



Kommunikasjonsteknologi i vegtransportsektoren

Utfordringer og behov for fremtidens transportsystem

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 719



Tittel

Kommunikasjonsteknologi i vegtransportsektoren

Undertittel

Utfordringer og behov for fremtidens transportsystem

Forfatter

Thor Gunnar Eskedal, Erlend Hoksrud Aakre, Tomas Levin og Finn Tore Johansen

Avdeling

Vegtransport

Seksjon

Prosjektnummer

Rapportnummer

Nr. 719

Prosjektleder

Thor Gunnar Eskedal

Godkjent av

Jacob Trondsen

Emneord

Mobilkommunikasjon, fiber, 5G, V2V, ITS-G5, IoT

Sammendrag

Rapporten gir en bakgrunn innen både trådbaserte og trådløse teknologier med fokus på utfordringer som vil møte veiforvalterne i fremtiden. Dette berører aspekter som kommunikasjonskapasitet, kvalitet, sikkerhet og dekning for ulike tjenester og situasjoner. Det er også påpekt viktigheten av å få på plass en erstatning for Nødnett når det tas over av kommersielle mobilnett. Det er fremført flere punkter som veiforvaltere og Statens vegvesen i særdeleshet vil måtte vurdere og ta et ansvar for å få bygd ut et tilfredsstillende kommunikasjonsnett for fremtidens transportsystem. Det er viktig å ha tett samarbeid med Nkom, bredbåndsløseleverandører og tele- og dataoperatørene for å oppnå målene for vei-transportsektoren.

Title

Communication technologies for the road transport sector

Subtitle

Challenges and requirements for the future transport system

Author

Thor Gunnar Eskedal, Erlend Hoksrud Aakre, Tomas Levin og Finn Tore Johansen

Department

Road Transport

Section

Project number

Report number

No. 719

Project manager

Thor Gunnar Eskedal

Approved by

Jacob Trondsen

Key words

Mobile Communication, fiber, 5G, V2V, ITS-G5, IoT

Summary

The report gives a background to both fixed and mobile communication technologies with focus on issues that road authorities need to be aware of for the future. This involves aspects such as communication capacity, security and coverage for various applications and situations. The importance of establish solutions to replace the emergency network when commercial mobile networks take over the service has also been pointed out. Many issues are put forward in the report that road authorities, and in particular the Norwegian Public Roads Administration, need to take responsibility for to establish a satisfactory communication network for the future road transport system. It is important with close cooperation with The Norwegian National Communication Authority, tele- and data communication operators to reach the goals for the road transport network.





Forkortelser

BAP	Bredbånds Aksess Punkt
CAM	Cooperative Awareness Messages
CCAM	Cooperative, Connected and Automated Mobility
CEN	European Committee for Standardization
C-ITS	Sammenkoplet ITS
CSCF	Call Session Control Function
C-V2X	Cellular Vehicle to everything
DENM	Decentralized Environmental Notification Messages
DSB	Direktorat for Samfunnssikkerhet og Beredskap.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FWA	Fixed Wireless Access
IMS	IP multimedia subsystem
IoT	Internet of things
IoV	Internet of vehicles
ISO	International Organization for Standardization
ITS	Intelligente transportsystemer og – tjenester
ITS-G5	Kortholds radioteknologi basert på WiFi standard
Nkom	Norsk kommunikasjonsmyndighet
NVE	Norsk vassdrags og elektrisitetsverk
RNC	Radio Network Controller
RSRP	Reference Signals Received Power
SIM	Subscriber identity Module
UPS	Uninterrupted Power Supply
VTS	Veitrafikksentral
xDSL	Digital subscriber Line

Innhold

Forkortelser	3
Sammendrag	5
Bakgrunn	6
1. Hensikt	8
2. Tjenester knyttet til fremtidens veitransport	9
3. Ansvar for tjenester og dekningsressurser	12
4. Status for dekning i Norge	12
5. Kommunikasjonsnettet i Norge	15
5.1 Kjernenett	15
5.2 Regionalnett	16
5.3 Aksessnettet	16
6. Trådbaserte og trådløse kommunikasjonsteknologier	17
6.1. Trådbaserte aksessnetsteknologier	17
6.2. Trådløse aksessnetsteknologier	17
6.3. Fibernettet	19
6.4. Fast trådløs kommunikasjon	20
7. Radioteknologier og utfordringer fremover	22
7.1. Avhengighet av nært samarbeid	22
7.2. Bruk av 5G radioteknologi	23
7.3. Erstatning etter utfasing av Nødnett	24
7.4. Bruk av høyere frekvensbånd	26
7.5. Bruk av kortholdsradioteknologier på 5,9GHz	27
7.6. Løsninger for manglende dekning hos en operatør	29
7.7. Likebehandling av utenlandske kjøretøy	30
7.8. Handoversupport ved bytte av operatør	31
7.9. Bruk av lavspenningssensorer	31
8. Oppsummering	33



Sammendrag

Dette dokumentet gir en oversikt over kommunikasjonsteknologier som det er viktig at veiforvalterne er kjent med. Dette omfatter trådbaserte teknologier som fiber samt trådløse teknologier som 5G og kortholdsteknologier som ITS-G5 og C-V2X. Satellittkommunikasjon er ikke behandlet i denne rapporten.

Den pågående digitaliseringen av samfunnet vil kreve en robust og sikker kommunikasjonsinfrastruktur for å tilfredsstille kravene til blant annet trafikkstyring, trafikkikkerhet og god fremkommelighet. Utviklingen mot automatiserte og sammenkoblede kjøretøy vil og drive fram mange nye tjenester som vil sette høye krav til kommunikasjonsinfrastrukturen. Flere av tjenestene vil kreve høy båndbredde, lav forsinkelse, høy tilgjengelighet og god robusthet og sikkerhet og i stor grad være basert på trådløse teknologier. Krav til god dekning vil i tillegg stille høye krav til implementering av radioteknologier som skal håndtere kommunikasjonsbehovene innen veitranportsektoren.

Det er potensielt flere ulike faste og trådløse teknologier som vil danne grunnlaget i fremtidens kommunikasjonsnett mellom kjøretøy og mellom kjøretøy og veiforvaltere, samt til/fra andre aktører i og utenfor transportsystemer. Mange ulike teknologier er kort beskrevet, og det er påpekt flere emner som veiforvaltere bør vurdere knyttet til disse. Emner som tas opp er blant annet utbyggingsbehov for fiber langs veistrekninger, bruk av skiver i 5G teknologien for prioriterte tjenester, erstatningsteknologi for Nødnett, krav til kontinuerlig dekning ved ulike situasjoner samt bruk av høyere frekvenser som 26GHz og 63GHz. Flere av disse emnene vil danne grunnlag for videre arbeid og mer inngående studier.

Bruken av disse teknologiene vil påvirke transportsektoren fremover på flere måter. Det er derfor viktig at veiforvalterne kjenner til teknologiene, hva de kan brukes til, hvilke utfordringer man har knyttet til dem og hvilke grep man bør ta for å forberede seg mot denne utviklingen.

Noen emner som tas opp peker på behov og utfordringer nært i tid, dvs. som veiforvalter bør ta tak i innen kort tid. Andre emner har et mer langsiktig perspektiv og vil kreve mer langsiktig planlegging og tilrettelegging for et økonomisk, effektivt og internasjonalt harmonisert transportsystem på sikt.

Rapporten ser ikke på behov og utvikling av IT-infrastrukturen, databasesystemer, og datasystemer for prosessering, lagring og håndtering av meldinger, databearbeiding og lignende. Bruk av skytjenester og «Edge computing» er derfor ikke behandlet her. Det er først og fremst teknologier for å håndtere kommunikasjonen som er inkludert i denne rapporten.



Bakgrunn

Samfunnet digitaliseres og automatiseres i et høyt tempo. Denne utviklingen ser vi tydelig innen produksjon og styring av utstyr og systemer for drift og vedlikehold, trafiksikkerhet og trafikkforvaltning. Bilindustrien har også gjennom de siste årene gått gjennom en svært hurtig utvikling mot stadig større grad av automasjon. Nye bilmodeller kommer med stadig flere førerstøttesystemer deriblant teknologi for kommunikasjon med andre kjøretøy og utstyr langs veiene.

Digitaliseringen vil påvirke veiforvaltnernes virksomhet innen flere områder. Siden mye av virksomheten vil være avhengig av datakommunikasjon, vil alle veiforvalterne være avhengig av et robust og sikkert kommunikasjonsnett fremover. Alle veiforvalterne må ta denne utviklingen inn over seg og bestyke veiene med utstyr som kan koplets til nett og som kan kommunisere med andre veiobjekter og kjøretøy. Brukerne i transportsektoren vil forutsette at informasjonstjenester om sikkerhet, fremkommelighet, reguleringer o.l. vil benytte mobilnett eller andre kommunikasjonsteknologier som vil gjøre det mulig for brukerne i sann tid å motta og sende informasjon til veitrafikksentraler og til hverandre.

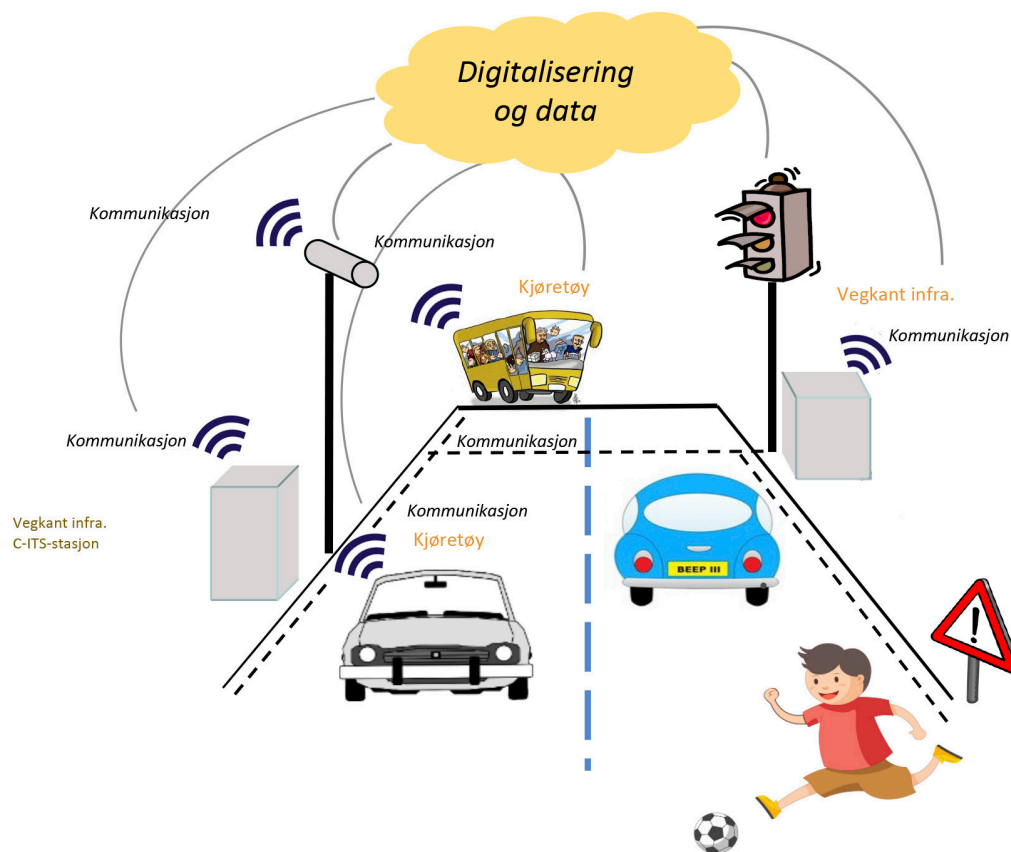
Utviklingen man ser i transportsektoren kan sammenfattes i begrepet CCAM (Cooperative, Connected and Automated Mobility). Her kombineres fire essensielle funksjoner som i stadig større grad vil ta over en førers oppgaver og håndtere trafikken og fremkommeligheten generelt.

