til da hadde det vært krav om munnbind, en meters avstand og unngå unødvendig samling av folk. Det hadde også vært sterk anbefaling om hjemmekontor. På videregående skoler hadde det vært digital undervisning frem til 13. januar.

Vinteren 2020/21 og utover våren var bilen hos vår daværende rådgiver i NLR Øst, som arbeidet med å utvikle tekniske finesser og montere nytt utstyr, samt teste ut ny funksjonalitet og klargjøre bilen for bruk. Vi forbereder også rådgiverkorpsset gjennom opplæring om bil og systemer over Teams. Gjeldende restriksjonsnivå førte til at vi holdt igjen på aktiviteten. Avstandskrav gjorde det også umulig å være to personer i bilen.

På tidlig sommer i 2021 startet vi forsiktig med aktiviteter, og bilen tok til å rulle. Blant annet en runde i Møre og Romsdal, med måleaktivitet og enkelte møter. Sommeren og høsten fortsetter med forsiktig aktivitet ulike steder i Sør-Norge. Det gjennomføres en del måleoppdrag og litt aktiviteter ellers.

På senhøsten virker det til at bøndene er mer åpne for samling og kontakt, onnearbeidet er ferdig og vi øker aktivitetsnivået. På senhøsten 2021 var Dekningsbilen i Trøndelag ute på medlemsbesøk, erfaringsgrupper og undervisning.

Dekningsbilen var på Agroteknikk 2021 25.-28. november godt synlig på NLR sin stand, og med stor interesse fra bøndene. Messen hadde totalt 37 000 besøkende, uten noen form for restriksjoner. Det ble utrolig nok rapportert om lite smittede i etterkant av messen. Bilen blir nå kjørt til Agder, med planer om aktiviteter der. Få dager etter Agroteknikk blir det på ny kraftige restriksjoner, og vi følger opp med å stryke all aktivitet i prosjektet og parkerer bilen i Setesdal hos daværende prosjektleder Nere Haugå.

Dekningsbilen ble transportert opp til Stjørdal og brukt ved Felleskjøpets John Deere Operation Center-kurs for utvalgte presisjonsrådgivere i NLR i slutten av januar 2022. Deretter kjøres bilen til region Vest.

Våren 2022 deltar NLR med innlegg på Posisjonskonferansen, arrangert av Kartverket og Norsk Romsenter. Dette er en viktig samlingsplass for alle som arbeider med posisjonering i Norge. NLR har deltatt på konferansen flere ganger, og er vanligvis eneste representant for landbruket. Konferansen bidrar til verdifull nettverksbygging. Denne gangen ble den gjennomført som en hybridkonferanse.

Skepsisen blant bønder til samlinger fortsatte utover våren og la store begrensninger på aktiviteten med dekningsbilen. Den ble værende i region Vest, hvor det gjennomføres en del markdager rundt i fylket. I juni hentes bilen til aktiviteter i Trøndelag.

Trøndelag fortsatte bruken i august. Bl.a. erfaringsgruppe PRESIS Trønder, opplæring nyansatt og montering av SoilMate Leveler.

I slutten av august ble bilen brukt ved AGCO sitt presisjonskurs på Kvithamar for utvalgte NLR presisjonsrådgivere

Etter sommerferien vendte aktiviteten blant bønder mer og mer tilbake til normalen og Dekningsbilen ble brukt som trekkplaster og formidling på stand ved flere landbruksdager og -messer utover sensommeren og tidlig høst.

Region NordVest deltok på Dyregoddagane første helg i september, messe/utstilling med 20 000 besøkende.

Bilen hadde en dominerende plass på NLRs stand på den store messa Dyrsku'n i Seljord i september, med totalt 89 500 besøkende.



16 Dekningsbilen har vært trekkplaster på en rekke messer og utstillinger. Her fra Dyrsku'n.

Region Øst deltok på fagdag NMBU, 70 deltakere. Markens Grøde, utstilling/messe med 9 000 besøkende og Potato Scandinavia, messe/utstilling for potetdyrkere med 1 200 besøkende. Dekningsbilen var og med på markdag på Romerike med bl.a. praktisk demonstrasjon av harver. Region Øst har på denne tida nyansatte presisjonsrådgivere, som får bruke tid på å sette seg inn i presisjonsteknologien i bilen.

NLR med representant fra region Vest, som nå også har overtatt det tekniske ansvaret for bilen, deltok på Nkom, Kartverket, Forsvaret m.fl. sin jammetest på Andøya i september. NLR var eneste representant fra landbruket som deltok. Vi høstet viktig erfaring med ulike metoder og styrker ift. jamming, samt at vi styrket kontakten med gode kontaktpersoner. Se eget kapittel om jammetesten.

Etter Andøya ble det en positiv turne nordover i Nord-Norge med en rekke stopp med formidling og kunnskapsutveksling, sammen med lokale agronomiske rådgivere. Turens siste stopp var i Tana. Bilen ble etterpå transportert fra Alta til region Vest. Etter en siste runde med dekningsmålinger ble arbeidet med demontering startet og bilen ble levert tilbake februar 2023. Utstyr utlånt fra flere leverandører ble levert tilbake ved NLR Teknikkmøtet 2023 på Gardermoen i februar. Dermed var Dekningsbilen definitivt historie.

Hvilken kunnskap er det behov for og hvordan nå fram med denne

Til tross for at planene våre for gjennomføring av prosjektet nærmest kontinuerlig er blitt skippet på grunn av koronasituasjonen, har vi totalt sett hatt kontakt med et stort antall bønder, i tillegg til at vi har etablert nær kontakt med maskinbransjen og relevante myndighetsorganer.

