

Beskrivelser til dækningskort (teknologi og tilgængelighed):

Dækningskortene viser signalstyrken i fem kategorier, fra ingen dækning til fremragende dækning. En kategori (farve) er markeret på kortet hvis den målte signalstyrke over det tilsvarende vejsegment i middelværdi ligger indenfor intervallet for den pågældende kategori. Intervallerne, og dermed kategorierne, afhænger af den valgte mobilteknologi, og er defineret på baggrund af sædvanligvis benyttede tærskelværdier, udtrykt i logaritmisk skala (decibel relativ til 1 mW effekt, svarende til enheden dBm). Kategorierne referer til den signalstyrke som skal være til stede på mobiltelefonens position, men i fastsættelsen af tærskelværdierne er der taget delvist hensyn til at mobiltelefonen tilsvarende skal kunne frembringe et til kategorien svarende signal ved basisstationen.

		2G	3G	4G
	Kategori (dækning)	RXLev (dBm)	RSCP (dBm)	RSRP (dBm)
Sort	Ingen	Under -95	Under -105	Under -115
Rød	Dårlig	-95 til -88	-105 til -95	-115 til -105
Orange	Rimelig	-88 til -82	-95 til -87	-105 til -97
Gul	God	-82 til -76	-87 til -80	-97 til -90
Grøn	Fremragende	Over -76	Over -80	Over -90

Den målte signalstyrke svarer til det bedst opnåelige udendørs signal på den aktuelle position. I praksis kan signalstyrken opleves som værende lavere idet mobiltelefonen automatisk vælger signal baseret på procedurer i mobiltelefonen og indstillinger defineret af mobiloperatøren. Det viste niveau skal altså fortolkes som hvad der er bedst muligt at opnå udendørs. For den sidste kategori – fremragende – kan der dog tillige forventes rimelig indendørs dækning. Signalstyrker er målt i operatørernes 2G, 3G og 4G mobilnetværk¹.

Vælges antallet af operatører til mere end en, så skal det bedst opnåelige signal fra hver enkelt operatør ligge indenfor samme interval, og altså alle mindst opfylde den tilsvarende kategori. Eksempelvis vil gul kategori med valg af 2 operatører betyde at de to operatører kan levere mindst "God udendørs dækning" på den aktuelle position. Der er i dette tilfælde mulighed for at den ene af operatørerne rent faktisk kan levere et bedre signal, men da kravet er at begge opfylder kategorien bliver den resulterende dækning svarende til gul kategori.

Beskrivelser til datahastigheder (services og tilgængelighed):

Dækningskortene viser den målte datahastighed i fem servicekategorier, fra meget basale services til avancerede services. En kategori (farve) er markeret på kortet hvis den målte datahastighed over det tilsvarende vejsegment i middelværdi opfylder kravene til servicekategorien. Kravene til hver enkelt servicekategori er defineret som et interval som den målte datahastighed skal ligge indenfor. Intervallerne, og dermed kategorierne, er defineret ud fra typisk krævede datahastigheder for almindeligt anvendte services i de pågældende kategorier. Alle kategorier har krav til datahastigheden i både downlink (fra mobilmasten til mobiltelefon) og uplink (fra mobiltelefon til

¹ For 2G er der målt samme mobilnetværk (TDC) for operatørerne Hi3G og TDC. For Telenor og Telia er målt samme netværk for både 2G, 3G og 4G.

mobilmast), og i de fleste tilfælde samme krav i de to retninger. Specielt for de avancerede (real-time) services er kravende skærpet, da middelværdien skal ligge højt for at kunne tolerere variationer i datahastigheden over tid. Tærskelværdierne for datahastighed er udtrykt i kilo-, eller Mega-bits per sekund (kbps eller Mbps), svarende til en brugeroplevet datahastighed.