Cooperative	Samvirkende systemer vil bidra til optimalisering av transporten både for den enkelte og for transportsystemet som helhet. Avansert styring av trafikken vil kreve kontinuerlig datakommunikasjon mellom aktørene i transportsystemet.
Connected	Oppkoblede kjøretøy vil kunne utveksle informasjon med både veikantutstyr, baksystemer, personlige enheter og andre kjøretøy. Eksempler på utveksling av informasjon i en tidlig fase kan være posisjon, fart, hendelser og føreforhold. Senere i utviklingsløpet vil aktørene i transportsystemet for eksempel kommunisere sine intensjoner.
Automated	Førerens oppgaver vil i stadig større grad motta støtte fra automatiserte systemer. Systemenes geografiske virkeområde (operational design domain) og fordelingen av ansvar mellom kjøretøy og fører, må være tilpasset teknologiens modenhet.
Mobility	Mobilitetsbegrepet favner alle transportformer og alle former for eierskap og forretningsmodeller. Bilindustrien har hittil vært først i løypa, både innenfor C-ITS (samvirkende intelligente transportsystemer), automatisering og førerstøttesystemer. Andre transportformer er i ferd med å få en mer fremtredende plass enn tidligere.

Det er viktig at denne utviklingen mot samvirkende, oppkoplet og automatisert mobilitet hviler på en pålitelig og robust kommunikasjonsinfrastruktur som er i stand til å møte disse behovene og de økende kravene som drives fram nasjonalt og internasjonalt. Spesielt gjelder dette trafiksikkerhet, men også tjenester som fremmer fremkommelighet og miljømessige aspekter. Det er derfor viktig å følge med på utviklingen av kommunikasjonsteknologiene for å kunne vurdere hva slags teknologier som best kan håndtere behovene.

Statens vegvesen ved Vegdirektoratet har et overordnet ansvar for å stille krav og sørge for et sikkert, effektivt og framkommelig transportsystem. Det er av særskilt viktighet at Statens vegvesen er oppmerksom på behovene og følger tett opp utviklingen innen kommunikasjonsteknologier for å kunne legge til rette for at andre veiforvaltere kan utruste veinettene sine med nødvendig kommunikasjonsinfrastruktur og instrumentering. Også i forbindelse med

bygging av nye veistrekninger så kan behov knyttet til kommunikasjon måtte gjenspeiles i prosjekteringen av veianleggene. Det er derfor viktig at Statene vegvesen og andre veiforvaltere er oppmerksom på momentene som blir belyst i denne rapporten.



Figur 1: Fremtidens veitransport vil stille store krav til kommunikasjonsinfrastrukturen

For veiforvaltere er det viktig å vurdere behov for infrastruktur og mulige utfordringer knyttet til digital kommunikasjon for eget veinett. Det gjelder utfordringer knyttet til tunneler, ferjestrekninger, dype daler, grenseoverganger, høyfjellsstrekninger og lignende.

Datakommunikasjon krever bruk av elektrisk strøm. Digitalisering med økt bruk av datakommunikasjon vil derfor og forutsette tilgang til en robust og stabil tilførsel av elektrisk strøm. Hvordan strømmettet bygges ut med for eksempel sikker tilførsel til basestasjoner for mobilkommunikasjon, alternative strømkilder til skilter o.l., vil ikke bli nærmere behandlet i denne rapporten.

Bruk av satellitt for å ivareta kommunikasjonsbehovene til transportsystemene fremover, er ikke vurdert i dette dokumentet. Satellitt vil ha sin rolle der det kan være svært vanskelig eller dyrt å få etablert dekning fra jordbaserte teknologier. I tillegg vil satellittkommunikasjon være tett knyttet til posisjonering og tidssynkronisering for meldingsutveksling.

Det er svært mange felter hvor kommunikasjon vil være viktig fremover. De momentene som er nevnt i rapporten tar ikke høyde for å være uttømmende. Flere emner som er tatt opp vil derfor gi opphav til separate dokumenter som behandler temaet mer i detalj.



1. Hensikt

Hensikten med rapporten er å gi en beskrivelse og vurdering av kommunikasjonsteknologier som vil være viktige for å kunne håndtere fremtidens transport. Det vil bli pekt på flere utfordringer knyttet til bruk av ulike kommunikasjonsteknologier. Flere av disse utfordringene vil kreve at veiforvalterne i Norge er klare til å ta i bruk ny teknologi når teknologien er moden. Hvilke teknologier som kan og bør benyttes må identifiseres samt at alle behovene som forutsetter trådbasert og/eller trådløs kommunikasjon må klargjøres. Behovene må deretter spilles inn til blant annet Direktorat for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), Nasjonal Kommunikasjonsmyndighet (Nkom), teleoperatørene, Norges vassdrag og elektrisitetsverk (NVE) og andre som alle er viktige samarbeidsaktører for å få på plass en robust og effektiv kommunikasjonsinfrastruktur.

Rapporten tar opp mange emner med ulike utfordringer. Ikke alle er like relevante for alle veiforvalterne. De fleste områder er bare løselig problematisert og belyst. Hvert enkelt emne vil kreve dypere studier for å kunne vurdere hvordan de ulike teknologiene mest effektivt og økonomisk kan brukes for å tilfredsstillere behovene, samt hvordan man konkret bør gå fram for å ta dem i bruk.

Målgruppen

Målgruppen er fortrinnsvis alle som er involvert i utvikling, drift og forvaltning av veinettet og som på en eller annen måte er involvert i planlegging, bygging av nye veitraseer, instrumentering og overvåking/styring av trafikkbildet. Hvilke typer utstyr og kommunikasjon man vil benytte, vil blant annet være avhengig av behov for kapasitet, dekning, sikkerhet og kvalitet på kommunikasjonstjenesten. Ansvar for å følge med og eventuelt ta aksjon innenfor de ulike emnene som tas opp i rapporten, er ikke tildelt spesifikke roller eller aktører, men sammenfattet i termen «veiforvalter».

Den teknologiske utviklingen går fort, spesielt innen trådløse teknologier. Det er derfor viktig å ikke binde seg til bestemte teknologiske løsninger for tidlig, men se dette også i sammenheng med de fremtidige muligheter ulike typer teknologier vil dekke. Etter hvert som behovene innen transportsektoren blir mer klare og man oppnår nasjonal og internasjonal enighet med standardiserte og harmoniserte løsninger, så kan man bestemme de spesifikke teknologiske nasjonale løsningene.



2. Tjenester knyttet til fremtidens veitransport

Behovene for trådløs kommunikasjon til transportsektoren vil øke gradvis etter hvert som hele transportsektoren blir mer digitalisert. Med introduksjon av CCAM vil kjøretøyene ha behov for å utveksle store datamengder over kort tid, og trafikkstyringsmyndigheter må ha kommunikasjonsressurser for trafikkstyringsformål. I tett trafikk og/eller i stor hastighet vil dette medføre store datamengder som må transporteres hurtig fra veikant til/fra kjøretøy, mellom kjøretøy, mellom trafikkforvalter og transportsystemet m.m.

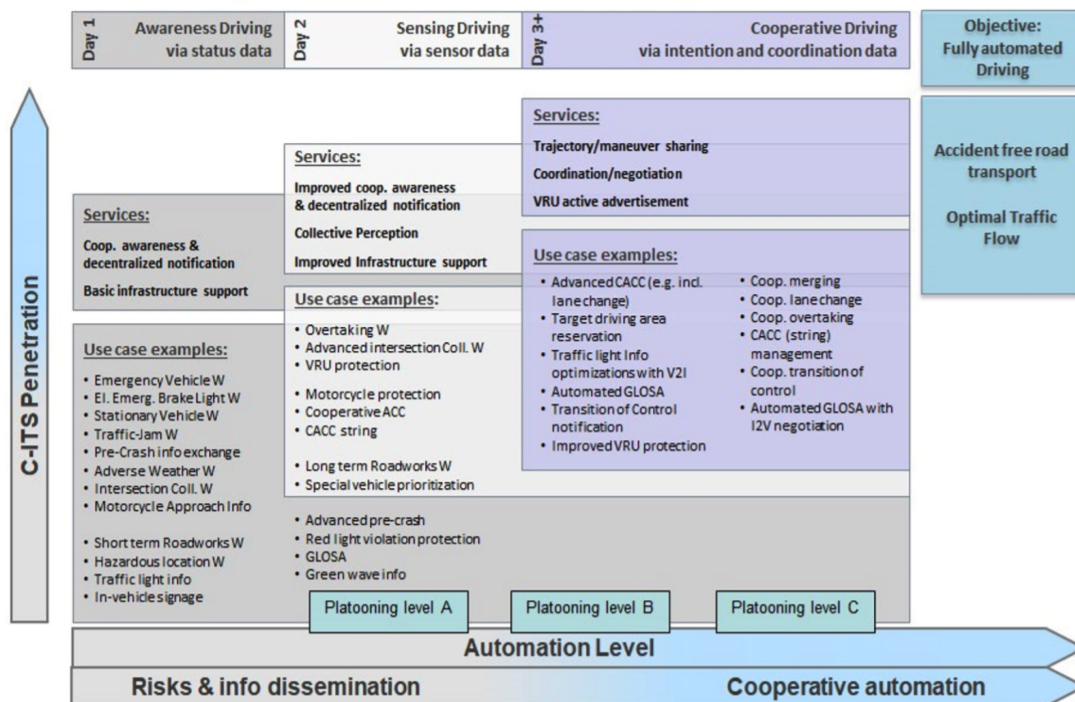
Man kan skille databehovet i flere domener deriblant:

- Data mellom kjøretøy
- Data til/fra kjøretøy og veikantinstallasjoner og ulike sensorinstallasjoner
- Data til/fra veikantutstyr/sensorer til sentralsystemer og trafikkforvaltere
- Data til/fra personlige enheter og sensorer

Det vil kreves både lokal kommunikasjon og langtrekkende kommunikasjon på egnet kommunikasjonsteknologi og frekvens for å oppnå CCAM. Figur 2 viser de ulike fasene i utviklingen (Day 1, Day 2, Day 3...). For hver ny fase forventes det økt penetrasjon i markedet (på y-aksen) og økt grad av automatisering (x-aksen).

- *Day 1*-tjenestene innebærer deling av informasjon om kjøretøyenes og infrastrukturens status i form av CAM- (Cooperative Awareness Messages) og DENM-meldinger (Decentralized Environmental Notification Messages). Typiske bruksområder kan være varsler om kø, fartsgrenser, vær- og føreforhold og et utvalg farlige situasjoner.
- *Day 2*-tjenestene vil i tillegg baseres på mer avansert deling av sensordata. Dette kan for eksempel benyttes til kollisjonsvarsling i veikryss og ved forbikjøring, beskyttelse av myke trafikanter, samvirkende automatisk fartsholder med mer.
- *Day 3*-tjenestene muliggjør samvirkende og koordinert kjøring, ved at aktørene i transportsystemer deler sine intensjoner og planer. Eksempler på dette kan være samvirkende automatisk fartsholder med funksjonalitet for filskifter, samvirkende systemer for fletting og forbikjøring, samt optimalisering av trafikkflyt og sikkerhet i både signalregulerte og ikke-signalregulerte kryss.
- *Day 4* er visjonen om fullstendig samvirkende, oppkoplet og automatisert mobilitet, uten ulykker og utslipp og med optimalisert trafikkflyt.