Fra alle disse har vi fått verdifulle innspill. Fra NLRs side er det vesentlig å finne ut hvilken kunnskap norske bønder trenger, og hvordan vi best når fram med denne.

Ser vi dette og forrige prosjekt samlet, erfarer vi betydelige endringer blant bøndene:

- Presisjonsutstyr har gått fra å være «noe for spesielt interesserte» til å bli «vanlig»
- Ved kjøp av nye traktorer kan det nå se ut til at et flertall kjøper traktoren med- eller klargjort for presisjonsutstyr
- Andelen bønder som anser presisjonsteknologi til å være lite aktuell synes å være minkende
- Det er fremdeles meget stor spennvidde i kunnskap og innsikt

Den store spennvidda i hva som er bondens utgangspunkt må naturlig nok speile seg i hva som tilbys av utstyr og tjenester.

- Tilpasset rådgiving for den enkelte bonde, agronomisk, økonomisk og teknologisk
- Det er stadig behov for grunnopplæring i presisjonslandbruk
- Behovsanalyse på gården – økonomisk analyse og oppstarthjelp
- Økende behov for bistand til å utnytte flere funksjoner i eksisterende utstyr
- Optimalisering, kalibrering, innstilling og bruk av presisjonsutstyr
- Tilpassing av næringsstoffer etter behov på skifte og smårutenivå ved bruk av ny teknologi
- Kartlegging av muligheter med roboter og droner
- Utviklingsprosjekter i samarbeid med bønder, forskning og næringsaktører

I forprosjektet var vi i kontakt med mange gårdbrukere og ansatte fra maskinbransjen. Det ble gode diskusjoner og vi fikk mange innspill til videre arbeid med presisjonsteknologi i landbruket. Dialogen viser at det er stor interesse for temaet. Det strekker seg over et bredt område, alt fra innstilling av plog og annen landbruksredskap til bruk av droneteknologi og robotikk i landbruket.

Det er stor interesse blant gårdbrukerne og det trekkes fram at presisjonsteknologi er på full fart inn i landbruket, der mange ønsker råd om hva de skal velge og hvordan de best kan utnytte utstyret på sin gård. Dette viser at det er et rom i markedet for NLR å satse på presisjonslandbruk som forretningsområde. I en spørreundersøkelse fra vinteren 2018/2019 har bøndene også trukket fram at de ønsker nøytral rådgiving på området^{xxi}. Det er grunn til å tro at dette ønsket stadig står ved lag.

NLR har søkt om midler til å gjennomføre en ny spørreundersøkelse, tilpasset dagens situasjon. Denne søknaden er til behandling.

Samarbeid med maskinbransjen og andre kunnskapsaktører

Det kreves stor faglig kunnskap for å kunne rådgi innen presisjonslandbruk, det er et bredt fagfelt og omfatter både agronomi og maskinteknikk. Til og med maskinbransjen har en utfordring med å henge på i den tekniske utviklingen og det trengs en faglig oppfølging på de agronomiske aspekter. Utdanningsinstitusjonene i landbruket, uansett nivå, har fram til nylig i svært begrenset grad tilbydd opplæring innen tematikken. Det store kunnskapsspranget som NLR har gjort gjennom dette prosjektet mener vi derfor er kjærkomment for et samlet norsk landbruk.

Undervegs i prosjektperioden har NLR formalisert samarbeid med alle de største traktorleverandørene. Dette er en konsekvens av den kunnskapen vi har etablert, blant annet gjennom arbeidet med dekningsbilen. Samarbeidet spenner fra at vi kan tilby støtte til handtering av posisjonsgenererte data inn og ut av terminaler, til at rådgiving om «alt bonden lur på om presisjonslandbruk» kan være inkludert ved kjøp av ny traktor.

Vi har også god dialog med mange av landets jordbruksskoler.



17 NLR-rådgivere på kurs i presisjonsutstyr, sammen med Agco/Eikmaskin.

Erfaringar bønder med presisjonsutstyr har delt med oss

Det er stadig bønder som opplever problem med tilgangen på korreksjonssignal, men nyare terminalar har ein tendens til å handtere dette betre enn eldre utstyr. Erfaringane vi har kan også bidra til å lettare løyse slike situasjonar.

Vi har også møtt bønder som driv jord nær hovudveggar med mykje tungtrafikk, som opplever problem med jamming, og vi har enkelte tilfelle med driftsforstyringar under kraftliner.

Den viktigaste erfaringa er likevel at alle som har tatt i bruk presisjonsutstyr ytrar stor begeistring for teknologien, og dei fortel at utstyret både forenkler kvardagen og det bidrar til ei betre agronomisk drift, medrekna at dei opplever redusert klimabelastning. Og veldig viktig: Det er utbreidd å oppleve at HMS-situasjonen blir vesentleg betra med presisjonsutstyr.

Leverandørane si oppfølging etter levering og oppstart av nytt utstyr er svært variabel. Somme område og somme firma er svært gode. Andre plassar er lokal selgar ærleg på at dette er utanfor den

kompetansen vedkomande handterer. Det kan sjå ut til at NLR kan ha ei viktig rolle når bønder med nytt utstyr har kome over nybegynnarfasen og ønskjer å ta eit steg vidare. NLR har avtaler med Felleskjøpet Agri, Felleskjøpet Rogaland Agder, AGCO og HCP. Litt av ambisjonen her er å kunne dekk behovet for meir kunnskap som bøndene etterspør. Prosjektet med Dekningsbilen har ført til ein tettare dialog mellom NLR og leverandørane, og det er ein positiv bieffekt som ikkje kan målast i kroner.