	Kategori (mobildata dækning)	Services (eksempler)	Datahastighed (downlink / uplink)
Sort	Uanvendelig	fra ingen til email uden vedlæg	Under 256 kbps / Under 256 kbps
Rød	Meget begrænset	musik-streaming, hjemmesider, facebook	256 kbps til 1 Mbps / Minimum 50 kbps
Orange	Begrænset	fra email med vedlæg, sociale medier med foto	256 kbps til 1 Mbps / 256 kbps til 1 Mbps
Gul	Basal	video-telefoni, web-meeting, enkle cloud-tjenester, online spil. Anvendelig for ikke dataintensive mobile erhvervsformål som eksempelvis timeregistrering, opgavestyring	1 til 5 Mbps / 1 til 5 Mbps
Grøn	Hurtig	Video streaming, mobile cloud tjenester, online spil med HD video. Anvendelig for mere dataintensive mobile erhvervsformål som eksempelvis høj-kvalitet videokonference, fildeling og hurtig visning af store websider	Over 5 Mbps / Over 5 Mbps

Den målte datahastighed er hvad der rent faktisk blev oplevet under målingen på den aktuelle udendørs position. Resultatet er dermed betinget af den aktuelle belastning på mobilnetværket, og de valg (mobilteknologi, signal, etc.) som mobiltelefonen foretog på givet tid og sted under indflydelse af procedurer i mobiltelefonen og indstillinger defineret af mobiloperatøren. Derudover er datahastighedsmålingen foretaget på operatørernes 3G og 4G mobilnetværk, og derfor kun mulig hvor der er dækning fra netop disse netværk. Målingerne er foretaget i dagtimer, mandag til og med fredag, og datahastigheden skal betragtes som et øjebliksbillede på tilfældigt udvalgt tid og sted. Datahastigheden vil derfor kunne opleves både bedre eller dårligere på andre tidspunkter, dvs. på andre tidspunkter af døgnet eller på andre dage i ugen. Yderligere er den målt under kørsel, og det kan generelt forventes at der opnås bedre resultater under stationære, eller næsten stationære, forhold.

Vælges antallet af operatører til mere end en, så skal den målte datahastighed for hver enkelt operatør ligge indenfor samme interval, og altså alle mindst opfylde den tilsvarende kategori. Eksempelvis vil gul kategori med valg af 2 operatører betyde at de to operatører kan levere mindst "Basal mobildata", som eksempelvis web-meeting, på den aktuelle position. Der er i dette tilfælde mulighed for at den ene af operatørerne rent faktisk kan levere en bedre service, men da kravet er at begge opfylder kategorien bliver den resulterende dækning svarende til gul kategori.

Beskrivelser til dataopsamling:

Målingerne er foretaget med måleudstyr fra tyske Rohde & Schwarz. Der er benyttet to FreeRider III systemer, inkluderende en netværksskanner til måling af radioparametre (herunder signalstyrker) og fire Samsung Galaxy S5 Plus mobiltelefoner (smartphones) med dedikeret målesoftware der fortrinsvis er benyttet til test af brugerservices. Al udstyr i FreeRider III systemet er samlet og integreret i et plastikkabinet, med mobiltelefoner placeret på indersiden af kabinettet i lodret position. Mobiltelefonerne anvender under testen deres indbyggede antenner.



Netværksskanneren kan samtidigt måle på alle relevante mobilteknologier og mobilfrekvensbånd, mens hver af de fire telefoner er dedikeret til at måle på de fire mobiloperatørers mobilnetværk - henholdsvis Telia, Telenor, Hi3G og TDC, i de frekvensbånd der er udlagt til mobiltelefoni og -data i Danmark. Mobiltelefonerne understøtter den nyeste teknologi som er implementeret i operatørernes netværk, og kan teoretisk opnå meget høje datahastigheder. Der er i målekampagnen fokuseret på de nyeste mobilteknologier, henholdsvis High Speed Packet Access (HSPA) som er 3. generations mobilteknologi, og Long Term Evolution (LTE), som er seneste 4. generations mobilteknologi.

Udstyr	Model	Frekvensområde	Teknologi
Smartphones	SM-G901F (Samsung)	800, 900, 1800, 2100 og 2600 MHz	HSPA+ (42.2 / 5.76 Mbps) LTE/LTE-A (300 / 50 Mbps)
Skanner	TMSE (Rohde & Schwarz)	350 MHz til 4.4 GHz	GSM, WCDMA, LTE/LTE-A
Antenne (skanner)	TRA6927M3NB-001 (Laird)	698 MHz til 2.7 GHz, med jordplan	