Roadmap: Services & sample use cases



Figur 2: Oversikt over tjenester for de ulike fasene i en utvikling mot CCAM.
 Kilde: CAR 2 CAR Communication Consortium: CAR 2 CAR Journal, mars 2019 ¹

Tjenester og datautveksling kan igjen deles inn i:

- Trafikkstyringsdata
- Sikkerhetsrelaterte data
- Drift og vedlikehold
- Innholdstjenester
- Posisjoneringsinformasjon
- Andre

Applikasjonene innen hver av disse gruppene vil ha ulikt kapasitetsbehov og dekningsbehov.

Dekning

Noen tjenester kan konsumeres/lastes ned ved bestemte geografiske områder f.eks. grenseinformasjon, geofence o.l., mens andre vil kreve meget god dekning for å fungere optimalt. Dette kan for eksempel være ulike typer sikkerhetsapplikasjoner.

Kapasitet

Kapasitetsbehov for alle tjenestene som man forventer vil bli tatt i bruk i trafikksystemet, vil øke gradvis etter hvert som kjøretøyparken utvikles og digitaliseres. Behov for kommunikasjonskapasitet fremover er derfor vanskelig å estimere nøyaktig i dag.

¹ Journal_22_C2C-CC_Mar_2019.pdf (car-2-car.org)



Totalt kapasitetsbehov vil blant annet være avhengig av:

- Mengden og krav til type tjenester som er i bruk i et område,
- antall tjenester av samme og ulike typer som brukes samtidig
- antall kjøretøy som bruker de ulike tjenesten innenfor det geografiske området
- farten til trafikken i området
- mengden tilleggsinformasjon som må følge basistjenesten
- i tillegg vil værforhold, topografiske forhold og dempning i ulike materialer i kjøretøyene påvirke opplevd kapasitet.

For de fleste tjenestene finnes det et grovt estimat over kapasitetsbehov. Alle de forventede tjenestene er ikke fullt ut kapasitetsberegnet ennå. Årsaker til det er at tjenestene ikke er detaljert mht. meldingsutveksling/informasjonsbehov samt kriterier som leveringshastighet, sikkerhetskrav og medfølgende data som for eksempel posisjoneringsinformasjon og sikkerhetsoverhead.

Robusthet og sikkerhet

Mange av de forventede tjenestene vil kreve høy kapasitet og i en del tilfeller høy sikkerhet, robusthet og dekningsstabilitet. Det kan være tjenester som telekjøring, hvor en operatør tar over kontroll over et automatisert kjøretøy og kjører det forbi en hindring eller ut på en veiskulder. Man må være sikker på at det er en autorisert aktør som får lov til å ta over kontroll av et automatisk kjøretøy, noe som krever gode sikkerhetsløsninger med sertifikathåndtering. Andre applikasjoner kan være fjernovervåkning av helse for en pasient i en ambulanse på vei til sykehus. Denne tjenesten kan kreve svært høy kapasitet, god sikkerhet og kontinuerlig dekning på ruten til sykehuset. Utfall av tjenesten for eksempel pga. mangel på sømløs overgang mellom ulike typer radionett, kan være meget uheldig for slike kritiske tjenester.

Nøkkelhåndtering i form av digitale sertifikater vil være en premiss for meldingsutveksling mellom kjøretøy og mellom kjøretøy og veikant/sentralsystem. Ved fremtidig bruk av utstyr med kommunikasjonsutveksling vil det være en forutsetning at utstyret er lagt til rette for sikker kommunikasjon. Å følge standardiserte løsninger med hensyn til sikkerhet ved datautveksling vil her være svært viktig.

Veiforvalterne må sammen med DSB og Nkom vurdere om prioritetsabonnement for bruk av kommunikasjonsressurser i trafikkammenheng er aktuelt. Med et slikt prioritetsabonnement vil man få prioritert konnektivet innen egen og andre operatørers nett. Ved roaming er det spesielt viktig at tjenestenes krav til kvalitet og kapasitet opprettholdes ved grensekryssinger. Se ellers avsnitt om internasjonal roaming og tjenestedeградering.

Det kan være vanskelig å få prioriterte ressurser for ønskede tjenester. Manglende kapasitet fra operatørene kan derfor komme til å gå ut over alle aktørers tjenester, også veioperatørenes. For eksempel kan videostreaming, som underholdning mens man kjører, kreve mye kapasitet fra mobilnettet. Uten prioritering av tjenester kan dette gå på bekostning av kapasitet for «viktigere» tjenester.



3. Ansvar for tjenester og dekningsressurser

Ansvar for tjenestene som skal sendes til/hentes fra kjøretøy vil være delt på flere aktører. Veiforvalterne vil først og fremst ha ansvar for tjenester som dekker trafikkstyring, trafiksikkerhet og fremkommelighet. Forvaltning av informasjonstjenester i form av ruteplaner, informasjonstjenester, helse/telemedisin etc. vil ha andre ansvarlige som Entur, helseforetak, mediebedrifter o.l.

For veiforvalterne er det derfor viktig å peke ut de tjenestene som de har et særskilt ansvar for å dekke og spesifisere behovene tjenestene har til dekning, kvalitet, sikkerhet og kapasitet.

Veiforvalterne har et overordnet ansvar for å se transportsektoren på sitt veinett under ett og må derfor ta høyde for at andre tjenester som vil være rettet mot trafikantene, vil komme til å bruke en delt ressurs som f.eks. kan være mobillkapasitet. De må derfor i sine planer ta høyde for alle typer applikasjoner som kan bli benyttet i trafikken slik at de kjenner det totale kapasitetsbehovet, og således se sine egne applikasjoner i dette totale bilde.

4. Status for dekning i Norge

For å kartlegge dekningen langs norske veier har dekningskartene til mobilnetttilbyderne blitt brukt som utgangspunkt. Ved å samkjøre dekningskartene fra mobiltilbyderne med det digitale veinettet fra NVDB ble dekningshull langs veinettet identifisert. Resultatene fra denne teoretiske øvelsen viste mange dekningshull av varierende lengde, noe som også ble underbygget fra en rekke dekningsmålinger utført av Nkom i 2018.

Dekningshull

I et trafiksikkerhetsperspektiv vil mange av dagens kjøretøy og kommende kjøretøy benytte mobilnettet til kommunikasjon av trafiksikkerhetsrelatert informasjon. Dette kan for eksempel være informasjon om glatte veipartier, ulykker og/eller dyr i veibanen. Mangel på dekning kan medføre at kjøretøy ikke får mottatt eller sendt slike meldinger. Mangel på dekning vil også kunne gi utfordringer for driftsoperatører på strekningen, da live data ikke vil være tilgjengelig mens kjøretøy er i områder uten dekning.

For å få en oversikt over hvordan mobildekningen faktisk var på en veistrekning ble det i NordicWay 2 prosjektet kjørt dekningsmålinger fra Finskegrensen (E8) i Nord og ned til Svinesund. Det ble gjort dekningsmålinger fra bil med enheter tilkopleet både utendørs antenne på biltaket og fra enheter med antenne inne i bilen.

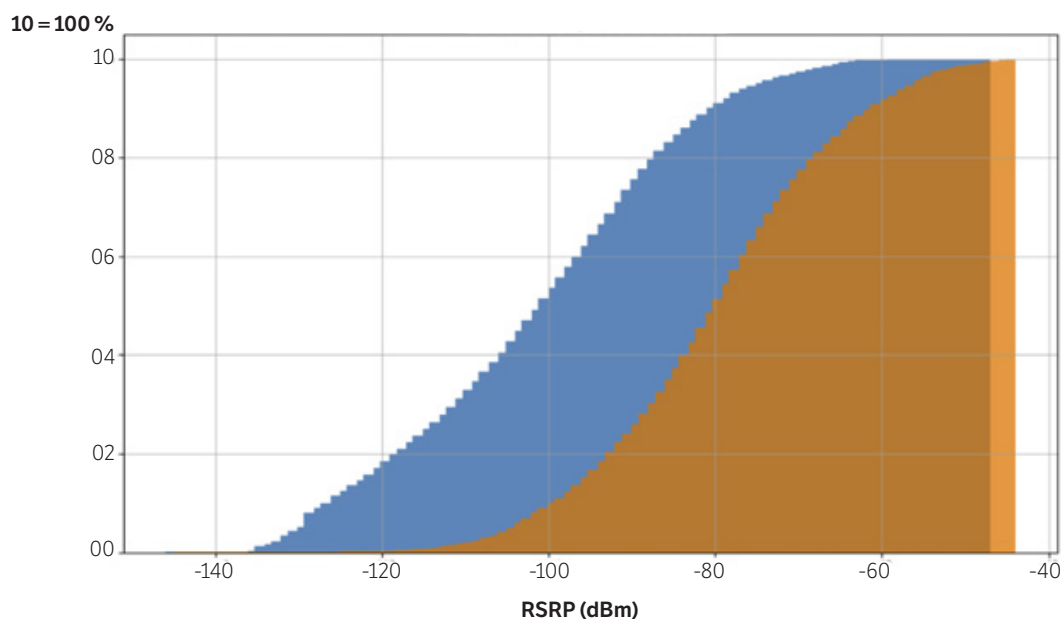
Forsøkene viste at signalstyrken målt inne i kjøretøyet var redusert med ca 20 dBm i forhold til signalstyrken målt med utendørs antenne. Det gikk og tydelig fram at signalstyrken var avhengig av hvor enheten var plassert inne i bilen.



Roof	Tablet	Modem	Phone
-82	-94	-95	-99

Tabell 1: Median signalstyrke LTE (RSRP) dBm for de ulike enhetene.

Her kan man tydelig se at median mottaksforhold er mye sterkere via kjøretøyets fabrikkmonterte antenne (Roof) vurdert mot enhetene som var inne i kjøretøyet. Tablet, Modem og Phone var alle enheter som var plassert inne i kjøretøyet. Siden RSRP er oppgitt i dBm er median signalstyrke 16 ganger sterkere for bilens antenne som står på taket i forhold til Tablet enheten som er inne i kjøretøyet. Dette vises også godt i det kumulative diagrammet over signalstyrke RSRP som vist i figuren under. Oransje er antennen på taket og blå er enheten som ligger inne i kjøretøyet (verdier nærmere 0 er sterkere signal).



Figur 3: Kumulativt diagram over signalstyrke RSRP innenfor og utenfor et kjøretøy

Datafangsten var en del av en kjøretur gjennom de nordiske landene med måleutstyr for å måle mobildekning. Det er interessant å merke seg at i de fleste tilfellene hvor vi kun målte 2G-dekning så befant vi oss i eller i nærheten av veitunneler. Kartet under viser hvor kjøretøyet er oppkoblet med 2G. I de tilfeller hvor Roof og Phone var låst til 4G nettet i det bilen kjørte inn i tunnel klarte ikke enhetene tidsnok å kople over til 2G når 4G dekningen forsvant med det resultat at forbindelsen brøt.



Figur 4: Lokasjoner der enheten i bilen koblet seg opp på 2G nettet under måleturen

En måte å identifisere strekninger uten dekning på, er å se på strekninger som er 400 meter og se om det er dekning på disse strekningene. Tabellen under viser hvor mange av 400 meters strekningene som ikke har mobildekning. Tabellen viser at kjøretøyet ikke hadde dekning på flere 400 meters strekninger, selv ikke med en fabrikkmontert takantenne (1,8% av segmentene manglet dekning).