Rett nok har det ikkje vore den store etterspørselen etter utvida presisjonsrådgjeving, men som med alt anna innanfor presisjon må marknaden modnast før etterspørselen kjem. I starten av prosjektet var fordelinga av sal av nye traktorar med eller klargjort for presisjon og utan ca. 20 / 80. No er fordelinga 80 / 20. Den same utviklinga gjeld og for mineralgjødselspreiarar med eller utan utstyr for presisjon. Generelt er det og ein auke i spørsmål omkring program for planlegging, registrering og dokumentasjon av gardsdrifta. Med auka bruk av styringsprogram kjem og behovet for trådløs kommunikasjon mellom program og traktor.

I korndistrikta har NLR fått ein markant auke i spørsmål og oppdrag omkring variert tildeling av mineralgjødsel og såkorn. Det har også vore somme oppdrag omkring faste kjørespor hos grovfôrprodusentar.

Det som og ligg og duppar i overflata er plantevern og presisjonstildeling. Bruk av kamera på drone eller direkte på traktor/sprøyte og tildelingskart saman med sprøytebom med seksjonar på dysenivå kan redusere bruken av plantevernmiddel inntil 95%. Same teknologien kan brukast til flytande bladgjødsel, men då er det kun nytteplantene som får gjødsel.

8. Medieomtale o.l.

Prosjektet har vore tydeleg kommunisert internt i NLR. Dekningsbilen har nærast blitt brukt som ein maskot for organisasjonen ved fleire høve, og vi merkar oss at publikasjonar som omtaler NLR generelt ofte nyttar bilete av dekningsbilen til illustrasjon.

Prosjektet er også fleire gongar omtalt i nyheitsbrev og andre publikasjonar frå NLR, attåt ymse omtale på NLRs kanalar i sosiale media.

Fleire fagblad, mellom andre Norsk Landbruk og Bedre Gardsdrift, har omtalt bilen og prosjektet, og tilgrensande fagfelt.

Ved oppstart av prosjektperioden hadde vi langt høgare mål for medieomtale enn det vi har oppnådd. Også her må vi atter peike på koronasituasjonen. Reiseaktiviteten har vore mindre enn planlagt, fleire av tilskipingane kring bilen er blitt til på kortare varsel enn ved ein normalsituasjon, og det har vore verre å få napp hos media.

Likevel har vi eit klart inntrykk av at svært mange bønder har kjennskap til prosjektet og lærdomen som er å hente der. Vi trur også at satsinga vår generelt og dekningskartleggingsprosjektet spesielt bidrar til at mange som til no har sitte på gjerdet er i ferd med å ta steget til å satse på presisjonsteknologi. Også i perioden frå avslutta prosjekt til fullført rapportering har vi møtt mange bønder som refererer til dekningsbilprosjektet, og stiller spørsmål kring funna våre der.

9. Samarbeidspartnerar og andre viktige kontaktar

Vi har hatt tett kontakt og god dialog med utstyrsleverandørane, som forutan utstyr har bidratt med kunnskap, innsikt og erfaringar.

Utvalet av posisjoneringsutstyr til landbruket består dels av system som kjem frå frittstående leverandørar, der enkelte også leverer til landbruksmaskinprodusentane, og dels av system som er bygde av/for maskinprodusentane. Utvalet vi har av system i dette prosjektet dekkjer teknisk og funksjonelt så godt som heile spekteret av utstyr som blir levert i Noreg. Dette betyr også at vi har hatt med system som er brukt på maskiner frå fleire aktørar enn dei som har vore direkte involverte i prosjektet. Også ein aktør som Yara har stor interesse av posisjonsbestemte verktøy og data, for å sikre ei meir nøyaktig gjødsling.

Difor har også aktørar som ikkje har levert oss utstyr vist interesse for prosjektet. Såleis vågar vi påstanden at NLR har tett og god dialog med ein samla maskinbransje, og fleire til, når det gjeld presisjonsutstyr. Dette prosjektet har bidratt positivt til å støtte opp under ein frå før god dialog.

Prosjektet har også styrka kontakten vi frå før hadde etablert med Kartverket. Kartverket har ansvaret for RTK-signala som blir distribuerte via mobilnettet. Vi har no tett og regelmessig dialog med Kartverket.

I første fase av prosjektet vart det etablert kontakt med Norsk Romsenter. Romsenteret representerer Noreg i den europeiske romfartsorganisasjonen ESA, som mellom anna driv GNSS-systemet Galileo. Denne dialogen ventar vi vil verte styrka framover.

Nkom er også blitt ein viktig kontakt for oss, med dialog som har oppstått i kjølvatnet av dette prosjektet. Saman arbeider vi for å etablere ei varslingssteneste for signalbortfall, og vi tar teke rollen som Nkoms kontakt mot landbruket.

I perioden dekningsbilen var aktiv, har vi sett at det er blitt større behov for å handtere kommunikasjon mellom planleggingsprogram (driftsstyringsverktøy) på datamaskin og maskinstyring (traktor og reiskap). Mykje av denne kommunikasjonen går no trådløst. Det blir generert store datamengder, og det krevst god struktur for å gjere ting rett. Det har og ført til at behovet for kompetanse har gått opp. Av den grunn har NLR rådgjevarar som har vore på kurs hos Felleskjøpet Agri (John Deere), AGCO (Fendt, Massey Ferguson og Valtra) og HCP (Deutz-Fahr) for å kunne hjelpe bonden å nytte seg desse systema. No skal kan hende ikkje prosjektet med dekningsbilen ha heile æra, men dekningsbilen har bidratt til at leverandørane har oppdaga at NLR sine rådgjevarar kan gje ei god oppfølging etter traktoren er levert og bonden skal ta i bruk ny teknologi.