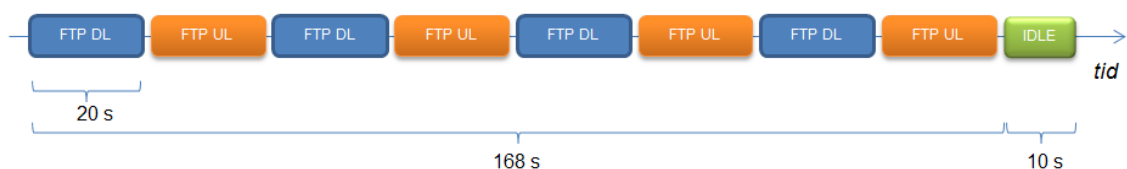
Skanneren benytter, modsat mobiltelefonerne, en eksternt monteret antenne placeret på et separat jordplan. Denne er sammen med FreeRider systemet monteret i en tagboks på taget af en bil. Der er benyttet et FreeRider III målesystem med ekstern antenne til hver af to biler. Den eksterne antenne

har en tilnærmelsesvis omni-direktionel karakteristisk, dvs. med tilnærmelsesvis samme følsomhed i forhold til de omgivende basisstationer, uafhængigt af retningen.



Tilsvarende netværksskanneren måler hver mobiltelefon et antal radioparametre på de respektive mobilnetværk. Derudover foretager mobiltelefonen kontinuerligt en brugerservicetest i form af en filoverførsel (File Transfer Protocol) til og fra en server på Aalborg universitet. Serveren er forbundet til det danske forskningsnetværk, som er tilsluttet de respektive operatørers mobilnetværk i forskningsnetværkets tilslutningspunkt i Lyngby. Tilslutningspunktet er forbundet til serveren på Aalborg universitet via en højhastigheds fiberforbindelse.

Servicetesten foretages sekventielt mellem downlink (fra mobilmasten til mobiltelefon) og uplink (fra mobiltelefon til mobilmast) i fire på hinanden følgende test, efterfulgt af en hvileperiode hvor mobiltelefonen har mulighed for at om-konfigurere radioforbindelsen. Før den sekventielle testsekvens startes på ny er der en kort periode med trafik, med det formål at sikre at mobiltelefonen har en aktiv dataforbindelse til mobilnetværket førend testsekvensen startes.



De enkelte FTP test er af konstant varighed på 20 sekunder, og den målte datahastighed vil derfor være en middelværdi beregnet som den mængde data der kan sendes, eller hentes, over det 20 sekunders interval.

Målingerne, med det beskrevne udstyr og procedurer, er foretaget i dagtimer, mandag til og med fredag. De to biler har tilbagelagt hver sin, på forhånd fastlagte rute, med hastigheder underlagt færdselsregler og aktuelle trafikforhold. Bilerne hastighed varierer derfor under målingerne, således at nogle målinger er foretaget under næsten stationære forhold og andre, dvs. de fleste, under dynamiske forhold.

Beskrivelser til databearbejdning:

Under kørsel opsamles der løbende målinger for signalstyrker og datahastigheder sammen med information om tid og sted. Disse data er efterfølgende, på baggrund af positionsbestemmelsen, sammenkørt med GIS (Geografisk Informations System) data over regionens vejnet. I GIS dataene er vejnettet inddelt i segmenter af maksimalt 50 meter.

De to datasæt er sammenkørt ved at associere måledata med et givet vejsegment således at målinger tilknyttes vejsegmenter som de ligger umiddelbart tæt på. Dataene indenfor et segment er derefter midlet – for datahastigheder lineært og for signalstyrker logaritmisk – for at give et samlet resultat for henholdsvis datahastighed og signalstyrke for det pågældende vejsegment. Da målingerne foretages under varierende dynamiske forhold vil antallet af data der midles i hvert segment variere.

Signalstyrkerne er målt med skanneren, og datahastigheder med mobiltelefonerne. Da de to benytter forskellige antenner, og da datahastighed afhænger af andet end signalstyrke, er det ikke muligt at lave en fuldstændig sammenstilling mellem signalstyrke og datahastighed ud fra de viste resultater. Specifikt, da datahastigheder tidsmæssigt, og dermed også stedmæssigt, måles skiftevis mellem downlink og uplink, er datahastighedsresultater kopieret mellem hosliggende segmenter således at der for hvert segment er et resultat for både downlink og uplink datahastighed. Generelt kan det dog antages at der er en positiv korrelation, således at områder med godt signal også typisk vil udvise høje datahastigheder, og omvendt. Der er ikke foretaget kalibrering for antenneeffektivitet.