	Modem	Tablet	Phone	Roof
Denmark	99,4	99,0	100,0	100,0
Finland	100,0	99,9	99,5	99,5
Norway	97,1	96,8	98,0	98,2
Sweden	99,7	99,7	98,3	96,8

Tabell 2: Andel 400 meters segmenter med minimum ett punkt som hadde mobil dekning.

Sverige kommer dårlig ut i denne analysen og det skyldes en teknisk svikt i loggeutstyret øst om Helsingborg, både Roof og Phone var koblet til samme loggeutstyr. Vi kan derfor ikke si akkurat hvor god dekning det var i Sverige der vi kjørte.

Data fra måleturen tyder på at det er flere 400-meters strekninger i Norge uten dekning enn i våre naboland uavhengig om det benyttes takmontert antenne eller antenne lokalisert inne i bilen. En bør også merke seg at i veitunnelene ble det ofte målt kun 2G dekning med lav kapasitet.

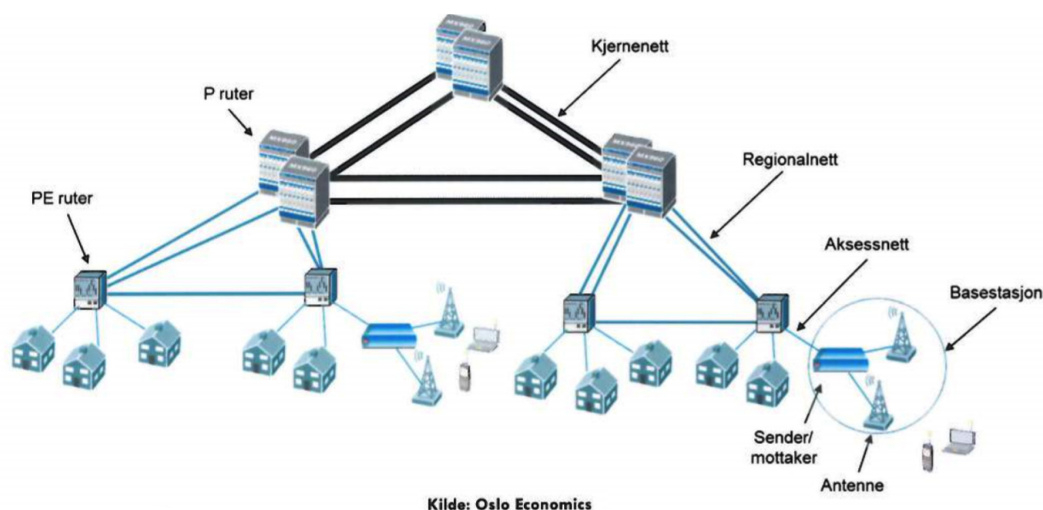
5. Kommunikasjonsnett i Norge

Tele- og datanettet kan grovt deles i tre segmenter hhv

- Kjernenett
- Regionalnett
- Aksessnett.

Satellittnett vil ikke bli behandlet her selv om det har sin rolle på spesielle steder.

Figur 5 viser hvordan kommunikasjonsnettverket er inndelt i Norge. Siden kommunikasjonsinfrastrukturen vil bli stadig viktigere fremover er det fordelaktig for alle som jobber med kommunikasjon og instrumentering å ha kjennskap til hvordan kommunikasjonsnett i Norge er bygd opp, hvilke sårbarheter det har og hva slags teknologier som er benyttet. I det følgende vil hver av segmentene beskrives med spesielt fokus på sårbarhet og robusthet.



Figur 5: Illustrasjon som viser hvordan kjernenettet, regionalnett og aksessnett henger sammen i et sprednett.

5.1 KJERNENETT

Kjernenett brukes mellom sentralsystemer og regionale endepunkter og er selve bæreren av tele- og datatrafikken mellom landsdelene i Norge.

Det er det nasjonale kjernenettet som binder landet sammen, se Figur 5. Det er fiberbasert og har svært høy overføringskapasitet og høy grad av redundans. Med redundans menes her at det finnes flere tilsvarende kommunikasjonsressurser som kan ta over dersom en ressurs faller ut. Å ha høy redundans vil senke risiko for at all kommunikasjon faller ut til et gitt punkt.

Telenor er den største eier eller tilbyder av transportnett i Norge i dag, og svært mye av den nasjonale trafikken blir transportert over Telenors fiberbaserte kjernenett. Andre kjernenett-leverandører som Altibox, Global Connect og Telia øker sine markedsandeler, men ligger fortsatt bak Telenor i utbredelse.



Flere aktører leier fiber hos Telenor basert på kommersielle avtaler. Diversitet mht. bruk av ulike operatører som tilbydere av kjernetett vil redusere risiko for totalt utfall. Utfall kan skje både ved kabelbrudd eller ved at baksystemet som mater fibrene går ned. Redundans i begge delene av nettet er derfor en sikkerhet mot utfall.

Oppfølging av ekomnetttilbydere knyttet til å øke robustheten og minimere sårbarhet for utfall er en viktig oppgave for Nkom. I ROBIN-rapporten² til Nkom fra 2017 beskrives flere målbilder på en ønsket tilstand i nettene for 2025 som skal resultere i en nasjonal infrastruktur med redusert sårbarhet for totalt utfall av kommunikasjonsressurser.

5.2 REGIONALNETT

Kjernenettet mater ofte en hel landsdel og spres ut på regionale nett som mater mindre byer og tettsteder. Det er derfor svært sårbart om deler av regionalnettet faller ut dersom det ikke er god redundans. Regionalnettene er derfor også bygd opp med god redundans i dag for å hindre utfall. Regionalnettene er som kjernenettet bygd opp av fiberkabler med høy overføringskapasitet.

De regionale endepunktene mot kjernenettet, som kan være en node for en region, en by el.l, sprer data- og teletrafikken til grensenodene mot aksessnettet. Grensenodene kan for eksempel være basestasjoner for mobilkommunikasjon og bredbåndsaksesspunkter.

5.3 AKSESSNETT

Som Figur 5 viser er siste strekket mot endeutstyr, ofte kalt «last mile», benevnt aksessnettet. Aksessnettet sørger for transport av data- og taletrafikken til alle brukernes utstyr som TV, PC, mobiltelefoner, datainnsamlingsenheter, kommunikasjon med sensorer av ulik type o.l.

Kjernenettet og regionalnettet vil begge ha en sentral rolle i å være databærere mellom veitrafikksentralene (VTS) og ulik type aksessnoder og digitalt utstyr i veitransportsystemet som:

- Basestasjoner for mobilkommunikasjon som dekker veisystemet med bevegelig trafikk
- ITS stasjoner langs veiene for korholdskommunikasjon til/fra kjøretøy og sentral
- Kritisk fast infrastruktur som bommer (Autopass, omkjøringer, Geofence,...), lyssignaler, variable skilter, o.l.som styres nasjonalt eller regionalt.
- Kommunikasjon i tunneler og andre spesielle områder til beredskapsaktører
- Kommunikasjonsstøtte for drift og vedlikehold
- Kommunikasjonsstøtte mot utstyr langs og i veibanen som samler inn informasjon om vær- og føreforhold, trafikkmengde, reisetider, kamerasystemer m.m.

² https://www.regjeringen.no/contentassets/e5a6166743d949e8a703f9feae23dc0f/robin_rapport.pdf



6. Trådbaserte og trådløse kommunikasjons-teknologier

6.1. TRÅDBASERTE AKSESSNETTEKNOLOGIER

Det er flere typer trådbaserte aksessnetsteknologier. Nkom har utført en dekningskartlegging for privatmarkedet og næringseiendom og kartlagt bruk av ulike aksessnetsteknologier. Denne dekker ikke veinettet, men gir et godt bilde på den generelle dekningen i samfunnet.³

xDSL er en samlepost for flere teknologier som benytter det gamle kobbernettet, eller telefonnettet til dataoverføring. HDSL, VDSL og ADSL er det vanligste i bruk i dag. Det som skiller dem, er først og fremst rekkevidden mellom bredbåndsaksesspunktet (BAP) og boenheten. Jo kortere avstand desto høyere kapasitet overføres. Bredbånd basert på kobberlinjer er i dag regnet som gammel teknologi, og kapasiteten er lav i forhold til dagens behov og etterspørsel. xDSL teknologi er derfor i ferd med å fases ut.

Fiberbasert aksessnett er blitt stadig mer utbredt fra lokale tilbydere til hjemmemarkedet ettersom xDSL over kobbernettet er i ferd med å fases ut. Fiberaksess har også mye høyere kapasitet; ofte tilbys 100-500Mb/s til boenheter. Siden fiber har høy hastighet vil en kabel kunne mate flere typer utstyr langs veien som i sum kan kreve mye kapasitet. Ulempen er at mobiliteten for flytting av tilkoplede utstyr er begrenset i forhold til for eksempel utstyr koplet med trådløse teknologier.

KabelTVnett benyttes fortsatt i mange borettslag og sameier som delt ressurs for distribusjon av TV, tale og internett. Hastigheten er her ganske høy, ca 100Mb/s, men lavere enn en typisk fiberlinje.

Siden bruk av xDSL teknologi er i ferd med fases ut samt at kabelTVnett ansees mindre egnet for transportsektoren så er fiber stort sett det eneste reelle trådbaserte alternativet for bredbåndsframføring til transportsektoren.

6.2. TRÅDLØSE AKSESSNETTSTEKNOLOGIER

I dag blir en stadig økende andel av tele- og datakommunikasjonen til endeutstyr håndtert av trådløse teknologier. Dette kan være ulike generasjoner mobilteknologi f.eks. til håndholdt utstyr, og faste trådløse forbindelser (Fixed wireless access, FWA).

Faste installasjoner f.eks. datainnsamlingsutstyr i veisektoren benytter i stor grad trådløs kommunikasjon. Det kan være mot signalanlegg, bomber, instrumenter som styrer sensorer i veibanen for trafikkmengde, vær og føreforhold, skilter o.l. En del utstyr er også koplet opp med trådbasert kommunikasjon som for eksempel variable fartsskilt og variable meldingsskilt.

Framover vil det derfor være en kombinasjon av trådløse og trådbaserte teknologier som vil dekke veiforvalternes behov for kommunikasjon.

³ Bredbåndsdekning 2020 - Nkom



Trådløs kommunikasjon til ulike typer digitalt utstyr langs vei fungerer generelt bra og data samles inn fra svært mange enheter rundt om i hele landet. Likevel opplever veiforvaltere i dag dekningsløse områder, områder med svak signalstyrke og områder med varierende dekningsstabilitet på den trådløse forbindelsen. I noen tilfeller må veiforvalternes digitale utstyr koples opp mot en annen mobiltilbyder enn den veiforvalteren har avtale med for å få dekning.

De følgende trådløse teknologiene er de mest relevante for veiforvaltere fremover.

- Mobilkommunikasjon med lang rekkevidde (4G/5G/6G...)
- Teknologier for kortholdskommunikasjon (bl.a. ITS-G5, C-V2X, 26GHz, 63GHz, inkl. blåtann, radar, Lidar,...)
- Kommunikasjonsteknologier for lavspenningssensorer (LTE-M, LP- blåtann,...)

Disse trådløse teknologiene vil alle ha sin rolle i fremtidens transportsystem og benyttes sammen eller dedikert for spesielle forhold.

Robusthet i aksessnett

Dekning fra flere aksessnettknologier på samme geografiske sted kan gi muligheter for redundans i aksessnettet. Spesielt for kommunikasjon av trafikksikkerhetsrelatert informasjon vil redundans i aksessnett være en forsikring mot totalt utfall av kommunikasjonsmuligheter.