18 Prosjektet har bidratt til solide doser kunnskapsutveksling. Det trengst, for utviklinga går fort.

10. Veggen vidare

Den fysiske dekningsbilen er reinska for utstyr og levert tilbake, og det som går på kartlegging av korreksjonssignal er på mange vis slutført. Likevel ser vi mange oppgåver som enno står uløyste. Noko kan løysast gjennom dagleg drift og brukardialog, mens andre oppgåver krev større innsats.

- Det nye korreksjonssignalet Gallileo HAS er klart, men utstyr til å handtere dette er ikkje på plass enno. Dette må absolutt undersøkast når det kjem, for dette signalet framstår som svært godt eigna for norske bønder.
- Mange bønder har investert i utstyr. Dei treng støtte i å utnytte teknologien betre. Mellom anna hjelp til å planlegge køyrelinjer og arbeidsstrategi, for å kunne redusere køyring og jordpakking og rasjonalisere drifta. Her vil det vere store behov for forsøk, praktiske utprøvingar og forskning.
- Den digitale teknologien utviklar seg raskt. Det krevst innsats for at også kunnskapen skal henge med på denne raske utviklinga. NLR må difor sikrast nok finansiering til at presisjonsrådgivarane kan prioritere å halde seg oppdaterte her.
- Sjølv om det er fullt mogeleg å drive posisjonsbestemt landbruk med satellittbasert korreksjon, er det til mange oppgåver rett å satse på RTK. Her er det to ting å ta tak i:
 - o I somme delar av landet er mobildekninga for ustabil. Landbruket, og gjerne også etatar som har samfunnskritisk behov for mobildekning, må oppmode styresmaktene til å stille krav til arealdekning i konsesjonar for mobilnettet.
 - o Noreg bør gjere som Austerrike og andre land, og tilby gratis RTK til landbruket. NLR er i tett dialog med Kartverket om dette, og har også vore i dialog med Norges Bondelag og Norges Bonde- og Småbrukarlag. Løysinga er gryteklar, her manglar berre ei politisk løyving.
- Landbruket, Nkom og kraftbransjen må finne ut kvifor enkelte bønder opplever signalforstyrningar kring kraftlinjer.
- Arbeidet NLR har starta saman med Nkom for å utvikle ei varslingssteneste for signalbortfall må fullførast, og bør sikrast ei finansiering slik at tilbodet kan bli tilstrekkeleg profesjonelt.
- Det er stadig behov for å gjere kalkylar på gardsnivå for å finne rett innslagspunkt for ulike nivå av presisjonsteknologi. Til dette krevst eit arbeid for å utarbeide eit godt materiale med grunnlagstal. Slikt arbeid bør prioriterast, for å kunne hjelpe bonden til det rette trappetrinnet.
- Så fort som utviklinga går no mot meir presisjonslandbruk, må også utdanningsinstitusjonane stimulerast så dei kan henge med. Dette gjeld frå jordbruksskulenivå, via landbruksmekanikar og tilsvarande støttefunksjonar, til doktorgradnivå. Vår oppleving er at vi her ligg noko bakpå. Det blir utvikla for lite ny kunnskap under norske forhold.
- Det vil stadig vere behov for prosjekt og utviklingsarbeid, og det er viktig at ein stor nok del av dette skjer nær bonden. I dag er mykje av prosjektfinsieringa retta ganske høgt opp og langt fram. Det er viktig og bra at slik forskning får midlar, men det må også skaffast til rådvelde meir midlar som kan brukast nærare bonden, med raskare veg frå løyving til dagleg nytteverdi.

11. Rekneskap

For gjennomføringa av prosjektet har støtta frå Landbruksdirektoratet vore fullt og heilt avgjerande, og vi er umåteleg takksame for løyvinga.

Den opprinnelege planen var eit prosjekt kostnadsrekna til omlag 7,7 millionar kroner, med 6,5 millionar i støtte. I tildelingsbrevet vart støtta redusert til to millionar, føresett ei totalramme på 3,0 millionar kroner. Vi har skalert ned prosjektet til å høve innanfor desse rammene. Det har vist seg i praksis umogeleg å hente ekstern finansiering frå andre kjelder. Generelt er maskinbransjen og andre aktørar noko knipne med midlar til slikt, men med koronapandemien vart sjølv drypande kraner aldeles attskrudde. Vi har heller ikkje klart å få inntening gjennom sal av tenester. Dels fordi varigheita på pandemien og reaksjonane på den har omkalfatra alt vi hadde av planer, dels fordi økonomien til bøndene i perioden er blitt hardt pressa med dramatisk prisauke på alt av innsatsmiddel.

Ein vesentleg konsekvens av den reduserte tildelinga er at vi har utbetalt ein mykje lågare timesats for utført arbeid enn budsjettet. Differansen mellom budsjettet timesats og utbetalt timesats er tatt som eigeninnsats. Det same gjeld ein del av timane knytt til prosjektadministrasjon.

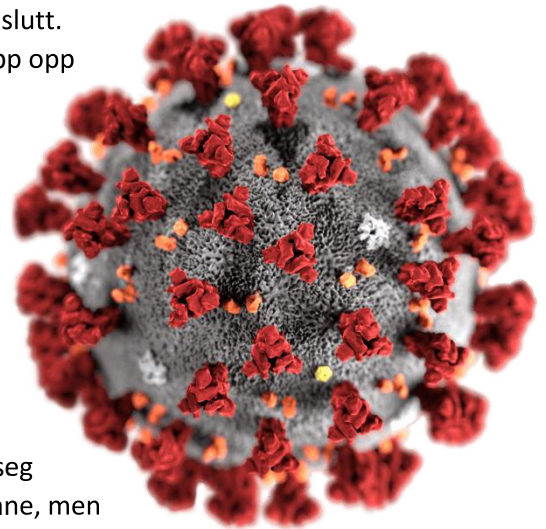
Takka vere stor velvilje frå utstyrsleverandørane, har vi hatt moderate kostnader til kjøp eller leige av posisjonsutstyr. Verdien på dette er fleire titusen kroner, som nok kunne vore ført både som kostnad og som sponsorinntekt. For å sleppe mykje formalitetar, som desse folka ikkje er veldig glade i, har vi ikkje kravd bilag frå dei på utleige av utstyr og sponsorverdi av at vi får leige utstyret til låg eller ingen kostnad. Om vi hadde ordna slik dokumentasjon, ville det sett ut til at vi hadde eit sekssifra beløp i større kostnader, men vi ville også hatt ditto i sponsorinntekter.

Den endelege prosjektrekneskapen med kommentarar blir lagt inn i dokumentet, som blir sendt på ny, på måndag førstkomande, i samråd med vår gode kollega Jon Mjærum.

12. Utfordringar i gjennomføringa av prosjektet

Prosjektet starta «midt i» kornatida. Og pandemien tok liksom aldri slutt. Dette har prega arbeidet i stor grad. Og sjølv om styresmaktene slapp opp på reglane etter andre runde med nedstenging, opplevde vi at interessa for å vere for nær kvarandre var litt blanda.

Desse stadige endringane har gjort at vi stadig har måtta snu om på planane våre, og det er blitt mindre både køyring og bondemøte enn første tenkt. Den kraftige reduksjonen i økonomiske rammer, pluss vanskar med å finne anna finansiering, har også vore utfordrande, mellom anna med den konsekvensen at bilen er blitt ståande i lengre periodar, for deretter å ta eit skippertak att. Økonomisituasjonen er også ein vesentleg del av forklaringa på at nokre av måla vi sette for prosjektet ikkje har late seg gjennomføre. Det å utarbeide eit dekningskart er av salderingspostane, men her er erfaringane med bruken av det første dekningskartet ein like viktig del av svaret.



19 Største utfordringa i prosjektet. Foto frå Store medisinske leksikon.

Reint teknisk har denne omgangen vore enklare enn den første. Vi sjølve starta ut med vesentleg meir kunnskap og erfaringar. Aldeles enkelt har det likevel ikkje vore. Vi jobba ein del med å få ei god løysing på monteringa av autostyringa. Å ha mange system i funksjon på same tid utfordra ladekapasiteten på bilen. Det å finne ein praktisk og effektiv metode for å måle og verifisere reell posisjon under køyring er ikkje aldeles rett fram.

Vi har venta på at det skulle kome utstyr for å kunne teste Gallileo HAS, noko som ikkje har dukka opp enno. På grunn av koronasituasjonen har vi også i periodar vore utan viktige system, fordi leverandørane vi har lånt dette av har vore nøydd til å få dette attende for å hjelpe kundar mens dei ventar på forsinka komponentar frå sine leverandørar.

Undervegs har vi hatt litt skifte av personell, fordi nøkkelpersonar har forlate oss og andre har kome til. Det å drive eit «litt stort» prosjekt som involverer mange sjølvstendige regionar, med litt timar på kvar av mange rådgivarar, mykje internfakturering og litt blanda kommandolinjer, fører til at rekneskap, oppfølging og rapportering blir unødig kronglete. Vi kunne også tenkt oss betre system for prosjektstøtte og prosjektstyring i eiga faggruppe, ein mangel vi nok i stor grad kan lastast for sjølve. Heldigvis ser det no ut til at NLR straks blir til ei eining, og då kan det verte enklare å handtere alt dette.

Vi kom også temmeleg skeivt ut på slutten, då vi bomma grovt på avtalt dato for sluttrapportering. Dette skuldast ein intern systemsvikt hos oss som er involverte i prosjektet. Vi er takksame for at Landbruksdirektoratet har hatt tolmod med oss lell.

Samla sett vil vi meine at prosjektet har vore handterbart, og at vi totalt sett har evna å handtere utfordringane som har oppstått. Fagleg har vi hatt stort utbytte, av stor relevans for norske bønder. Utfordringane vi har møtt på undervegs har ikkje svekka kvaliteten på kunnskapen vi har bygd opp. Innanfor tilgjengelege budsjetttrammer meiner vi å ha svart ut problemstillingane som vi skisserte for prosjektet. Bortsett frå ei alt for sein rapportering, er dei hindra vi har møtt i stor grad ting som einast er til plage internt. Erfaringane vi no har bygd oss innan prosjekthandtering gjer at vi meiner oss kvalifiserte til å kunne takle tilsvarende prosjekt i framtida.

13. Måloppnåing

Har vi nådd måla våre?

1: Å gi bønder i heile landet klart svar på korleis dekning og signalkvalitet er hos dei, for å kunne gi råd om kva presisjonsteknologi dei kan ha nytte av.

Ja. Ut frå målingar og får kunnskap om korleis terreng og signaltilgang er, kan vi svare bønder i heile landet tydeleg.

2: Å avdekke område med utfordrande dekningsforhold, for å leite etter løysingar saman med utstysleverandørar og styresmakter.

Ja. Der det er manglande Egnos-dekning, og brukaren klarer seg med Egnos, kan det fungere å ha eit system som nyttar alle tilgjengelege GNSS-system og køyre såkalla autonomt.

Der det er dårlege forhold for RTK, er det mogeleg å montere lokalt RTK-anlegg med radiodistribusjon. Styresmaktene bør oppmodast om å stille krav til arealdekning, iallfall i jordbruksområda, i konsesjonsvilkåra for mobiloperatørane.

3: Å spreie kunnskap om posisjonsbestemt presisjonslandbruk, og ufarleggjere teknologien, for å bidra til at fleire tek denne teknologien i bruk.

Ja. Veldig mange fleire bønder nyttar seg av presisjonsteknologi no enn for få år sidan, og fleirtalet av nye traktorar som kan ha posisjonsteknologi originalmontert, har dette. Det er grunn til å tru at NLR sin innsats har bidratt til dette.

Har vi nådd målgruppene?

Bøndene verkar til å ha god kjennskap til at NLR arbeider med dette, og salet av posisjonsutstyr verkar til å vere større enn før.

Internt i NLR er kunnskapen god mellom presisjonsrådgivarane, og vi har gode kanalar for å sikre eit greitt nivå hos rådgivarkorpset elles.

Leverandørane av maskiner og posisjonsutstyr er godt kjent med oss og kva vi kan.

Vi bør legge ned større innsats i å informere styresmakter og partane i jordbruksoppgjeret, ikkje minst om kva tiltak det vil vere lurt å satse på for å stimulere til vidare utbreiing av utstyr og satsing på signaltilgang.

Vi har frå før god dialog med Nibio sitt senter for presisjonslandbruk. No som rapporten vår er ferdig, er det aktuelt å presentere viktige funn i den for våre gode vener der.

Gjennom prosjektet har vi ikkje lukkast så godt som håpa med å nå ut til folk flest gjennom almenmedia.

Har vi gjennomført det vi tenkte å gjennomføre?

I stor grad. Men så har vi gjort ein del andre ting som vi undervegs har sett har vore vel så viktig, mellom anna ved å gå djupare inn i det med signalforstyrningar.

Oppgåvene vi har løyst er undervegs dynamisk tilpassa problemstillingane vi opplever at bøndene er mest opptekne av, og også problemstillingane som er mest hemmande i kvardagen deira.

1: Kombinasjonen av sterkt innskrenka økonomiske rammer og redusert rørslefridom på grunn av korona førte til at vi skar ned på planlagt reiseaktivitet. Kartleggingsarbeidet vart begrensa til supplerande kartlegging, særleg knytt til marginale område for signaltilgang. Vi har altså køyrd mindre enn planlagt, men meiner likevel at vi har kartleggingsresultat av stor nytteverdi.

2: Vi har ikkje testa korreksjonssignalet Galileo HAS, fordi der ikkje finst utstyr i handelen som nyttar seg av dette enno.

3: Vi har ikkje laga noko nytt dekningskart. Her fann vi ikkje at kost-nytte-verdien kunne forsvare slikt kart innan budsjetttrammene. Sjå meir i kapittel 5. Behovet eit kart skulle løyse meiner vi å dekkje betre på anna vis.

4: Vi har utstyrt bilen med autostyring, og sjekka repeterbarheita på signal. RTK har svært god repeterbarheit. Andre system har det ikkje.

5: Vi har ikkje testa system som er integrerte i traktorar. Vi kjenner funksjonen til desse, og har kunna teste tilsvarende funksjonalitet gjennom systema vi har disponert. Vi har også utstyrt bilen med IsoBus ledningsnett, for å simulere bruk av reiskap kopla til posisjonssystema. Dette fungerer godt.

6: Der har i prosjektperioden ikkje vore etterspurd betalt dekningskartlegging eller anna form for oppmåling på enkeltbruk. Bilen har vore rigga til å kunne utføre slikt arbeid. Etter fullført prosjektperiode er det kome inn nokre spørsmål om oppkøyring av skiftegrenser. Dette er ei teneste vi i kjølvatnet av prosjektet er kapable til å tilby, vi må berre finne ein måte å løyse det på reint praktisk.

7: Vi har prøvd ut rimelegare utstyr, og gjort oss kjent med rimeleg RTK-utstyr. Sistnemnde vart ikkje montert på bilen, men vi har sett på det i praktisk bruk. Vi ser at slikt utstyr kan vere teneleg der forholda er utfordrande.



20 Mange, både vi og bønder, har lært mykje i dei åra prosjektet har pågått. Og det å undervise slik er ein divisjon opp frå å stå med PowerPoint på parkettgolv.

14. Konklusjon

Norske bønder kan trygt investere i posisjonsbestet presisjonsutstyr. Dagens utstyr fungerer bra så godt som over alt. Nyare terminalar klarer å få akseptabel presisjon også utan Egnos-korreksjon. Men er du avhengig av absolutt presisjon og repeterbarheit, er RTK det rette. Vi skulle gjerne testa Galileo HAS. Terminalar som handterer dette signalet er diverre ikkje blitt tilgjengelege gjennom prosjektperioden.

Kartlegginga vi har gjort i denne andre fasen underbyggjer funna frå første runde: Generelt kan vi slå fast at det er god dekning av posisjonssignal over heile landet. Dekninga av korreksjonssignal er også god, men med nokre viktige merknader:

- Breiddegrad er ikkje noko hinder for Egnos korreksjonssignal.
- Egnos fell ut dersom det er for store hinder mot sør. Enkelt sagt: Er der dekning for TV-signal via parabol, er der også Egnos-dekning, for desse satellittane har omlag lik posisjon. Dette er særleg eit problem i aust-vest-dalar, og på sørsida av fjordar.
- RTX-signalet frå Trimble har ikkje dekning nord for Saltfjellet.
- John Deeres SF1-signal fungerer bra nesten over alt, med god presisjon. Også dette har visse bortfall, utan at vi heilt kan slå fast nokon systematikk i bortfalla der. Ved manglande SF1-signal ved oppstart, vil John Deere-systemet vi hadde til rådvelde heller ikkje køyre etter RTK-signal.
- Alle satellittbaserte korreksjonar kan oppleve problem langs skogkantar. Dei fleste mottakarar av nyare dato handterer kortvarige signalbortfall på ein grei måte.
- RTK-korreksjonen som Kartverket sender via mobilnettet fungerer svært godt over alt, føresett at der er mobildekning. Særleg på flatbygdene kan det vere eit problem med for dårleg mobildekning.
- Tilgang til korreksjonssignal er ingen føresetnad for å kunne bruke posisjonsstyrt utstyr, føresett at mottakaren nyttar seg av flest moglege GNSS-system.

Egnos er eit gratis korreksjonssignal, og høver difor godt for alle små og mellomstore bruk, særleg for dei som driv grovfôrproduksjon. Nyare terminalar som nyttar fleire GNSS-system ser ut til å kunne oppnå ein presisjon i nærleiken av Egnos.

Å satse på RTK-korreksjon har ein vesentleg høgare oppstartpris og attåt ein årleg abonnementskostnad. Difor er dette mest aktuelt for bruk med produksjon over eit visst omfang. Ein vesentleg fordel med RTK er at posisjonen er repeterbar.

Det er eit paradoks at det på flatbygdene, der RTK kanskje er mest aktuelt, er størst problem med mobilsignalet, mens satellitmottaket er framifrå. I fjord- og dalstrøka, der produksjonen er slik at Egnos er mest aktuelt for flest, er det meir problem med Egnos-mottaket, mens mobilsignala kan vere svært gode. Dette viser oss at det er ein disharmoni mellom signaltilgangen og signalbehovet. Heldigvis er det moglege for norske aktørar og norske styresmakter å gripe tak i dette. Eit lett handgripeleg tiltak er å sjå kva som skal til for å betre mottaket av RTK i område som i dag har dårleg mobildekning. Det er også aktuelt å gjere som mellom andre Austerrike, og bestemme at Staten spanderer gratis RTK til bruk i landbruket.

Viss faglagar og styresmaktene set seg eit fullt oppnåeleg, men likevel spenstig mål om at Noreg skal vere fremst i verda på presisjonslandbruk, og lar eit slikt mål bli følgt av målretta verkemiddel, er det alt i dag fullt moglege å finne presisjonsutstyr som vil fungere på nær 100 prosent av alle norske gardsbruk. Mange kan forsvare ei slik investering uansett, men ikkje alle. Difor er det klokt om dei styrande bidrar med økonomiske stimuli direkte til bonden og til organisasjonar som kan gi bonden støtte, som ein katalysator for raskare innføring og betre utnytting av teknologien.

Vi har for få målingar av presisjonen til dei ulike systema og signalnivåa til å kunne rangere desse, ut over at vi veit at RTK er særst presist. Det synest som om presisjonen kan variere litt avhengig av satellittilgang – ein brei sektor med open himmel gir betre trianguleringsforhold enn djupt nede i ein trong dal. I grove trekk har vi inntrykk av at presisjonen som leverandørane oppgir er truverdig, og at andre faktorar er like viktige for å sikre opnådd presisjon i kvardagsbruk. Til dømes korrekt innstilling av reiskapen.

Det verkar til at at bønder som tek i bruk presisjonsteknologi samstundes blir meir medvitne på den klassiske agronomien, og gjennom det får dei ei betre drift. Denne kombinasjonen kan bidra til ein større miljømessig gevinst enn det vi får einast ved å ta i bruk presisjonsutstyr.

Har vi nådd måla våre? I stor grad. Vi kan svare bønder klart og tydeleg på mange spørsmål om posisjonsstyrt utstyr. Vi skulle gjerne hatt meir tid til å køyre ut og treffe fleire bønder, noko koronaen og budsjettet sette grenser for.

Sjølv om dette prosjektet er avslutta og dekningsbilen er ribba og levert attende, vil det i åra som kjem kome mange spørsmål som krev nye svar. For det norske landbruket vil det vere klokt å gi NLR romslege tøylar til å drive dette arbeidet vidare i kvardagen – nær bonden, slik at problemstillingane kan takast når dei dukkar opp. Det kostar å bygge kunnskap, men for samfunnet og landbruket vil det koste meir å la vere.



21 Foto: Johanne Flatvad



Kjelder og litteratur

ii Chamen, Tim: *The Potential for CTF in Grassland Production*. Webinar for NLR september 2020. CTF Europe

iii Dyrdal, Gunstein og Agjeld, Jogeir: *Omfanget av, og erfaringa med, presisjonslandbruk i Noreg*. Prosjekt knytt til temaet *Økonomiske og miljømessige gevinstar med presisjonslandbruk* på oppdrag for styret for Forskningsmidler over jordbruksavtalen. Norsk Landbruksrådgiving, mars 2019

iv <https://www.kartverket.no/Posisjonstjenester/GPS-og-GNSS/>
<https://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/>

x https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new_egnos_ops/european-gnss/what-gnss
https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new_egnos_ops/pass_to_pass
<https://www.kartverket.no/Posisjonstjenester/CPOS/>
<https://positioningservices.trimble.com/wp-content/uploads/2019/02/Trimble-RTX-FAQ-2020-Brochure.pdf>

vi Kilde: www.trimble.com/OEM_ReceiverHelp/V4.44/en/NMEA-0183messages_GGA.html

vii <https://www.c4isrnet.com/opinion/2022/07/22/why-isnt-russia-jamming-gps-harder-in-ukraine/>

xiii <https://www.romsenter.no/Fagomraader/Satellittnavigasjon/Hva-du-boer-vite-om-satellittnavigasjon2>

ix <https://www.romsenter.no/no/Fagomraader/Satellittnavigasjon/Hva-du-boer-vite-om-satellittnavigasjon2>

[1] <https://positioningservices.trimble.com/resources/coverage-maps/>

xi https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new_egnos_ops/resources-tools/egnos-visibility-maps

xii <https://www.kartverket.no/Posisjonstjenester/Romvar-og-posisjonstjenester/>

[1] <https://www.romsenter.no/no/Fagomraader/Satellittnavigasjon/Hva-du-boer-vite-om-satellittnavigasjon2>

xiv <https://snl.no/GPS>
<https://www.aftenposten.no/norge/i/a25bWO/Lastebilsjåfor-blokkerte-GPS-signalene-til-ambulanshelikopter-Det-skjer-stadig-oftere>
<https://www.tungt.no/transportmagasinet/gpsjammere-bruke-til-a-jamme-flatestyring-6755383>

[1] <https://www.bkk.no/om-bkk/magnetfelt-og-kraftledninger>

xvi https://www.nve.no/Media/3620/bebyggelse_hoyspentanl.pdf

xxi Dyrdal, Gunstein og Agjeld, Jogeir: *Omfanget av, og erfaringa med, presisjonslandbruk i Noreg*. Prosjekt knytt til temaet *Økonomiske og miljømessige gevinstar med presisjonslandbruk* på oppdrag for styret for Forskningsmidler over jordbruksavtalen. Norsk Landbruksrådgiving, mars 2019

I tillegg til det over nemnde: Ei lang rekkje samtalar med leverandørar og folk hos Kartverket, Norsk Romsenter, bønder og andre som har bidratt til å heve kunnskapen og finne ut av detaljar og store linjer, utan at dei er nemnde spesifikt her.

xvii <https://www.tu.no/artikler/stifinnerne-pa-himmelen/481687>

xviii <https://frekvens.nkom.no/#/main>

ⁱ [CPOS dokumentasjon | Kartverket.no](#)

ⁱⁱ Chamen, Tim: *The Potential for CTF in Grassland Production*. Webinar for NLR september 2020. CTF Europe

ⁱⁱⁱ Dyrdal, Gunstein og Agjeld, Jogeir: *Omfanget av, og erfaringa med, presisjonslandbruk i Noreg*. Prosjekt knytt til temaet *Økonomiske og miljømessige gevinstar med presisjonslandbruk* på oppdrag for styret for Forskningsmidler over jordbruksavtalen. Norsk Landbruksrådgiving, mars 2019

^{iv} <https://www.kartverket.no/Posisjonstjenester/GPS-og-GNSS/>
<https://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/>

^v https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new_egnos_ops/european-gnss/what-gnss
https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new_egnos_ops/pass_to_pass
<https://www.kartverket.no/Posisjonstjenester/CPOS/>
<https://positioningservices.trimble.com/wp-content/uploads/2019/02/Trimble-RTX-FAQ-2020-Brochure.pdf>

^{vi} Kilde: www.trimble.com/OEM_ReceiverHelp/V4.44/en/NMEA-0183messages_GGA.html

^{vii} <https://www.c4isrnet.com/opinion/2022/07/22/why-isnt-russia-jamming-gps-harder-in-ukraine/>

^{viii} <https://www.romsenter.no/Fagomraader/Satellittnavigasjon/Hva-du-boer-vite-om-satellittnavigasjon2>

^{ix} <https://www.romsenter.no/no/Fagomraader/Satellittnavigasjon/Hva-du-boer-vite-om-satellittnavigasjon2>

^x <https://positioningservices.trimble.com/resources/coverage-maps/>

^{xi} https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new_egnos_ops/resources-tools/egnos-visibility-maps

^{xii} <https://www.kartverket.no/Posisjonstjenester/Romvar-og-posisjonstjenester/>

^{xiii} <https://www.romsenter.no/no/Fagomraader/Satellittnavigasjon/Hva-du-boer-vite-om-satellittnavigasjon2>

^{xiv} <https://snl.no/GPS>
<https://www.aftenposten.no/norge/i/a25bWO/Lastebilsjafor-blokkerte-GPS-signalene-til-ambulanshelikopter-Det-skjer-stadig-oftere>
<https://www.tungt.no/transportmagasinet/gpsjammere-bruke-til-a-jamme-flatestyring-6755383>

^{xv} <https://www.bkk.no/om-bkk/magnetfelt-og-kraftledninger>

^{xvi} https://www.nve.no/Media/3620/bebyggelse_hoyspentanl.pdf

^{xvii} [Slik virker GPS - Tu.no](#)

^{xviii} [Nasjonal frekvensplan - Frekvensportalen \(nkom.no\)](#)

^{xix} [977 \(cept.org\)](#)

^{xx} <https://www.bkk.no/om-bkk/magnetfelt-og-kraftledninger>

^{xxi} Dyrdal, Gunstein og Agjeld, Jogeir: *Omfanget av, og erfaringa med, presisjonslandbruk i Noreg*. Prosjekt knytt til temaet *Økonomiske og miljømessige gevinstar med presisjonslandbruk* på oppdrag for styret for Forskningsmidler over jordbruksavtalen. Norsk Landbruksrådgiving, mars 2019

I tillegg til det over nemnde: Ei lang rekkje samtalar med leverandørar og folk hos Kartverket, Norsk Romsenter, bønder og andre som har bidratt til å heve kunnskapen og finne ut av detaljar og store linjer, utan at dei er nemdne spesifikt her.

[Præcisionsjordbrug som alternativ til efterafgrøder \(landbrugsinfo.dk\)](https://landbrugsinfo.dk)

[bebyggelse hoyspentanl.pdf \(nve.no\)](https://nve.no/bebyggelse/hoyspentanl.pdf)