En revisjon av ROBIN rapporten, utarbeidet av Nkom, er i gang og vil inkludere målbilder for robusthet og sårbarhet helt ut til husstander og virksomheter i tillegg til alle tettsteder i Norge. Rapporten vurderer ikke målbilder for veinettet eller ambisjoner for håndtering av trafikale behov for kommunikasjon. Det er naturlig at veiforvaltere går i dialog med Nkom for å få etablert målbilder knyttet til robuste nett også for transportsektoren. Det kan være naturlig å hevde at robusthet til trafikale behov ikke bør være mindre enn til vanlige hjem siden kommunikasjonsbehov i trafikale situasjoner kan sammenlignes med hjemmesituasjonen. Svært mange har og sin arbeidsplass på veien enten som sjåfører eller som veiarbeidere, drift- og vedlikeholdspersonalet o.l. Å få fram viktighet av god robusthet i veitransportsektoren mot styrende myndigheter, blant annet Nkom, vil derfor være en sentral oppgave for veiforvaltere fremover.

Hybrid kommunikasjon

Det er ikke bestemt hvordan man best mulig skal benytte ulike typer aksessnettknologier i Norge. På grunn av topografien i Norge er det mest hensiktsmessig med hybrid kommunikasjon. Det betyr at man bruker mobilteknologi der det er mest hensiktsmessig og ulike typer kortholdsteknologier der det er vanskelig å få god dekning med mobilteknologi. På steder som krever spesielt høy kapasitet kan det være riktig å supplere med andre trådløse eller trådbaserte teknologier.

Det bør vurderes mulighet for å alltid ha et minimums tjenestenivå for de viktigste tjenestene håndtert av en eller flere ulike typer aksessnettknologier. Dette vil også gjelde nødnettstjenester. Siden Nødnett vil håndteres av kommersielle nett etter hvert, må utbyggingen ta høyde for å dekke alle områder der det i dag er nødnettdekning.

Bruk av frekvenser

Det er et pågående arbeid internasjonalt for å standardisere bruken av ulike frekvensbånd og hva slags applikasjoner som skal benytte de ulike frekvensene. Dette er viktig for å oppnå et internasjonalt harmonisert kommunikasjonssystem mot ulike applikasjoner. Å følge denne internasjonale utviklingen og standardiseringen er derfor av stor betydning for alle



veiforvaltere. Digitalt utstyr i tilknytning til veiene må være kompatibelt med internasjonale standarder for at tjenestene skal virke sømløst over landegrenser for alle kjøretøy. Tett oppfølging av internasjonal standardisering og aktiv involvering i viktige interesseorganisasjoner kan være med å drive utvikling av standardene i en retning som gagnar Norges behov for ulike typer kommunikasjonsteknologier.

6.3. FIBERNETTET

Som nevnt tidligere så er kjernenettet bygd opp av optisk fiber. Fiber har høy overføringskapasitet og hver fibergate kan inneholde svært mange uavhengige fiberlinjer. Kjernenettet er bygd opp av ringer som medfører god redundans, og selv om flere aktører leier fiberlinjer av Telenor så er ringstrukturen en god beskyttelse for uhell som rammer hele fibergaten. Likevel, til tross for god redundans i kjernenettet, så jobber Nkom fortsatt for økt redundans, først og fremst ved at flere tilbydere kommer på banen, og at det er god konnektivitet mellom tilbyderne i fall en av dem har utfall.



Det er ikke så god redundans i det siste strekket ut mot basestasjoner og andre knutepunkter mot brukerne. For eksempel blir ofte en basestasjon matet med en fibertrase fra en leverandør, mens flere mobilnetttilbydere har radioantenner festet til masten og leier fiberkapasitet av fiberleverandøren. Faller den ene fibertraseen ut faller all mobilkommunikasjon fra disse mobilnetttilbydere ut. Utfall av kommunikasjonen ved for eksempel ras, anleggsvirksomhet o.l. hvor fibergatene blir revet over, kan derfor få store konsekvenser. Å øke alternative transportveier, for eksempel ved fysisk adskilte fibergater, eventuell supplerende teknologi som radiolinje, kan redusere denne typen sårbarhet.

Fibertraseer og fiberutbygging

Statens vegvesen har i dag lagt ned fibertraseer langs nyere veistrekninger. Det er også lagt ned fiber langs flere eksisterende veier for å etablere god kommunikasjon med digitalt utstyr. Dette er bestemt og utført lokalt der det har vært behov. Behovet for kommunikasjonskapasitet vil bare øke fremover, så det er viktig å få etablert gode rutiner for utbygging av fibernettsverk langs veinettet i Norge. Det kan være fordelaktig at dette skjer koordinert over hele landet og basert på en klassifisering av veinettet ut ifra bestemte kriterier.

Selv om det lokalt legges ned fiber ulike steder så finnes ingen lett tilgjengelig oversikt over hvor det finnes fiber langs veier eller hvor supplerende høykapasitets transportnett som radiolinje finnes. Det er behov for bedre informasjon om hvor det finnes fiber i Norge i dag for å få vite hvor det kan bli nødvendig å bygge ut fiberkapasitet fremover. Man vet hvor mobilmaster er lokalisert så man får en oversikt over hvor man kan få fast trådløs aksess dersom det kunne være et alternativ.

Nkom jobber med ekomportalen som kan komme til å vise hvor det er lagt ned fiber. Statens vegvesen har pekt på at informasjon om fibertraseer kan være en god støtte for arbeid med kommunikasjon for egne og andre veiforvalteres kommunikasjonsbehov. Det er hevdet at aspekter knyttet til sikkerhet og beredskap må vurderes i tilknytning til å oppgi detaljert informasjon om hvor fiber er gravd ned.



Arbeidet knyttet til *Bredbåndsutbyggingsloven*⁴ vil kunne gi bedre mulighet for å dele informasjon om ledige bredbåndsressurser samt å øke utrullingstakten på fiber og fast trådløse forbindelser. Loven innebærer plikt for aktører i Norge til å legge til rette for bredbånd i egnet passiv infrastruktur langs veier. Dette kan være med på å øke takten på utbygging av et robust kommunikasjonsnett for å realisere fremtidens transportutfordringer ved at tilgjengelig infrastruktur benyttes optimalt.

Fiberheng i passiv infrastruktur som lyktestolper er vurdert, men av sikkerhetsmessige hensyn er det ikke tilrådelig å feste fiberkabler i lyktestolper. Fiberoppheng i stolper har flere sikkerhets og sårbarhetsaspekter. For eksempel vil oppheng i lyktestolper forringe sikkerheten som er innebygget i konstruksjonen av lyktestolper. Der vegvesenet i dag har gamle kreosotbehandlede trestolper vil disse gradvis erstattes med nye trafikksikre stolper med bøyelidd, så de bør heller ikke benyttes til oppheng av fiberstrekk. Graving av nye fibergater langs eldre veier kan derfor være riktig, til tross for de høye kostnadene det medfører.

Robusthet

Et robust fibernet må tåle at en kabelgate kan bli revet over. Dersom det ikke er tilgjengelig alternativ kommunikasjon, bør man vurdere å bygge ut fysisk adskilte fiberfremføringer. Dette vil være svært kostbart å etablere for eksisterende veianlegg, men for nye veianlegg bør man vurdere å legge dette inn i utbyggingsavtaler. Krav til slik dublert fremføring må vurderes opp mot kostnader, behov, risiko for utfall m.m. Dersom man bygger ut ekstra kapasitet i fiberfremføringene kan for eksempel tele- og datatilbydere leie dette for sine tjenester. Et samarbeid om slik utbygging kan være kostnadseffektivt og avhjelpe behov fra flere parter.

For å legge til rette for fremtidig behov for kommunikasjonsressurser samt å redusere risiko for totalt kommunikasjonsbrudd er det viktig å vurdere muligheter for redundans i kommunikasjonsnettet langs veiene. Utbyggingsavtalene og veinormalene bør gjenspeile dette for nye veistrekninger.

6.4. FAST TRÅDLØS KOMMUNIKASJON

Fast trådløs kommunikasjon og radiolinje er høyhastighets datakommunikasjon mellom aksessnettnoder eller fra en aksessnettnode til hjemmet. Man skiller gjerne mellom radiolinje og fast trådløs kommunikasjon. Radiolinje brukes for aksess mellom basestasjoner, mens fast trådløs aksess (FWA) brukes mellom en basestasjon og hjemmet basert på en mottakerantenne i hjemmet.

Fixed wireless access.

Flere operatører annonserer FWA og reklamerer med at kapasiteten overstiger kapasiteten på kobberlinjen med xDSL teknologi. Den faste trådløse aksessen er ofte i dag basert på 4G mobilnett. FWA er basert på abonnement slik at bruken er knyttet til en spesifikk adresse med et mottakerutstyr/antenne, og kan ikke brukes utenfor denne. Hvordan man kan bruke FWA-teknologien i veitransport må vurderes.

4 <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2020-05-07-40>



Figur 6 Radiolinjeutstyr på Skibergfjellet i Vestfold

Kilde: wikipedia

Radiolinje

Radiolinje kan bruke mange ulike frekvenser. Lavere frekvenser bærer lengre, men har lavere kapasitet. Ofte kan man lage kjeder av radiolinjeforbindelser fra en basestasjon til den neste. Kapasiteten på radiolinjeforbindelsen er avhengig av værforhold. Dette gjelder spesielt for lave frekvenser som er spesielt sårbare ved ulike værforhold.

Ved bruk av radiolinje så har vi et godt supplement til fiberutbyggingen, selv om kapasiteten er langt lavere enn en fiberkabel. Hastighetene på en radiolinje kan komme opp i flere Gb/s og avstanden mellom basestasjonene er ofte opp mot 100km. Det er viktig å si at det er et supplement, for radiolinje kan neppe erstatte fiberutbyggingen om man ser på økonomi, sikkerhet/sårbarhet, fleksibilitet og kapasitet under ett. Radiolinje har flere fordeler i vanskelig terreng der graving av fiber er svært vanskelig og kostbart. Uansett terrengforhold, så plasseres oftest radiobasestasjonenes høyt i terrenget for å oppnå direkte sikt.

Dersom det settes opp utstyr som krever kommunikasjonsressurser mellom radiolinje-basestasjonene er det vanskelig å «koble seg på» radiolinjeinfrastrukturen. En fiber som trekkes langs en veitrase kan avtappes flere steder noe som er en klar fordel med fiber, sammen med at den fremføres rett ved veibanen.

Det vil være viktig å ha både radiolinje og fiber i tankene når man ser på behov for transportkapasitet mot aksessnettet, og i samarbeid med nettoperatørene finne den beste løsningen. Om det er mest hensiktsmessig å bruke radiolinje eller fiber må man vurdere i hvert konkrete tilfelle av en veitrase.



Strømforsyning

I tillegg til transmisjonsforbindelser til basestasjonene må basestasjonene ha tilførsel av strøm. Hyppige strømutfall kan være en utfordring spesielt i værutsatt områder. Etablering av reservestrømskapasitet ute ved basestasjonene for å motstå strømutfall for en begrenset periode er derfor viktig. Nkom har stilt krav til mobiltilbyderne om å sikre reservestrømskapasitet for 4 timer i områder utenfor tettbebygde områder og minimum 2 timer ellers. For veitransporten framover kan dette være svært viktig. Tilkopling til strømmnett er nødvendig for nesten alt utstyr vegvesenet har langs veiene av ulike typer sensorer, skilt, bomber osv. Med stadig mer digitalt utstyr langs veiene vil nødvendigheten av et stabilt strømmnett være like viktig som datanett.

Jamming

En klar risiko ved trådløs kommunikasjon er jamming med elektromagnetisk støy. En fiber som er gravd ned er mer beskyttet mot støy, men er på den andre siden mer utsatt for avrivning f.eks. ved ras, flom eller anleggsvirksomhet.

7. Radioteknologier og utfordringer fremover

7.1. AVHENGIGHET AV NÆRT SAMARBEID

Det er viktig med nært samarbeid og god informasjonsdeling mellom Nkom og veiforvalterne. For at Nkom i sin rolle som regulerende myndighet for bruk av frekvenser i Norge, best mulig kan legge til rette for behovene som veiforvalterne har, kreves god informasjonsutveksling. Nkom kan fremme behovene til veiforvalterne for frekvenser til ulike applikasjoner gjennom sin deltagelse i DG Connect i EU. I dette og tilsvarende fora foregår det mye arbeid med å harmonisere bruk av frekvenser og teknologier i Europa. Nkom kan og legge til rette for bruk av frekvenser i Norge gjennom lovgivning innen ekom sektoren, frekvensutlysninger for mobilnett og kortholdskommunikasjon og gjennom ulike strategier som bredbåndsutbyggingsstrategien.

Det er også viktig med et nært samarbeid med teleoperatørene slik at de motiveres til å bygge ut både mobildekning og kapasitet langs veier i Norge. Dette gjelder og i transportnettet med fiberfremføring til basestasjoner, ITS stasjoner og andre installasjoner med kommunikasjonsbehov. Bredbåndsutbyggingsloven gir operatørene mulighet til å bruke passiv infrastruktur for fremføring. Som kommentert tidligere så er dette et ledd i å øke utbyggingstakten for bredbånd, noe som kan komme Statens vegvesen og de andre veiforvalterne til gode.

Operatøren bygger ut basert på kommersielle behov. Områder med lite befolkningsgrunnlag er følgelig mindre aktuelt for operatørene å bygge mobildekning i. Det er derfor viktig med motivasjonsfaktorer for utbygging langs veinettet, slik at teleoperatørene selv bygger ut dekning basert på egne bedriftsøkonomiske hensyn. Veiforvalterne vil ellers måtte stå for utbygging av dekning selv eller sponse operatørene. Felles strategi for fiberfremføring kan og gi en effektiv utbygging for begge parter.

Etter hvert som antall digitale kommunikasjonstjenester i transportsektoren øker, vil det i seg selv være en motivasjonsfaktor for operatørene til å bygge god dekning langs veinettet. Likevel, veiforvalterne har alle et ansvar for å legge til rette for en mest mulig økonomisk



utrulling av bredbånd og strøm slik at nettoperatørene kan benytte dette og derigjennom sørge for god dekning og kapasitet i mobilnettene.

Det vil kreves et godt samarbeid mellom staten, fylkene og kommunene som alle har ansvar for en del av veinettet. De ulike veiforvalterne vil ha ansvar for å legge til rette for kommunikasjonsstøtte til utstyr og instrumenter for sikkerhetsapplikasjoner, fremkommelighet og effektiv trafikkavvikling innenfor sitt ansvarsområde, og følge internasjonale standarder og harmoniserte løsninger der det er spesifisert. Statens vegvesen, ved Myndighet og Regelverk i Vegdirektoratet, må informere om krav til kommunikasjon og digitalt utstyr basert på sitt overordnede ansvar som sektormyndighet og bistå fylkeskommunene og andre veiforvaltere så veinettet holder ønsket standard.

7.2. BRUK AV 5G RADIOTEKNOLOGI

Telenor og Telia har allerede rullet ut og tatt i bruk 5G flere steder i Norge. Også ICE har et godt utbygd 5G radionett som snart vil tas i bruk. Det er imidlertid kun radiodelen av 5G standarden som per i dag er tatt i bruk, såkalt 5G New Radio (NR). Det betyr at 5G basestasjonene koples opp til et 4G kjernenett. 5G-NR gir mye høyere kapasitet over radiostrekket ved at man tar i bruk 3,6 GHz frekvensen og ny mer effektiv radiokoding. Siden 5G teknologien kan brukes for alle frekvenser som er tildelt en operatør, vil alle de 3 tidligere radiogenerasjonsfasene ut etter hvert. Bruk av ny radioteknologi vil gjøre mobilnettene mer effektive.



Nettverksskiver i 5G

Det er først når en knytter 5G radionett til et 5G kjernenett (ca 2024-2025) at en får nytte av alle de nye funksjonene 5G gir. Dette gjelder spesielt muligheten til å lage private virtuelle nett med dedikerte ressurser, såkalte nettverksskiver. Det åpner mange nye muligheter for bruk. Hver nettverksskive er et isolert ende-til-ende nettverk skreddersydd for å oppfylle forskjellige krav som etterspørres av en bestemt applikasjon. En mulighet er å ta i bruk en nettverksskive for Nødnett, en annen mulighet er å ta i bruk en skive med prioritert kapasitet til sikkerhetskritiske applikasjoner i trafikken. Hvordan dette vil håndteres er ikke avklart. I dag administrerer Nkom og DSB prioriteringsløsninger for tale inklusivt nasjonal roaming. Om disse aktørene evt. begge aktørene vil være involvert mht. prioritering og bruk av skiver i 5G er uklart. Dersom det vil være en søkeprosess er det viktig at veiforvalterne og Statens vegvesen vurderer om de skal søke om å få prioriterte tjenester med henvisning til konsekvenser av bortfall av dekning eller kapasitet.

Frekvensutlysning for 5G

Den nye frekvensblokken i tildelingsrunden for 5G hhv. 3,6 GHz har høy kapasitet, men kort rekkevidde. Det betyr at denne frekvensen bare vil tas i bruk i urbane strøk og muligens andre spesielle steder som sportsplasser o.l. Til tross for den korte rekkevidden kan det være mange typer sensorer og annet utstyr som vil kunne ta i bruk 3,6 GHz.

Med 5G kommer flere nye funksjoner når kjernenettet tas i bruk ca rundt 2024-2025. Det er viktig at veiforvalterne ser på muligheter for å bruke virtuelle private nett for ulike kritiske tjenester, samt hvordan man best mulig skal utnytte 5G teknologi i veisektoren generelt.



7.3. ERSTATNING ETTER UTFASING AV NØDNETT

Nødnett dekker i dag nærmest 100% av befolkningen og eies og driftes av DSB. I Nødnettet er alle basestasjonene knyttet sammen i en ringsstruktur. Dette gir økt robusthet og hindrer at et enkeltbrudd bryter kommunikasjonen til basestasjonen. I tillegg er alle basestasjoner i Nødnett utstyrt med minimum 8 timers nødstrøm. Statens vegvesen og andre statlige aktører bruker i dag Nødnett til ulike funksjoner, først og fremst i tunneler og ved kolonnekjøring over høyfjellet.

Nødnett over i kommersiell nett

Det er politisk bestemt at fremtidig løsning for nød- og beredskapskommunikasjon skal benytte kommersielle radionett. Dette betyr at når dagens TETRA nett (Nødnett) slukkes skal all nød og beredskapskommunikasjon bæres over kommersielle mobilnett. 5G-mobilnettet vil være godt egnet til å støtte de høye kravene denne brukergruppa har til sikker og robust kommunikasjon. Nødsamband vil sannsynligvis bli basert på dedikerte ressurser i 5G nettet med høy prioritet og høy kapasitet. Det nye kjernetet til 5G gjør dette mulig. Det er derfor tatt høyde for at neste generasjon av kommersielle mobilnett kan håndtere kravene til Nødnett og åpner for nye nødnettstjenester som video og dataoverføring. Dette vil sannsynligvis bli et krav for det nye nødnettet, i alle fall i visse geografiske områder. På grunn av at basestasjonene for Nødnett i stor grad er samlokalisert med kommersielle nett vil terminering av dagens Nødnett ikke medføre store endringer mht. plassering av basestasjoner. Dagens Nødnett basestasjoner vil fjernes og de kommersielle vil ta over både kommersielle samband og Nødnett samband. Kravene til robusthet mht. ringstruktur vil fortsatt gjelde. Om dette da også medfører at kommersiell mobilkommunikasjon vil få økt robusthet gjenstår å se.

Samarbeid med Nkom og DSB er viktig dersom man skal få igjennom krav om dekning i tunneler og andre kritiske veitraseer som i dag ikke har kommersiell mobildekning. De traseene må da karakteriseres som samfunnskritiske med stort behov for mobildekning med riktig prioritet.

Det er svært viktig at alle veiforvaltere er klar over utfasingen av Nødnett, og påpeke alle steder der det er behov for erstatningskommunikasjon. Det kan for eksempel være i tunneler og over høyfjellspassasjer.

Nødnett i tunneler

Nødnettsfunksjonaliteten i tunneler må selvsagt opprettholdes når man går over til å håndtere nødnettsfunksjoner i kommersielle mobilnett. I dag er Nødnett i nyere tunneler basert på strålekabler festet i skinnene i tunneltaket med tosidig mating som sikring mot brudd. Alle rom der folk kan ferdes i tunneler er i dag dekket av Nødnett. Dekningskrav til Nødnett er dog ikke forskriftsfestet, noe som gjør at det kan være ulik praksis for ulike veiforvaltere. Å forskriftsfeste dekning av Nødnett i tunneler er nødvendig for lik dekning i hele landet, og som sikkerhet for brannmannskapets kommunikasjonsmuligheter i ulike rom i tunneler.



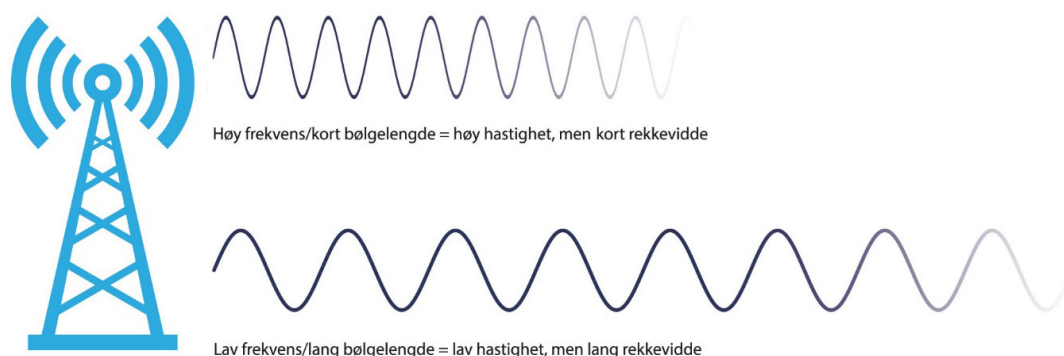
Foto: Knut Opeide

Det er usikkert hvordan Nødnett vil implementeres når det legges over på kommersielle tilbydere, men sikkerheten må minst være like høy som i dag. Det er viktig at veiforvalterne kjenner til planene for avstengning av dagens TETRA baserte løsning og overgang til kommersielle mobilnett som bærer for nød- og beredskapskommunikasjon og i samarbeid med nettoperatørene få vurdert og lagt til rette for implementering av et tilfredsstillende Nødnett fremover. Det er ikke sikkert at samme løsning med strålekabler med tosidig mating blir videreført. Det er svært dyrt med stort behov for tekniske rom, ventilasjon, strøm m.m. Sikkerhet ved brann, kollisjoner osv. må uansett ivaretas uavhengig av bæreteknologi.

I dag er det kun kommersiell mobildekning i selve tunnelrommet, og dekningen er ikke robust siden antenner som gir dekning i tunnelrommet ikke overlapper hverandre. Flere tekniske rom har ikke vanlig mobildekning. Veiforvaltere med ansvar for tunneler må vurdere dekning av den nye nødnettsfunksjonaliteten før Nødnett flyttes over i kommersielle nett. Hvilke krav som skal settes til dekning og brannsikkerhet vil være et viktig spørsmål.

7.4. BRUK AV HØYERE FREKVENSBÅND

Det er mange teknologier som bruker høye frekvensbånd. Det som er typisk med alle dem er kort rekkevidde. Flere teknologier krever såkalt fri sikt (LOS) Line Of Sight. Lidar, Radar, Li-Fi o.l. Li-Fi er for eksempel et alternativ som kan benyttes til platooning av kjøretøy da den har svært høy hastighet og lav forsinkelse (opp mot 20Gb/s). Oftest er disse teknologiene brukt med fri sikt og oftest gjelder bruksområdet innen en rekkevidde på ca 100m. Rekkevidden kan utvides, men da med avtagende kapasitet. Kapasitet og rekkevidde avhenger av værforhold som regn, snø o.l. siden bølgelengdene er så korte.



Figur 7: Illustrasjon av bølgeutbredelse med høy og lav frekvens Kilde: Illustrasjon. Tek.no

Veiforvaltere bør se på muligheter for å bruke millimeterbåndene som 26GHz og 63GHz i transportsektoren, samt i utstyr som inngår i transportsystemet

Bruk av 26GHz og 63GHz

Bruk av kortholdsradiokommunikasjon i høyere frekvenser, dvs. 26GHz, 63GHz, og eventuelle andre bånd må vurderes for bystrøk og knutepunkter med stor trafikk tetthet og komplekst trafikkbilde. Kommunikasjon mellom gående, syklende og håndholdt utstyr med kjøretøy og objekter i trafikkbilde er ikke avklart. Dette kan og være et bruksområde for høyere frekvenser. Det er og foreslått å bruke båndet i løsninger for fast trådløse forbindelser siden de har høy båndbredde. Avstanden er likevel en begrensende faktor. Flere av disse frekvensene er avsatt, men bruken er ikke definert/standardisert. Utstyr som kan motta og sende er heller ikke på markedet enda.

Veiforvalterne må holde seg oppdatert på potensielt bruk av disse frekvensene og fremme muligheter i transportsektoren, sammen med EU.

Mye skjer i ISO, CEN og ETSI, og Statens vegvesen er delaktig i flere grupper som jobber med tilgrensende tema. Det er allokert flere frekvensbånd rundt 70GHz til bruk for radar, for eksempel for kollisjonsvarsling, ACC og lignende applikasjoner. Frekvensene 26GHz og 63GHz kan og benyttes i transportsammenheng, men det er ingen generell enighet om hvordan de skal benyttes og for hva slags utstyr i trafikk sammenheng disse frekvensene bør implementeres.

7.5. BRUK AV KORTHOLDSRADIOTEKNOLOGIER PÅ 5,9GHZ

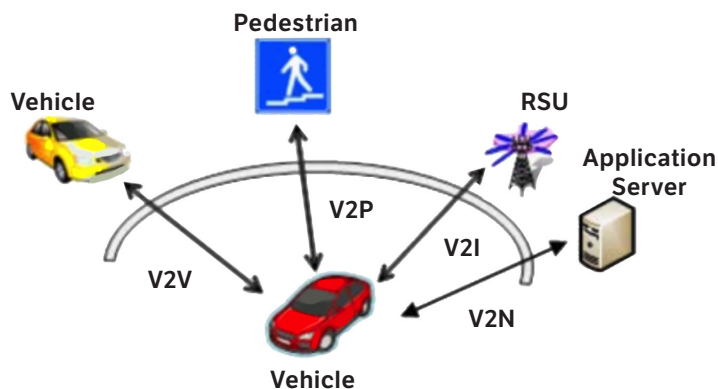
Det er uklare forhold i dag mht. bruk av kortholdsradioteknologi for sikkerhetskritiske meldinger. Det gjelder både mellom kjøretøy og mellom kjøretøy og veikantinstallasjoner. 5,9GHz båndet er avsatt til ITS formål med fokus på sikkerhet ved kommunikasjonsutveksling mellom kjøretøy og mellom kjøretøy og veikant.

V2V kommunikasjon

Bilindustrien har kommet langt mht. implementering av kommunikasjonsløsninger for bil-til-bil (V2V) kommunikasjon i ITS båndet. For Statens vegvesen, og de andre veiforvalterne, er det kommunikasjon til/fra kjøretøy og til/fra ulike typer utrustning i og langs veiene som er spesielt viktig å påse at blir håndtert. For denne kommunikasjonen kan man potensielt bruke andre teknologier enn i V2V kommunikasjon. Hva som er mest hensiktsmessig er dog gjenstand for videre arbeid og standardisering.

ITS-G5 og C-V2X

Det finnes 2 konkurrerende teknologier hhv. ITS-G5 og C-V2X hvor det pågår en dragkamp internasjonalt om hvilken som egner seg best for V2X. Det er i tillegg mange varianter av C-V2X som gjør avgjørelsen enda vanskeligere. Disse såkalte VANET teknologiene (eller inter vehicle communication) utvikler ad hoc nettverk uten en kommunikasjonsinfrastruktur imellom eller kommunikasjon med mobilnett, og kan således dekke «blind spots» for mobildekning. De lager sitt eget nettverk, og benytter ikke SIM kort i sin kommunikasjon. Et kjøretøy annonserer sin tilstedeværelse og intensjon med andre i en kringkastingsforbindelse (CAM/DENM meldinger). Meldingene kan mottas og videresendes over lengre avstander. I slike situasjoner kan man komme til å bruke mye båndbredde i videresendingsmodus.



Figur 8: Ulike typer V2X applikasjoner Kilde: ETSI TS 122 185 V16.0.0 (2020-08)

Hva slags løsning man faller ned på er i seg selv ikke så viktig for veiforvalterne, DERSOM begge enkelt kan virke sammen med mobilnett i en hybrid dekningsmodell og er tilsvarende i funksjonalitet. C-V2X sies likevel å være noe lettere å kombinere med mobilnett siden den er spesifisert som del av mobilstandardene, og flere hevder at den er mer fremtidsrettet enn



ITS-G5, mer spektraleffektiv og har bedre sikkerhet mot cyberangrep og andre typer hacking. ITS-G5 er basert på en WiFi standard utviklet for flere år siden basert på IEEE802.11p, WAN standarden. Disse to standardene har ulike fysisk lag og kan ikke direkte fungere sammen. Det vil ikke her konkluderes med bruk av en av disse. Tiden vil vise hvilken vei utviklingen tar, og det er som tidligere nevnt viktig å følge med på denne.

Deling av 5,9GHz spekteret

Det er kommet flere forslag på hvordan man skal dele spekteret i 5,9 GHz båndet. Et forslag er å dele de 75MHz i 3 bånd, ett for ITS-G5, ett segment for C-V2X og ett for andre applikasjoner. Dette gir lite båndbredde for hver av dem som medfører lav kapasitet til rådighet. Det er foreslått å øke frekvensbåndet til 100MHz. Det hjelper noe på kapasiteten, men det hevdes fortsatt at mangel på kapasitet kan være et problem, spesielt når man kan oppleve signaldempning og kapasitetsforringelse pga. fart og støy fra kjøretøy, samt dempning pga. gjennomtrenging i kjøretøymaterialet og eventuelt videresending.

Veiforvaltere må følge med i utvikling av begge disse kortholdsteknologiene, og vurdere hvordan Norge skal stille seg til bruken av 5,9GHz båndet samt hvordan dette påvirker ITS utstyret som utvikles og benyttes.

Som det fremgår så er det flere uavklarte sider ved valget mellom disse som det er viktig at veiforvalterne er oppdatert på og kan gi sine innspill til. Det dreier seg både om kapasitet, interferens med hverandre dersom begge tas i bruk, og ikke minst mulighet for interferens med kommunikasjonsteknologien mot bomstasjonene.

Bomstasjonene bruker 5,8GHz (DSRC i Europa). Siden båndet ligger så tett inntil ITS-G5 og C-V2X så er det antydning fare for interferens mellom dem. Det er gjort et arbeid i ETSI mht. mulig interferens og en standard er utviklet som man skal følge for å hindre interferens. Det er viktig likevel å sjekke at eventuell interferens ikke medfører fare for bompengeregistreringen.

Tidssynkronisering

Det er ulike måter å implementere teknologiene på. Tradisjonell ITS-G5 er basert på en teknologi som er uavhengig av tidssynkronisering. Det kan medføre noe usikkerhet i tid for levering av meldinger samt at det ikke er gitt at alle får sende når de skal på en helt fritt delt kanal. Dersom man benytter en tidssynkronisert bærer vil den gi alle like vilkår, men den vil da være avhengig av et GPS-signal for at teknologien skal fungere for bil-til-bil kommunikasjon. Dette kan være et problem enkelte steder både pga. fjell/daler/tettbebyggelse, tunneler o.l., samt at GPS signalet må være operativt dvs. det ikke må forstyrres for eksempel ved GPS-jammere. Jamming av GPS signal er et økende problem og ikke minst gjelder dette fra ulovlig utstyr i biler og tyngre kjøretøy.

Tidssynkronisering fra mobilsignal kan til dels erstatte GPS signal, men på grunn av opplevd manglende dekning av mobilnett kan det være forbundet med usikkerhet å basere seg på mobilnettsynkronisering. Utfall av mobilnettdekning er en risiko man må være oppmerksom på, og på best mulig måte sikre seg at dette ikke blir et problem med alvorlig konsekvens. Ofte er det og slik at i spesielle områder så er det en viss sannsynlighet for at man verken har mobildekning eller GNSS dekning. I parkeringshus o.l. kan dette være et problem. Disse aspektene må man tenke på mht. bruken av kritiske tjenester som benytter V2V.



Bæreroppbyggingen av C-V2X tyder på at standarden er mer avhengig av GPS signal enn ITS-G5. Dette skyldes at sender og mottaker synkroniseres mht. tidslukebruk i en meldings-overføring, noe som man ikke gjør i tradisjonell ITS-G5 på samme måte. Følsomheten for tidssynkronisering vha. GPS signal må sees nærmere på og kan være et blant flere argumenter for valg av den ene eller den andre.

Siden Nkom er med i diskusjonene internasjonalt bør veiforvalterne og Nkom holde hverandre oppdatert på utviklingen og betydning av å velge den ene eller den andre eventuelt benytte begge side ved side.

7.6. LØSNINGER FOR MANGLENDE DEKNING HOS EN OPERATØR

I Norge har vi 3 mobilnett. Telenor og Telia har hvert sitt landsdekkende mobilnett og ICE er i gang med å bygge ut sitt eget nett. Vi har ikke nasjonal roaming i Norge. ICE har inngått avtale med Telia om gjesting i Telia sitt nett der de selv ikke har dekning. Etter hvert som ICE bygger ut sitt eget nett vil dette behovet avta. Dekning er en typisk konkurranseparameter som operatørene bruker for å tiltrekke kunder. De største mobiloperatørene er derfor i utgangspunktet ikke interesserte i en løsning som tillater kunder fra konkurrerende operatører å få tilgang til dekning fra eget nett.

Konsekvens av manglende dekning.

Manglende dekning på steder kan ha flere uheldige sider. Et typisk tilfelle er at man har manglende dekning av den operatøren man er abonnent hos, selv om andre operatører har dekning. Uten en avtale om bruk av andre sitt nett vil man ikke få tjenesten. Med en avtale kan man få dekning, men da må man få lov til å etablere gjestingsavtaler for spesielt kritiske tjenester. Her kan man da søke til Nkom og DSB som er de som avgjør om en veiforvalter skal få mulighet til slike prioritetsabonnement. I slike tilfeller kan man se for seg at noen kritiske tjenester har gjestemuligheter i andre operatørers nett, uten at det bryter med generelle konkurransevilkår og slår uheldig ut for enkelte operatører. For å få det må tjenesten være samfunnskritisk. I dag har nødnummer en slik posisjon hvor man kan ringe nødnummer og få forbindelse uansett hvilke operatører som har dekning der man ringer fra.

Man kan ha steder der ingen av operatørene har dekning. Da får man ikke dekning uansett om det er etablert en avtale eller ikke. Det eneste som nytter da er å etablere egen kommunikasjon f.eks. med ITS stasjoner og kortholdsteknologier, eller få en mobiloperatør til å bygge ut i området ved sponning fra veiforvalter.

Veiforvalterne må fremover vurdere sitt behov for nasjonal roaming/gjesting for spesielt kritiske tjenester, peke spesielt på behov for konnektivet og kapasitet, og søke om prioritetsabonnement for disse.

Veiforvalterne må og vurdere behov for kontinuerlig dekning samt etablere strategier for utfyllende dekning der det i dag ikke er dekning av noen operatører.

Det blir et viktig arbeid fremover å vurdere kritikalitet i tjenestene, og vurdere behov for sammenhengende dekning og bygge ut med kortholdsteknologier der man mangler mobildekning og ikke kommer til å bygge slikt på sikt.



7.7. LIKEBEHANDLING AV UTENLANDSKE KJØRETØY

Det er viktig at kommunikasjon til/fra kjøretøy framover er harmonisert internasjonalt rent teknisk. Like viktig er det at kommunikasjonen fungerer på samme måte og med samme prioritet når man beveger seg over landegrensler.

Hvordan man opplever en tjeneste ved roaming er helt avhengig av hvordan roamingavtalen, og eventuelt tilleggsavtaler for sømløs tjenestesupport er satt opp mellom operatørene man bruker i hhv. hjemlandet og i utlandet. Dette er ikke henstand for internasjonal regulering i dag.



Foto: Knut Opeide

Når man krysser grenser mellom land og bytter operatør bør man etterstrebe at tjenestenivået for ulike tjenester opprettholdes. Dette gjelder spesielt for sikkerhetskritiske tjenester. En utenlandssjåfør bør få samme prioritet i sin kommunikasjon som en norsk sjåfør dersom det sendes ut varsel om for eksempel glatt veibane.

Dette er først og fremst et internasjonalt ansvar gjennom standardisering og regulering. Veiforvalterne må likevel påse at tjenestespekteret, som er kritisk for sikkerheten på veier, blir ivaretatt mht. kommunikasjonsbehov, og jobbe for at roamingavtalen/tjenesteavtaler opprettholder alle prioriterte tjenester som veisystemet er avhengig av mellom land.

Veiforvalterne må synliggjøre behov for at kritiske tjenester opprettholder samme tjenestenivå dersom en sjåfør krysser grenser til andre operatørs nett for eksempel ved grensekryssinger.



7.8. HANDOVERSUPPORT VED BYTTE AV OPERATØR

Ved grensekryssing mellom to mobiloperatørens dekningsområder f.eks. ved reiser utenlands, eller sågar ved bytte av operatør i Norge ved roaming, har man erfart at man kopler ned en operatør før man er koplet på den nye. Dette gjelder ikke alle tjenester og sannsynligvis ikke over alt. Likevel, det er erfart at såkalt «vertikal handover» kan ta noe tid. I enkelte tilfeller kan det ta flere minutter noe som kan skape uheldige situasjoner i tiden framover når man kommer lengre i digitaliseringen av transportsektorene mot automatisert transport.

Sømløs handover

Det er viktig å oppnå en så sømløs handover som mulig ved slik operatørbytte. Problemstillingen kan sammenlignes med å komme inn i dekningshull uten mobildekning. Siden man ikke kan garantere dekning over alt må kjøretøyene være i stand til å takle begrensede brudd i mobildekningen. Det er viktig at veiforvaltere er klar over at det kan ta tid ved operatørbytte og at man kan håndtere slike brudd på en trygg måte.

Tjenestekontinuitet

Ved vertikal handover så er det utfordringer knyttet til tjenestekontinuitet med blant annet overføring av applikasjon, tjenestekvalitetsklasse, opprettholdelse av eventuelle prioriterte tjenester, kapasitetskrav for tjenesten og andre. Disse aspektene er viktige for å sikre at et automatisk kjøretøy fungerer etter hensikten etter en overføring til en annen operatør.

Ved grensekryssing mellom to operatørens dekningsområde bør man etterstrebe så sømløs handover som mulig når man skifter mellom operatører, slik at nedetiden uten dekning er så kort om mulig. Kravene til tjenestefunksjonaliteten bør opprettholdes for kritiske tjenester.

Teknologibytte

Det kan og være aspekter ved at et land har utbygd f.eks. 5G mens andre ikke har det. Det må lages løsninger som ikke binder funksjonalitet til en type teknologi som ikke kan støttes av andre land ved grensekryssing. Det må da finnes «fall back» løsninger som gir kjøretøyet beskjed om dette slik at riktige aksjoner blir igangsatt, f.eks. at sjåfør må ta over håndtering av kjøretøyet, eller at det gis informasjon om at tjenestesupporten endres ved overgang til ny operatør.

7.9. BRUK AV LAVSPENNINGSSENSORER

Veivedlikehold og trafikantvarsler er eksempler på anvendelser av sensorer som har lavt strømforbruk, er små i størrelse, billig i innkjøp og trenger lav signalstyrke for å kunne kommunisere. Dette kan være informasjon om f.eks. skred, sprekker i brokonstruksjoner, tunnelkonstruksjoner ol. samt sensorer i veibanen om temperatur, slitetykkelse i veidekket, o.l. Disse sensorene kan gjerne stå i årevis uten tilsyn eller vedlikehold, og kan sende ut varsler ved spesielle grenser eller jevnlig med svært små datamengder.

Enhetene kan installeres av veiforvaltere og konfigureres individuelt til sitt formål. De kan ha toveis eller kun enveis kommunikasjon, ofte kun enveis. Dersom slike sensorer finner mange anvendelsesområder kan det bety at det vil installeres svært mange kommuniserende objekter



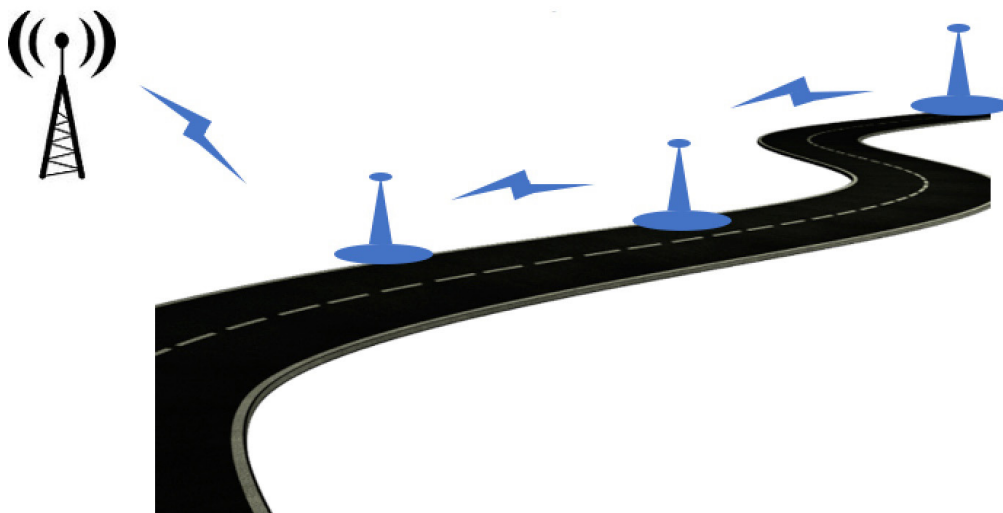
langs veier. Alle disse vil sende ut og eventuelt motta radiosignaler på bestemte frekvenser. Frekvensen vil oftest være lav siden de ikke er avhengig av høy kapasitet, men derimot lang rekkevidde.

Det er viktig at alle krav til frekvensbruk, CE merking, signalstyrke o.l. følges ved plassering av kommuniserende enheter langs veiene.

Bruk av Mesh teknologi for å øke rekkevidden kan være aktuelt. Hvordan Mesh teknologi eventuelt da kan/bør benyttes for å kunne dekke områder som ikke har direkte mobildekning fra mobilbasestasjoner bør vurderes.

Veiforvalterne bør vurdere bruk av lavspenningssensorer for ulike tjenester og funksjoner i transportsammenheng samt bruk av Mesh teknologi for økning av rekkevidde.

Viderefremidle informasjonen i flere steg



Figur 9: Ved Mesh teknologi kan man sende data fra en sensor via flere mellomledd som mottar og videresender inntil de når en node som har dekning fra et mobilnett.



8. Oppsummering

Rapporten har gitt en bakgrunn innen både trådbaserte og trådløse teknologier med fokus på utfordringer som vil møte veiforvalterne i fremtiden. Dette berører aspekter som kommunikasjonskapasitet, kvalitet, sikkerhet og dekning for ulike tjenester og situasjoner. Det er også påpekt viktigheten av å få på plass en erstatning for Nødnett når det tas over av kommersielle mobilnett. Det er fremført flere punkter som veiforvaltere og Statens vegvesen i særdeleshet vil måtte vurdere og ta et ansvar for for å få bygd ut et tilfredsstillende kommunikasjonsnett for fremtidens transportsystem. Det er viktig å ha tett samarbeid med Nkom, bredbåndsleverandører og tele og dataoperatørene for å oppnå målene for veitransportsektoren.

Følgende momenter er trukket fram i rapporten.

1. Alle veiforvalterne bør så langt det er mulig legge til rette for fremføring av fiberbasert bredbånd langs eksisterende og nye veitraseer. Dette komme egne behov til gode med hensyn til fremtidig instrumentering som krever god og robust kommunikasjon.
2. Med 5G kommer flere nye funksjoner når kjernenettet tas i bruk. Det er viktig at veiforvalterne ser på hvilke muligheter dette gir for å bruke virtuelle private nett for ulike kritiske tjenester, samt bruk av 5G teknologi i veisektoren generelt.
3. Alle veiforvaltere må utarbeide planer for hvordan slukkingen av dagens nødnett og overgang til ny løsning basert på kommersielle mobilnett om noen år skal møtes. Det er viktig å sikre dekning i tunneler, over høyfjellspassasjer, og få på plass robuste reservestrømsløsninger på spesielt værutsatte strekninger.
4. Veiforvaltere bør og se på muligheter for å bruke millimeterbåndene som 26GHz og 63GHz i transportsektoren, samt i utstyr som inngår i transportsystemet
5. Veiforvalterne bør fremover vurdere sitt behov for nasjonal roaming for spesielt kritiske tjenester, peke spesielt på hva som kreves av konnektivet og kapasitet, og gå i dialog med Nkom for å se på hvordan behovene kan bli møtt f.eks. gjennom prioritetsabonnement. Dette er avhengig av hvordan dekningen vil bygges ut etter hvert.
6. Veiforvalterne må kartlegge og vurdere strategier for å få dekning der det i dag ikke er dekning av noen operatører.
7. Ved grensekryssing mellom to operatørers dekningsområde som man har roaming avtale med, bør man så langt som mulig unngå at man står helt uten noen dekning når man skifter mellom operatørene. Kravene til tjenestefunksjonaliteten må opprettholdes for kritiske tjenester.
8. Veiforvaltere bør vurdere bruk av lavspenningssensorer for ulike tjenester og funksjoner i transportsektoren samt bruk av Mesh teknologi for økning av rekkevidde.



Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf: (+47)22073000
firmapost@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen