



SAAB

RAPPORT

1 (87)

Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

RADIOMILJÖANALYS

FÖR

NYA SPÅRVÄGEN VID BROMMA FLYGPLATS

FAS 2

Saab AB

Attest

Fastställt av

Datum

Lennie Eriksson

2016-05-16

IN 5000358-159 Issue 8



SAAB

RAPPORT

2 (87)

Datum

Utgåva

Dokumentidentitet

2016-05-16

2.0

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Ändringsförteckning

Utgåva	Datum	Ändrad av	Ändringsbeskrivning
1.0	2016-04-27	OFTSBA/Alf Nilsson	Fastställd utgåva
2.0	2016-05-16	OFTSBA/Alf Nilsson	Förtydligat i kap 5.5 och sammanfattning efter påpekande från Swedavia att flyg → flyg-kommunikation på marken är viktigt för uppfattbarhet men även för att undvika dubbelsändningar.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

Innehållsförteckning	Sida
1 SAMMANFATTNING.....	5
2 INLEDNING	10
2.1 Allmänt	10
2.2 Referenser	11
2.3 Akronymmer och förkortningar	12
2.4 Syfte.....	13
3 FÖRUTSÄTTNINGAR.....	13
3.1 Deltagare.....	13
3.2 Mätobjekt.....	14
3.3 Mätutrustning.....	14
3.3.1 Registrering av radiostörningar.....	14
3.3.2 Registrering av transienter.....	15
3.4 Konfigurering VHF-mottagare	15
3.5 VHF Sändare.....	16
3.6 Mätplats	17
3.7 Mätuppkoppling och förfarande.....	18
3.7.1 Registrering av transienter.....	18
3.7.2 Registrering av audio från VHF-mottagare	19
3.7.3 Kopplingslägen	24
3.7.4 Registrering av audio från Airport Radio	25
4 RESULTAT	27
4.1 Fältstyrka från transienter	27
4.1.1 Allmänt	27
4.1.2 Normalkoppling	28
4.1.3 Kopplingsfall 02:03 – 02:27	29
4.1.4 Kopplingsfall 02:03 – 02:27, annat exempel	30
4.1.5 Kopplingsfall 02:27 – 02:47	31
4.1.6 Kopplingsfall 02:47 – 03:21	32
4.1.7 Kopplingsfall 03:21	33
4.2 Mätning VHF-radio	34
4.2.1 Allmänt	34
4.2.2 Exempelfil omodulerad bärvåg.....	34
4.2.3 Audio AGC reduktion av förstärkning vid 50% modulationsgrad	35
4.2.4 Notchfilter	36
4.2.5 Postfiltrering inverkan på toppvärde	37
4.2.6 PULSE och Adobe Audition, 50% AM	38
4.2.7 S/N med modulationsgrad 50%	40
4.2.8 Exempel på transienter i mottagarens audio	43
4.2.9 Översikt av filer med tal	45



SAAB

RAPPORT

4 (87)

Utförd av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

4.2.10	Subjektiva kommentarer till inspelat tal.....	46
4.2.11	Utvärdering med PESQ	48
4.2.12	Kartläggning inom flygplatsområdet.....	54
4.2.13	Diskussion resultat VHF-radio	76
4.3	Prov med Airport Radio, SEPURA handstation	77
5	ÅTGÄRDSFÖRSLAG FÖR STÖRNINGSREDUKTION.....	78
5.1	Allmänt	78
5.2	Motivering för att införa åtgärder	78
5.3	Komplettering med ny mottagarmast	80
5.4	Skärmning.....	81
5.4.1	Uppskattning av kniveggdämpning	81
5.4.2	Tornet	83
5.4.3	Deltamasten	84
5.5	Mot flygplan på uppställningsplatser	85
5.6	Ändring av inställning för brusspär	87



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

1 SAMMANFATTNING

Allmänt. Radiomiljöanalysen för Bromma flygplats för bedömning av vilken påverkan den nya spårvägen kommer att ha på flygplatsens radio- och ILS-system rapport är indelad i en teoretisk fas (fas 1, redovisad i [1]) och en praktisk fas (fas 2) och en verifieringsfas efter att bygget är klart (fas 3). Denna rapport avser fas 2.

Mätningar i fält genomfördes med antenn på avstånd 10 m från spåret vid en mätplats som av praktiska skäl låg vid den likriktarstation som finns vid hållplats Solna Centrum. Det förutsätts och sägs i standard EN 50121, som avser utstrålning från hela järn- och spårvägssystem, att man ser transienter orsakade av ljusbågar (PA, Pantograph Arcing) som uppkommer i samband med att strömvtagare och kontaktledning tillfälligt separerar som den största bidragande faktorn till toppvärdet hos den utstrålade störningen. Störst risk för ljusbågar förekommer i samband med isbildning, men för tåg som går med hög hastighet finns risken hela tiden beroende på att svängningar kan uppkomma i kontaktledningen. Spårvägen går dock med låg hastighet jämfört med vad kontaktledningen med bärlina förbi Bromma flygplats är designad för, varför den risken är mindre.

För att simulera isbildning skapades ljusbågar genom att låta tåg passera en växel där byte mellan två sektioner av strömmatningen sker. Strömmatning hade arrangerats för att ge största möjliga ljusbågar under provet. Normalt, vid mätningar enligt standard, ska just dessa typer av ljusbågar undvikas (liksom de som genereras vid isbildning). Även körningen av tåget gjordes för att maximera ljusbågen och störningen. Ett fåtal kraftiga ljusbågar uppstår i detta fall medan det under förhållanden med isbildning repetitions-frekvensen kan bli högre. Diskussion finns i kapitel 5.

Tre typer av mätningar genomfördes: (1) Mätning av transienter i tids-planet och frekvensplanet på VHF-området för flygtrafikledning. (2) Inspelning av uppkomna störningar i audioutgången på typisk VHF-radio som används på Bromma under mottagning av omodulerad och modulerad bärvåg. (3) Inspelning av mottagen audio från Airport Radio (TETRA) handstationer vid mottagning på 10 m avstånd.

Mätningarna avsåg att mäta vid eller nära den fältstyrkegräns som ICAO anger att sändning från flygplan minst ska ge inom sitt täckningsområde. Dessutom avsågs att mäta nära gränsen för inställd brusspärroppning vilken är satt ca 8 dB lägre än rekommenderad minsta fältstyrka från ICAO för att uppfylla de krav på säkerhetsmarginal som LFV ställer.

Resultat transienter. Transienter mättes som mest upp till toppvärde ca 70 dB μ V/m i 120 kHz bandbredd vilket är nära gränsvärdet i standarden som i frekvensbandet 118-137 MHz är nära 75 dB μ V/m. Det innebär att transienter med nivå nära standardens gränsvärde genererades. Det är inte rimligt att tro att



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

isbildning skulle generera transienter med högre nivå, men de kan inträffa med hög repetitionstakt och under lägre tid än den korta tid som växeln passeras.

Resultat VHF-radio. Signalen från mätantennen dämpades att motsvara dämpningen från den tänkta banan vid Bromma flygplats och 50 m avstånd i fritt fält, vilket motsvarar ungefär avståndet till deltamasten. Med nyttsignal nära ICAO rekommenderade gräns för minsta fältstyrka är transienterna höga i amplitud i mottagarens audioutgång, men korta i tid varför påverkan på inspelat tal blir liten med den repetitionsfrekvens som förekom under provet.

Simulering där resulterande transienter i audioutgången multipliceras och mixas ihop med tal har av de som lyssnat inte påverkat taluppfattbarheten. Då bör noteras att de som lyssnat vet vad som sägs. Transienterna är korta och liknar att lyssna på en något knastrig gamla tiders grammfonskiva. Om den starkaste transienten kopieras att uppträda 10 gånger per sekund (10 Hz) och mixas in i tal registrerat med bär vågens nivå -100 dBm (nära känslighetsgränsen -101 dBm) sjunker det objektiva måttet MOS-LQO (*Mean Opinion Score-Listening Quality Objective*) enligt PESQ-algoritm enligt ITU-T Rec. P.862 från 2,50 (Fair) för ostört fall till 1,60 (Poor) för simulerat stört fall i den utvärdering som beskrivs i punkt 4.2.11. Det kan nämnas att ostört fall för bär vågsnivån -93 dBm då bruset i audioutgången blir lägre ger MOS-LQO värdet 3,02 men med samma transientstörning som för bär vågsnivån -100 dBm så sjunker också då värdet till 1,60.

Den påverkan som skedde i de inspelningar som gjorts med talsekvenser bedöms av rapportförfattaren vara hörbara men inte irriterande. Det är först när störningarna kopieras till en hög repetitionsfrekvens och mixas med talet som påverkan på tal kvaliteten kan bli stor.

Det är inte bara denna typ av enskilda transienter som förekommer utan det sker även en ökning av brusnivån vid tågpassage. Vid antenndämpning motsvarande avstånd 50 m och med nyttsignalnivå -93 dBm ökade brusnivån så att S/N i audioutgången för 16 mätningar varierade mellan 21 – 24 dB, vilket är 6 dB bättre än det i ICAO rekommendation minsta S/N 15 dB. Radion själv skulle, enligt inställningen för brusspärren, ha stängt brusspärren om S/N 20 dB underskridits, vilket då ger en marginal av endast 1 - 4 dB. För nyttsignalnivån -99 dBm beräknades S/N ha blivit 15 – 18 dB.

De nu genomförda mätningarna indikerar att det inte kommer att vara problem med mottagning vid Glia- eller Ballsta-masterna där avstånden är 1150 m respektive 300 m. Vid simulerat avstånd 200 m syns transienter i inspelningen vid mottagning av omodulerad bär våg -93 dBm, men bedöms inte vara störande i samband med tal. För avstånd 50m, ungefär deltamast och TWR, motiveras och föreslås åtgärder längre ner i sammanfattningen.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

Resultat Airport Radio. Prov gjordes genom att montera en handstation som mottagare på samma avstånd som mätantennen (10 m från spåret) men något under huvudhöjd. Inspelning av mottagen audio gjordes. Avsikten var att dämpa sändarens utnivå för att hitta känslighetsgränsen vid aktuell störning. Sändarens antenn monterades bort och det visade sig att även då antennutgången avslutades med 50 ohm strålade sändaren så mycket att mottagningen var fullgod. Sändaren som handstation hölls i handen och var inte galvaniskt ansluten mot någon utrustning. Mottagaren befann sig på ca 10 m avstånd.

Ingen störning av mottagningen noterades då tåg passerade.

Mottagningen fungerade även då sändaren med avslutare sände från en plats bakom likritarstationen så att det inte var line-of-sight till mottagaren, dock utan att tåg var i närheten.

Motiv för införande av åtgärder vid Bromma

Nedanstående argument kan föras fram för att införa dämpning av störande signaler från spårvägen vid Bromma.

1. Det är sannolikt det täta pulståget av normal bildning av små ljusbågar, dvs. mycket korta ljusbågar som inte orsakas av isbildning eller av kraftiga svängningar i kontaktledningen, som orsakar den höjning av bakgrundsbruset vid låga bärvågssignaler som detekterades i radion.
2. Eftersom denna brusnivå kan skapa problem visavi S/N-kriteriet på 20 dB och orsaka stängning av brusspärren hos VHF-mottagaren vid låga fältstyrkor hos bärvågen bör åtgärder i någon form vidtas. Denna typ av brusmatta är enligt standarden acceptabel så länge som den understiger gränsvärdet i standarden.
3. Isbildning förmodas allmänt ge högre nivåer på PA, som kanske t.o.m. överskrider standardens gränsvärden, men kanske inte så hög pulsrepetitionsfrekvens (PRF) att det skapar problem med hörbarheten. Eftersom det dock inte kan bevisas att PRF:en inte kan bli oacceptabelt hög kan åtgärder motiveras även för detta fall.
4. Med tanke på de höga krav på total frånvaro av incidenter under 40 år som nämnts rekommenderas att åtgärder införs.

Dämpningsbehov

För avstånd 50 m (deltamasten som står närmast) bör marginalen förbättras med åtminstone 6 dB för att hindra att mottagarens brusspärren stänger på grund av brushöjningen, vid bärvågsnivå -93 dBm. För att skydda även bärvågsnivå ner mot -100 dBm bör marginalen ökas ytterligare med 6 dB. Det ger totalt 24 dB



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

dämpning från spåret och motsvarar 200 m avstånd i fritt fält. De annars höga transienterna kommer att förekomma med låg nivå då ingen modulation pågår, men bedöms inte som besvärande då tal pågår.

Mätningarna av de artificiellt framtvingade avbrotten gav värden i närheten av, men lägre än standardens gränsvärde för toppvärde i 120 kHz bandbredd på 10 m avstånd enligt [7]. Om hänsyn tas till att ett tåg skulle kunna nå gränsvärdet behöver marginalen ökas. I fri rymd medför en dubbling av avståndet att fältstyrkan sänks med 6 dB.

Förslag på åtgärder

Dämpningsbehovet bygger på att framtida tåg inte ger mera störning än vid dessa mätningar. För att uppnå det kan följande åtgärder, eller kombination av åtgärder, övervägas:

1. Komplettering med ny mottagarmast på längre avstånd (>200 m)
2. Skärmning ± 200 m utefter den sträcka av spårvägen som ligger närmast deltamasten och TWR.
3. Justering av inställning av brusspärren från dagens 20 dB till 15 dB. Detta är en alternativ åtgärd som tas till om åtgärd 1 och 2 vid något tillfälle skulle visa sig otillräcklig och genomförs då i samråd med LFV som idag äger och förvaltar VHF radion

Ny mottagarmast på tillräckligt avstånd (>200 m) från spårvägen täcker ensamt in behovet av dämpning avseende torn och deltamast och åtgärd 2 och 3 bedöms därför kunna utgå om åtgärd 1 införs. Det förutsätts att även mottagarna i tornet kompletteras med mottagare i den nya masten

Flyg – flyg. Kommunikation flyg-flyg med ena eller båda flygplanen på marken är viktigt ur flera aspekter såsom uppfattbarhet men också för att veta att sändning pågår och när den är avslutad för att undvika dubbelsändningar i en intensiv radiotrafikmiljö. Sändningar från flygplan på nära håll bedöms ge tillräcklig signalstyrka för att undertrycka störningar från spårvägen. För de flygplan som är uppställda närmast spårvägen kommer störningen att påverka mottagning av låga fältstyrkor från sändning från flygplan på långt håll. Det är då osäkert om flygradions brusspärren, i likhet med markmottagaren vid lågt signalbrusförhållande, kan komma att stänga mottagningen. Även om det mottagande flygplanet på marken inte nödvändigtvis behöver uppfatta vad som sägs så måste det kunna uppfattas att sändning pågår och när sändningen är slut och kanalen fri för att undvika att sändning från markflygplanet påbörjas och stör ut mottagningen från flygplanet i luften i tornet. Om det visar sig att detta är ett problem i praktiken så



SAAB

RAPPORT

9 (87)

Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

kan skärmning längs flygplansuppställningsplatser vara en möjlig åtgärd för att öka dämpningen mot flygplan uppställda närmast spårvägen.

Skärmning för flyg-flyg kan som alternativ ske nära uppställningsplatsen istället för nära spårvägen i och med att antennhöjden för flygplan på mark är lägre än vad som är fallet med en mast.

Den uppmätta störningsnivån från tåget varierade från passage till passage men samtliga passager gav värden som var lägre än standardens gränsvärde. Om standardens gränsvärde ska vara dimensionerande är det motiverat att öka marginalen med åtminstone 6 dB, vilket för fritt fält leder till att avståndet >200 m bör ökas till >400 m.



Utförd av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

2 INLEDNING

2.1 Allmänt

Radiomiljöanalysen för Bromma flygplats för bedömning av vilken påverkan den nya spårvägen kommer att ha på flygplatsens radio- och ILS-system rapport är indelad i en teoretisk fas (fas 1, redovisad i [1]) och en praktisk fas (fas 2) och en verifieringsfas efter att bygget är klart (fas 3).

I fas 1 beskrevs att inga åtgärder för ILS och annan navutrustning bedöms erfordras. Indikationer fanns att känsligheten för VHF radiomottagare i TWR, Bällsta och Glia kunde påverkas och att prov med tal behöver göras. Vidare kom man fram till att mottagarkänsligheten för flygplan på mark inte behöver någon åtgärd och att mätningar behövs för att verifiera detta. Detta har nu genomförts dels (1) genom att använda en radiomottagare av samma typ som vid TWR och Deltamast och modulera med inspelat tal och utsätta den för störning genererad av tågpassage vid Solnagrenen som använder samma typ av tåg och bankonstruktion som planeras vid Bromma och (2) genom en av LFV genomförd kartläggning av fältstyrkenivåer inne på Bromma flygplatsområde.

Denna rapport för fas 2 redovisar de mätningar genomförts vid Tvärbanans Solnagren för att få en uppfattning om vilka fältstyrkor som transienter orsakade av ljusbågar mellan strömvägar och kontaktledning ger. Ljusbågar kan förekomma vid isbildning på kontaktledningen. Förhållanden med ljusbågar orsakade av isbildning kan vara svårt att få att sammanfalla med möjlighet i tiden för mätning. Dessutom kan vid upprepade tät trafik isbildningen komma att skrapas bort, även om LFV vid åtminstone ett tillfälle med speciella väderomständigheter noterat att isbildning hann återbildas vid 10-minuterstrafik vid spårvägen i Norrköping. Därför skapades ljusbågar genom att utnyttja en växling mellan två kontaktledningar vid en växelgenomgång och där de båda kontaktledningarna strömmades på särskilt sätt för att öka ljusbågens intensitet.

Det är inte troligt att isbildningen skapar starkare transienter, men en skillnad som måste tas i beaktande är att med isbildning kan förloppet vara under längre tid och inte bara då växeln passeras. Vid växlingen mellan ledningssektionerna då tåget körs genom växeln sker ett riktigt avbrott med ett kontaktavstånd många gånger större än isbeläggning kan skapa vilket borde leda till kraftigare ljusbåge. Dessutom kördes med maximalt pådrag för att tåget skulle dra maximalt med ström vid växelgenomgången. Sammantaget talar det för att de ljusbågar som registrerades är så stora de kan bli. Det som kan hända vid isbildning är att ljusbågarna blir flera och kommer tätt, men det är mindre troligt att amplituden skulle bli större.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

Redovisning sker även av de fältstyrkemätningar som LFV genomfördt inne på flygplatsområdet.

Påverkan på två radiosystem undersöktes, dels VHF-mottagare som används på Bromma i 118 – 137 MHz-bandet och dels Airport Radio som är baserat på TETRA och använder frekvenser nära 400 MHz.

2.2 Referenser

Ref	Titel	Identitet
1	<i>"Radiomiljöanalys för nya spårvägen vid Bromma flygplats", A Nilsson, M Strand, M Bäckström, Saab AB, 2015-09-29 utgåva 1.0</i>	LC-15:0058-01
2	<i>"Kopplingslägen vid radiomiljö-analysmätningar vid Ls 652 Solna centrum (SOC) natten mot 2016-02-05", Bror Lundbergh, WSP Systems</i>	Uppdragsnummer 1022 1562
3	<i>"Kopplingsschema, delen (Norra Ulvsunda)-Solna station, Sträckan (Norra Ulvsunda)-Solna station, Rev A", 2014-08-18, Bilaga till [2].</i>	5830 6304 0005A
4	<i>"Radiomiljöanalys för nya spårvägen vid Bromma flygplats, fas 2. Provprogram", utgåva 01w3, 2015-12-03, Michael Strand</i>	
5	<i>"The Planning and Engineering of radio-relay networks", 3rd edition, 1995, Heinz Karl och Rolf Persson, STF Ingenjörutbildning AB, 1995-03-06 Radiolänk-Projektering-Workshop (1131)</i>	
6	TELEKONFLIKTER I RADIOANLÄGGNINGAR Kompendium	Beskrivning M7773-400210, 1975-10-31, Försvarets Bok- och Blankettförråd

**SAAB****RAPPORT**

12 (87)

Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

Ref	Titel	Identitet
7	Järnvägsanläggningar - Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) - Del 2: Emission från hela järnspårvägssystemet till omgivningen Corrigendum	SS-EN 50121-2 (2007) SS-EN 50121-2 C1

2.3 Akronymmer och förkortningar

Förkortningslistan innehåller förkortningar som nu inte används i denna preliminära utgåva. De har fått stå kvar eftersom de kan komma att användas vid uppgradering inför slututgåvan, där ej använda förkortningar kommer att rensas ut.

Förkortning	Betydelse
ATC	Air Traffic Control
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique European Committee for Electrotechnical Standardization
CISPR	Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques International Special Committee on Radio Interference
C/I	Carrier to Interference
dB	Decibel. Logaritmiskt effektförhållande. 10 dB högre effekt innebär att effekten är 10 gånger högre. 20 dB högre innebär 100 gånger högre.
dB _i	Decibel relativt isotropisk antenn (antenn som strålar sfäriskt)
dB _m	Decibel relativt 1 milliwatt
DME	Distance Measuring Equipment
EIRP	Equivalent Isotropically Radiated Power
EMC	Electromagnetic Compatibility
EN	European Standard (Norme Européenne; Europäische Norm)
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FMV	Försvarets Materielverk
GP	Glide Path (signal för glidbana)
GPS	Global Positioning System
ICAO	International Civil Aviation Organization
ILS	Instrument Landing System (LOC, GP och DME)
LOC	Localizer (signal i linje med banan)
MM	Middle Marker
MOS	Mean Opinion Score
MOS-LQO	MOS – Listening Quality Objective
NDB	Non Directional Beacon
OM	Outer Marker
PA	Pantograph Arcing



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

Förkortning	Betydelse
PESQ	Perceptual Evaluation of Speech Quality (ITU-T rec. P.862)
prf	Pulse repetition frequency
Rx	Receiver (mottagare)
S/N	Signal to Noise (Signalbrusförhållande)
SEK	Svenska Elektriska Kommissionen
SS	Svensk Standard
TWR	Tower (flygledartornet)
Tx	Transmitter (sändare)
UHF	Ultra High Frequency
VDC	Voltage Direct Current (likspänning)
VHF	Very High Frequency

2.4 Syfte

Syftet med mätningarna är flera:

- Registrera radiofrekventa transienter orsakade av ljusbågar från aktuell tågtyp och typ av spårväg
- Få en uppfattning om hur radiomottagaren reagerar på aktuell typ av störning och hur störningen degraderar mottagning
- Bedöma nödvändig skärmning/dämpning mellan radiomottagare och spårväg
- Ge förslag på åtgärder

3 FÖRUTSÄTTNINGAR

3.1 Deltagare

Alf Nilsson	Saab AB
Bengt Vallhagen	Saab AB
Bror Lundbergh	WSP Systems Elkraft (natten mot fredag 2016-02-05)
Per-Arne Åsander	SL (natten mot fredag 2016-02-05 och natten mot måndag 2016-02-08)



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

3.2 Mätobjekt

Egentligen är det bara mottagarna som är mätobjekten men sändarna används för att generera nyttsignalen, VHF-sändaren i kabel och Airport Radio i luften.

Objekt	Fabrikat och typ	Ser nr
VHF-mottagare	R&S EU4200C VHF receiver 6144.7800.02	101690
VHF-sändare	R&S SU4200 VHF Transmitter 6130.2200.02	100411
Airport Radio, Handstation anv. för sändning Handstation anv. för mottagning	SEPURA STP 9000 Series Ljusgul front Blå front	100344 100346

Tabell 3-1 Tabell över mätobjekt

3.3 Mätutrustning

3.3.1 Registrering av radiostörningar

Följande utrustning användes vid uppkoppling av nyttsignalloop och för inspelning av audio från mottagarens linjeutgång.

Utrustning	Fabrikat och typ	Ser nr
Analysator och inspelare	Brüel&Kjaer PULSE 3160-A-042	3160-105837
Styrdator, LapTop	DELL Latitude E6430	8HY9KV1
Combiner/splitter	JFW model 50PD.015 DV-2.55 GHz	
Effektdämpare, 30 dB	Weinschel 6089-30	LM 737
Effektdämpare, 30 dB	Weinschel 45-30-33	LK 712
Dämpare 30 dB	Weinschel model 2, Cage code 93459	BD3645
Stegdämpare, 10 dB	Agilent typ 8496B, 110 dB	Regnr DA02400 MIO nr M396494
Stegdämpare, 1 dB	Agilent typ 8394B, 11 dB	Regnr DA02401 MIO nr M398420
Vid kontroller av S/N och brusgolv som funktion av nyttsignalnivå på lab i Arboga användes istället följande stegdämpare		
Stegdämpare, 10 dB	HP355D, 120 dB	HA153
Stegdämpare, 1 dB	HP355C, 12 dB	HA155

Tabell 3-2 Tabell över utrustning för inspelning av störningar i mottagarens linjeutgång

Stegdämparna Agilent 8496B och 8494B användes i nyttsignalloopen för registrering av radiostörningar, men är hemmahörande och registrerade på Saab EMC-laboratorium i Linköping.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

3.3.2 Registrering av transienter

Följande utrustning användes vid registrering av transienter i tids- och frekvensplanet.

Utrustning	Fabrikat och typ	Reg nr	MIO nr
EMI Test Receiver	Rohde&Schwarz ESIB 26	AN01300	M299211
Log Periodic Antenna	EMCO 3148	AT03100	M396455
Biconical Antenna	EMCO 3110B	AT03300	M396457
Attenuator	Bird 10-18A-MFN-10	DA02507	M396501
Attenuator	Weinschel WA 90-10-43	DA02603	M396509
Step Attenuator	Narda 745-69	DA03400	M396522
Signal Generator	R&S SML 03	GE03700	M299207
Oscilloscope	Agilent DSO9404A	OS00900	M396634
Power Splitter	HP 116 67A	UA00600	M396716
Power Splitter	Weinschel WA1506A	UA03400	M396719
Power Splitter	Weinschel WA1506A	UA03500	M396720

Tabell 3-3 Utrustning vid registrering av transienter

Step Attenuator Narda 745-69 användes natten mot måndag 2016-02-08 för dämpning av extern antennsignal mot radiomottagare.

3.4 Konfigurering VHF-mottagare

Mottagaren konfigurerades enligt den konfiguration som är gällande för de mottagare som används på Bromma. Valda parametrar under flik "Settings":

Parameter	Module	Value
Single channel	Rx	Disabled
Single channel	MMI	Disabled
Main-Standby Type	Rx	Main
Main-Standby Type	MMI	Main
Local Mode	Rx	Enabled
Local Mode	MMI	Enabled
Line interface in local moe	Rx	Enabled
True Sidetone Transceiver	Rx	Enabled
Rx Audio AGC	Rx	Enabled
Rx Input Sensitivity	Rx	Low Noise
ACARS Data Mode	Rx	Disabled
S/N RSSI Logic operation	Rx	AND
Motor Tuned Telsa Filter	Rx	Disabled
SQ/RSSI Signaling	Rx	Off
SQ/Signalling Frequency	Rx	2040
RSSI Output	Rx	RS Standard
Best Signal Selection	Rx	Disabled
Select Audio Interface	Rx	Analog Audio
E1 Alarm for Inactive Warning	Rx	Enabled

Tabell 3-4 Några valda parametrar under fliken "Settings" i verktyget för EU4200C



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

Parametervärden inställda under fliken "Adjustment"

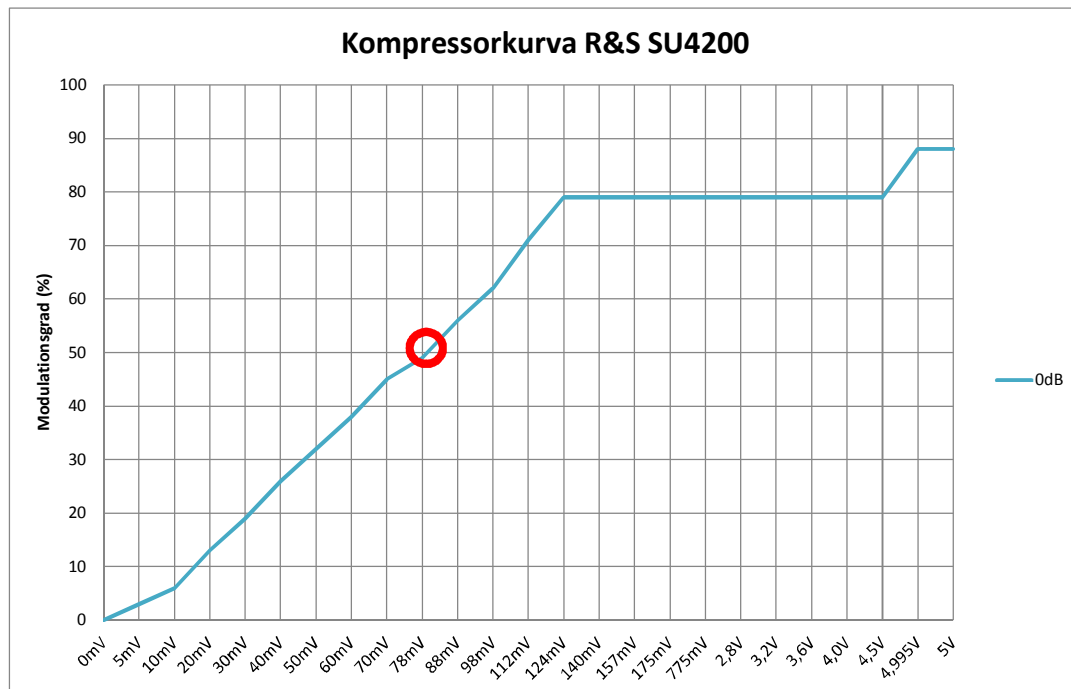
Module	Parameter	Value
Rx	Rx Audio Level	-4 dBm
Rx	S/N Squelch Threshold	20 dB
Rx	RSSI Squelch Threshold	2 μ V
Rx	SQ/RSSI Signaling Level	-15 dB
Rx	RSSI Output curve	(click here for details)

Tabell 3-5 Parameterinställningar under fliken "Adjustment"

S/N RSSI Logic Operation i Tabell 3-4 är satt till AND vilket betyder att brus-spärren öppnar först då båda villkoren RSSI Squelch Threshold 2 μ V (dvs -101 dBm) OCH S/N Squelch Threshold 20 dB är uppfylla. I praktiken betyder det att brusspärren normalt öppnar vid bär våg nivå -101 dBm.

3.5 VHF Sändare

Den viktigaste parametern för sändaren i det här fallet är sambandet mellan AM-modulation som funktion av linjenivå in. 78 mV ger 50% AM-modulation enligt Figur 3-1. Det betyder nivå till linjeingången -20 dBm.



Figur 3-1 Kompressorkurva för R&S SU4200 med aktuell inställning

Med inställning av generatoren i PULSE på 166 mV och med transformator 600 ohm gav 78 mV rms till Tx radioingång. (Fil nr 41). Med kabeln för mottagarens



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

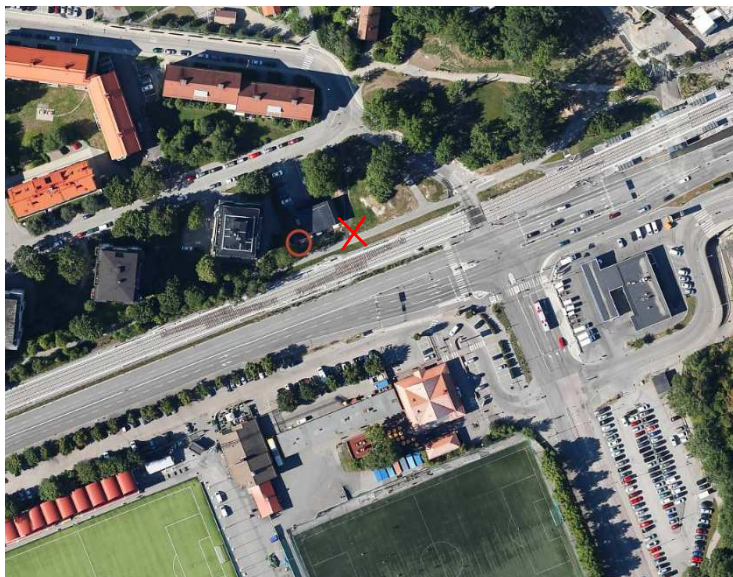
antenngång istället kopplad till mättagaren (spektrumanalysator-mod) gav följande: Bärkvåg 48,5 dBμV (-107 dB = -58,5 dBm) och sidbanden 37,0 dBμV (-107 dB = -70 dBm), dvs sidbanden är 11,5 dB lägre än bärkvågen och modulationen är därmed nära 50% där relationen bärkvåg – sidband är 12 dB.

Stegdämparna stod i läget 0+0 och anslutningen för extern antenn var avslutad på splittern närmast tagaren. Det innebär också att med dämparna på 30+4 blir bärkvågsnivån nominellt -58,5 dBm -34 = -92,5 dBm.

Inspelningar görs för sinusmodulation AM 50%, men också med tal, där talmedelnivån i linjeingången ställdes till -20 dBm. I praktiken kommer sändaren att bli fullt utstyrd eftersom talet har högre toppvärde och sändaren kommer att reglera ner för att inte övermodulera topparna i talet.

3.6 Mätplats

Eftersom simulering av ljusbågar vid isbildning skulle göras måste mätplatsen vara i anslutning till en växel där två sektioner av kontaktledningen möts. En sådan plats finns nära Solna Centrum, där också fanns plats för mätfordon. Mätfordonet parkerades vid den röda ringen i Figur 3-2. Mätantennen placerades vid det röda krysset mitt för avbrottet mellan de två kontaktledningssektionerna i kanten av gångbanan.



Figur 3-2 Mätplats med växelsträcka vid Solna Centrum



Utförd av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS



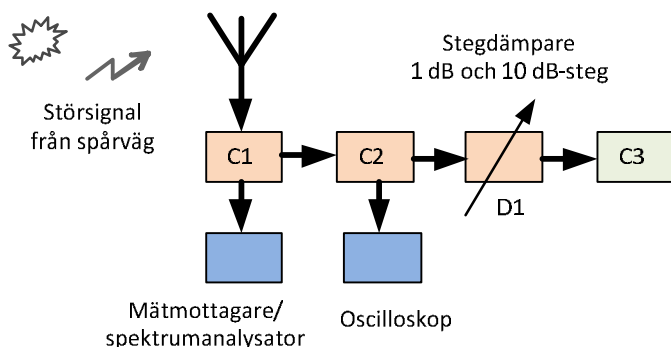
Figur 3-3 Mätplatsen sedd från Frösundaleden, markering för mätbil och antenn.

Uppställningen för mätbil och antenn markeras i markplan i Figur 3-3. Mätplatsen ligger inte fritt med närheten till likriktarstationen som förutom avgivna störningar också kan ge reflex från väggen. Av praktiska skäl så beslöts att använda platsen medvetna om den begränsningen och bedömningen är att det inte påverkar syftet med dessa mätningar.

3.7 Mätuppkoppling och förfarande

3.7.1 Registrering av transienter

Mätuppkopplingen visas i Figur 3-4. Mätantennen ansluts mot combiner/splitter C1 för delning mot mätmottagaren och mot efterföljande splitter C2 som delar upp signalen till oscilloskopet och till dämpare D1 och efterföljande combiner C3 i nyttosignalloopen och till radion. Se hela mätuppkopplingen i Figur 3-5. Dämpare D1 användes endast natten mot måndag, 2016-02-08.



Figur 3-4 Mätuppkoppling för registrering av fältstyrka hos transienter



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

Dämpningen genom varje enskild combiner/splitter är 6 dB mellan portarna. Det betyder att signalen på mätmottagaren är dämpad 6 dB, medan den till oscilloskopet är ytterligare dämpad 6 dB, dvs totalt 12 dB. Med $D1 = 0$ dB blir signalnivån till oscilloskopet och in till splittern i nyttosignalloopen lika.

Vissa mätningar genomfördes där splitter C1 och mätmottagaren utgick och antennen kopplades direkt till splitter C2. Antennsignalen dämpades då 6 dB till oscilloskopet och till den efterföljande combinern i nyttosignalloopen.

Mätresultaten visas i kurvor registrerade med oscilloskopet där det vid omvandlingen till fältstyrka tagits hänsyn till antennfaktor och dämpning i splitters. När oscilloskopet triggades så triggades det fortlöpande för varje transient som överskred trig-nivån.

Tre typer av diagram genereras:

Det första diagrammet visar en ögonblicksbild av spänningen från antennen i Volt i tidsplanet av den sista transienten som överskred trignivån. Det är samma spänningspuls som lämnas till combinern för radion.

Det andra diagrammet visar med blå kurva spänningspulsen i det första diagrammet omräknad med FFT till spänning i frekvensplanet med 120 kHz bandbredd i frekvensområdet 118 MHz – 137 MHz. Den röda kurvan (max hold) är maxvärdet i frekvensplanet av samtliga registrerade pulser som triggat oscilloskopet vid den aktuella tågpassagen. Detta spektrum har samma nivå som lämnats till splittern C3.

Det tredje diagrammet visar i frekvensplanet den registrerade spänningen i 120 kHz bandbredd men med hänsyn till antennfaktor, dämpning i splitters etc. omvandlad till fältstyrka i $\text{dB}\mu\text{V/m}$ i frekvensområdet 118 MHz till 137 MHz. I likhet med det andra diagrammet avser blå kurva pulser i ögonblicksbilden och den röda kurvan avser max hold för samtliga pulser för aktuell tågpassage.

3.7.2 Registrering av audio från VHF-mottagare

3.7.2.1 Beskrivning

Mätuppkopplingen visas i Figur 3-5. En nyttosignalloop skapas genom att generera audiosignal i analysatorn (PULSE) som kopplas till sändaren (R&S SU4200) för modulering. Nivån är anpassad så att medelnivån för tal och för sinussignal, 1 kHz, är -20 dBm på sändarens linje ingång. Sinussignalen ger 50% AM-modulation av sändaren.



Utförd av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

Inspelning gjordes för följande modulationer:

1. Omodulerad signal, dvs enbart bärvåg
2. Bärvåg modulerad med 1 kHz sinus till 50% AM
3. Tal som ger möjlighet till utvärdering av MOS, två kvinnliga och två manliga röster
4. Kontinuerligt tal, kvinnlig röst

Eftersom tågpassagen sker under kort tid storleksordningen sekunder kommer också störningen att påverka talet under kort tid. Exempelvis kom störning att inträffa under endast en av rösterna i talskevensen i punkten 3 ovan. För utvärdering behöver därför störning mixas in i efterhand så att samtliga röster påverkas,

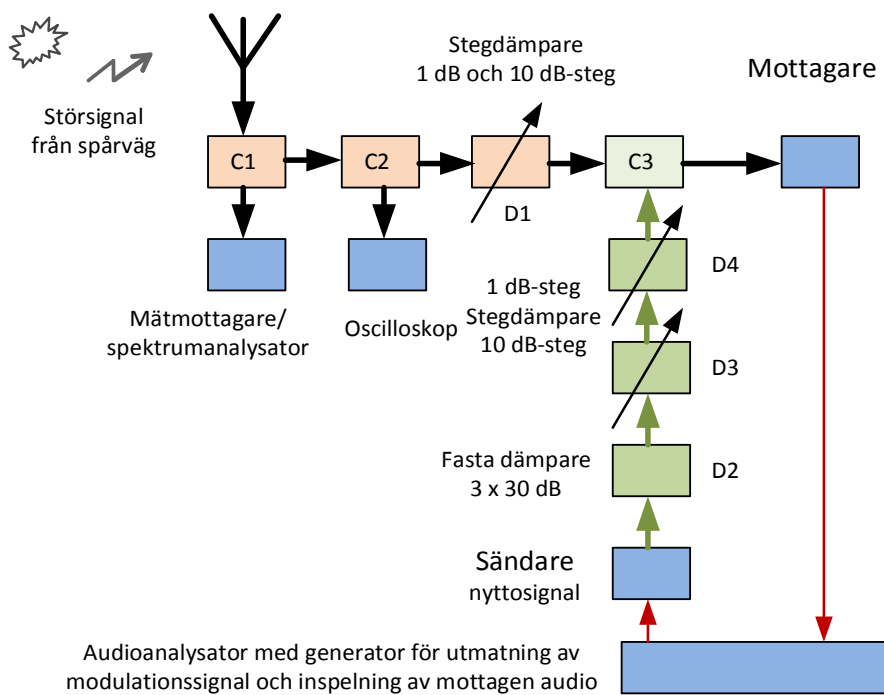
Mätfrekvens 122,175 MHz var tilldelad för proven.

Sändaren används i lägsta effekt som kan ställas in, vilket för denna sändare är 5W, vilket är +37 dBm. Radiosignalen, här efter kallad nyttosignalen, dämpas först i 3 x 30 dB fasta dämpare, D2, och matas därefter till två stegdämpare, D3 och D4. D3 dämpar i steg om 10 dB medan D4 dämpar i steg om 1 dB. Efter stegdämparna följer en resistiv combiner, C3, där den dämpade nyttosignalen adderas till signalen från den yttre antennen vilken plockar upp radiosignaler från omgivningen, läs störningarna från tåget. Den resistiva kombinern ger en nivåförlust av 6 dB både för den egengenererade nyttosignalen från sändaren och för antennsignalen.

Störsignalen kommer in via antennen, som vid proven för VHF-radio är en bikonantenn och vid mätning av transienter för Airport Radio är en logperiodisk antenn. Motsvarande nyttosignalloop kunde inte kopplas upp för Airport Radio, men registrering av mottagen audio gjordes.

Eftersom resistiva combiners användes kommer nyttosignalen också att gå ut i riktning mot oscilloskop, mätmottagare och extern antenn. Den dämpas 6 dB genom varje combiner.

Stegdämparen D1 för störsignalen användes endast natten mot måndag 2016-02-08 för att bestämma vilken dämpning som erfordras för att störsignalen inte ska kunna detekteras i mottagaren. Vid övriga mätningar användes mätuppkopplingen utan att stegdämparen D1 var inkopplad.



Figur 3-5 Mätuppkoppling vid mätning för VHF-radio

3.7.2.2 Dämpning av störsignal

Störsignalen dämpas mot mottagaren 6 dB för varje combiner. Med totalt tre combiners blir det 18 dB dämpning. Det kontrollerades genom att mata in signal från en signalgenerator istället för antennen och ansluta kabeln för mottagaren till mätmottagaren istället. C1, vars ena anslutning normalt är ansluten till mätmottagaren avslutades då med 50 ohm avslutning.

Mätningen gjordes vid mätfrekvensen 122,175 MHz. Nivån -30 dBm matades in och resultatet blev -48 dBm till mottagaren. Dvs dämpningen genom tre splitters/combiners blev 18 dB som förväntat.

Vid frekvensen 122,175 MHz har bikonantennen antennfaktorn 12 dB och för denna frekvens motsvarar det nära 0 dBi antennngain. En dipol har nominellt 2,15 dBi antennngain, dvs signalen från bikonantennen är 2 dB svagare än från en dipol. Det betyder att nivån för störningen vid 18 dB dämpning i mätkedjan motsvarar en dämpning av 20 dB relativt en dipol på samma plats. Mätavstånd 10 m ger i sin tur att störsignalen till mottagaren motsvarar avståndet 100 m i fritt fält, vilket i sin tur är 33 m längre än tornets närmaste avstånd (67 m) till nya spårvägen.

För att öka störsignalen till mottagaren kopplades mätmottagaren och den första splitttern bort och transienter registrerades då enbart på oscilloskopet. Dämpningen av störsignalen blev då 12 dB till mottagaren. Med motsvarande resonemang som



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

ovan betyder det att det motsvarar ca 50 m avstånd i fritt fält med hänsyn till 2 dB för bikonantennen. Deltamasten ligger på uppskattat närmaste avstånd av 45 m.

Följande avstånd jämfört med signalnivå på 10 m och med hänsyn till 2 dB skillnaden mellan bikonantennen och en dipol kan överslagsmässigt göras. På längre avstånd kommer tillskottsdämpning att uppträda och då motsvarar dämpningen ett kortare avstånd.

Angiven dämpn dB	Dämpning inklusive bikonantenn dB	Avstånd i fritt fält m
12	14	50
18	20	100
24	26	200
30	32	400
36	38	800

Tabell 3-6 Avstånd för olika dämpning av signalnivå i fritt fält jämfört med 10 m avstånd

3.7.2.3 Nyttosignalens nivå

I huvudsak används två inställningar av stegdämparna: 30+4 respektive 40+0.

Inställning av stegdämparna 30+4 ger nominellt en nyttosignalnivå in i mottagaren av $+37 \text{ dBm} - 3 \times 30 \text{ dB} - 30 \text{ dB} - 4 \text{ dB} - 6 \text{ dB} = -93 \text{ dBm}$.

Inställning av stegdämparna 40+0 ger nominellt en nyttosignalnivå in i mottagaren av $+37 \text{ dBm} - 3 \times 30 \text{ dB} - 40 \text{ dB} - 0 \text{ dB} - 6 \text{ dB} = -99 \text{ dBm}$.

Vid mätningarna noterades att då dämpningen mot antennen minskades, dvs någon av combiners togs bort, minskade också brusnivån. Om det finns yttre brus borde det ha blivit tvärt om. I mottagaren finns åtminstone två mekanismer som ändrar nivån. I radiodelen finns AGC som anpassar signalnivån så att kretsarna kan hantera radiosignaler över ett stort dynamikområde och så finns "Rx Audio AGC". Den senare är enligt Tabell 3-4 "Enabled" och ska hålla audionivån konstant för modulationsgrader över ett lägsta värde. Den första arbetar med bärvågsnivån och vill hålla nivån till detektorn konstant, och den andra sköter förstärkningen i audiokretsarna och styrs av modulationsgraden.

Det indikerar att yttre signal kommer in som får RF AGC i mottagaren att minska förstärkningen och känsligheten. Eftersom nivån för audio låg på samma nivå då 1 kHz, 50% modulation och för tal som tidigare så har det inte varit Audio AGC som dragits ner på grund av någon signal som eventuellt ligger utanför det band som



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

syns i audioutgången. Audio AGC håller audionivån konstant men påverkar i princip inte skillnaden mellan signal och brus i audioutgången.

Det ligger närmare till hands att bikonantennen plockar upp en signal. Det fanns en signal 200 kHz högre än mätfrekvensen, men om den skulle påverka AGCn i radiodelen så borde audio efter detektorn minska och Audio AGC ha ökat audionivån och därmed även bruset, så då borde brusnivån istället ha ökat.

Den förklaring som ligger närmast till hands är att bikonantennen plockar upp nyttsignal som läcker ut från nyttsändningen så att nyttsignalen in blir starkare och därmed ger ett bättre S/N i mottagaren.

Vid mätning på labb var brusgolvet vid omodulerad signal ovägt -27,8 dBm i audioutgången för inställning 30+4 (nominellt -93 dBm).

Vid mätning på labb var brusgolvet vid omodulerad signal ovägt -21,5 dBm i audioutgången för inställning 40+1 (nominellt -100 dBm), och det blir -22,5 dBm vid 40+0 (nominellt -99 dBm).

Dessa värden ansätts som referens för att korrigera för nyttsignalnivån. Inspelningen av varje fil är så lång att tåget är på stort avstånd då inspelningen avslutas. Det lägsta värdet i filen anges som brusgolvet. Korrigering görs för varje fil. Det kontrollerades på labb att 1 dB ökning av bärvågsnivån ger 1 dB sänkning av brusgolvet inom aktuellt område för bärvågssignalen.

Följande används som korrigering.

$$\text{Korrigering [dB]} = \text{Brusgolv på labb [dBm]} - \text{Brusgolv i mätfil [dBm]}$$

Tabell 3-7 ger en översikt av korrigerade nyttsignalnivåer enligt som funktion av inställning för nyttsignal och antenndämpning.

Inställning	Antenndämpning dB	Bedömd nyttsignalnivå dBm	Nominellt dBm
30+4	12	-89	-93
30+4	18	-91	-93
40+0	12	-92	-99
40+0	18	-97	-99

Tabell 3-7 Nyttsignalnivå för stegdämparinställning och antenndämpning

3.7.2.4 Genomförande

Uppställningen är sådan att tåg som kommer från vänster är tåg som lämnar hållplats Solna station och går mot väster (väderstrecket). Från [2] sägs att "Tåget



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

bytte spår i växelövergången väster om Solna centrums hållplats från S-spåret till N-spåret (sett från Solna centrums hållplats) och passerade då sektionsisolatorn som avskilde de olika elgrupperna". Från mätplatsen är det god uppsikt över Solna centrum hållplats.

Inspelningen startas då tåget ses börja röra sig från hållplats Solna Centrum och stoppas en stund efter att tåget passerat.

Likadant i andra riktningen då tåget kommer in från höger, Solna Business Park-hållet, växlar spår och därefter stannar på Solna centrum hållplats.

3.7.3 Kopplingslägen

Följande gällde enligt [2] avseende kopplingsläge:

Tid	Beskrivning (information hämtad från [2])
Fram till 02:03	Normalkoppling
02:03 – 02:27	Frånskiljare 652-U2A öppnad. Matning blir därmed svagare sett från Solna station, men normal sett från Solna Business Park. Betydligt ökad frekvens av ljusbågar vid passage av sektionsisolatorn jämfört med normalkopplingsläget kunde observeras.
02:27 – 02:47	Frånskiljare 652-U2A slöts och istället öppnades frånskiljare 652-U1B. Matning blir därmed normal sett från Solna station men svagare sett från Solna Business park. Betydligt ökad frekvens av ljusbågar vid passage av sektionsisolatorn jämfört med normalkopplingsläget kunde observeras.
02:47 – 03:21	Frånskiljarna 652-U2A och 652-U1B båda öppna Matning blir därmed svagare sett både från Solna station och sett från Solna Business park. Betydligt ökad frekvens av ljusbågar vid passage av sektionsisolatorn jämfört med normalkopplingsläget kunde observeras. Dock ej märkbart mer än vid de två ovanstående kopplingslägena, en viss ökning var förväntad
03:21	Normalkopplingsläge där frånskiljarna 652-U1B och 652-U2A åter slöts. Vid detta kopplingsläge gjordes kraftiga accelerationsprov på det södergående spåret invid mätutrustningen utanför likriktarstationen. Ingen passage över sektionsisolator vid detta prov. Då det var några minusgrader vid provtillfället och relativt fuktigt observerades ljusbågar ("frost på tråden") för den första körningen på S-spåret förbi likriktarstationen. På det spåret hade inge trafik skett på drygt två timmar och viss isbildning hade hunnit bildas på kontakttråden.

Tabell 3-8 Kopplingslägen under natten mot fredag, 2016-02-05



Utförd av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

3.7.4 Registrering av audio från Airport Radio

3.7.4.1 Allmänt

Syfte. Provet av Airport radio är endast avsett som ett praktiskt prov för att se om radion fungerar nära spårvägen. Syftet är således inte att göra prestandamätningar eller bitfelsmätningar, etc.

Materiel. Två stycken handstationer har lånats av Swedavia. De är programmerade att fungera i DMO, station till station utan basstation.

3.7.4.2 Förberedelse och tänkt metod

Nedanstående metod var tänkt att användas. I praktiken gick det inte att följa schemat, men har ändå tagits med i rapporten för den händelse det skulle komma till användning senare.

Beskrivning. I benämningarna nedan för provet så avser sändare den station som används av den talande parten och mottagare den station som används för lyssning.

Uteffekten är 1 – 4 W (troligtvis) vilket man bör tänka på om dämpare kopplas in till antenner.

En adapter finns tillgänglig för att komma åt audio.

Antenn kan skruvas av och anslutningsdonet är av typ SMA.

Uppställning

Mottagaren monterades på stativet med mätantennen för registrering av transienter från ljusbåge. Audioanslutningen kopplas till PULSE och audio kan spelas in

Sändaren används vid mätbilen. Antennen skruvas av och dämpare kopplas in. Dämparen närmast stationen måste tåla uteffekten och därefter finns det 20 dB-dämpare i SMA och stegdämpare att koppla in före antennen.

Genomförande (planerat)

Nyckla och tala i sändaren och spela in på PULSE kontinuerligt under hela inställningsförloppet och kommentera åtgärderna så finns de naturligt med i loggfilen.

- 1 Justera sändarens dämpning så att kommunikationen inte längre fungerar
- 2 Minska dämpningen så att kommunikationen åter fungerar. Det blir då känslighetsgränsen i uppkopplingen
- 3 Notera dämpningen och tala in den



SAAB

RAPPORT

26 (87)

Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

- 4 Minska dämpningen med 3 dB
- 5 Berätta förloppet då tåg kommer och lyssna efter sprak eller störningar
- 6 Om störningar är hörbara: Minska dämpningen inför efterföljande tågpassager
- 7 När dämpningen minskats så mycket att inga störningar längre uppfattas utan kommunikationen är störningsfri, notera dämparinställningen.
- 8 För den händelse hög uteffekt från sändaren (låg dämpning i dämpkedjan) inte räcker för störfrihet
 - a. måste mottagaren flyttas längre från spåret och förloppet får upprepas.
 - b. Ett alternativ, om tillräckligt med övergångsdon finns, är att koppla in dämpning även på mottagarsidan. Den dämpningen ingår då förstås även i kedjan från sändare till mottagare och får kompenseras för på sändarsidan.

Transienterna finns bara tillfälligt så det är viktigt att notera om det blir kraftiga knäppar i mottagningen. I verkligt fall kan det komma flera transienter i tät följd under längre tid.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

4 RESULTAT

4.1 Fältstyrka från transienter

4.1.1 Allmänt

Genomgången och kopplingen mellan registrerade filer för fältstyrka och för radio är inte klar inför denna preliminära utgåva av rapporten. Följande bilder är exempel på hur det kunde se ut för olika fall tagna från mätningen natt mot fredag 2016-02-05. Mätuppkoppling och beskrivning för diagrammen finns i 3.7.1 och kopplingslägen i Tabell 3-8.

Notera att ”snapshot” är den sista av de transienter som överskred inställd trignivå i den serie av transienter som normalt uppstår. Det kan inte garanteras att det är den med högsta värdet, men max hold visar spektrum för samtliga transienter som överskred trignivån vid aktuell tågpassage.

Tidsskalan i diagrammet med snapshot är 2 μ s per ruta.

Mätta fältstyrkor är i exemplen nedan mellan 61 – 71 dB μ V/m. Det kan jämföras med gränsvärdet för toppvärdet för fältstyrka enligt standard EN 50121 för spårvägen som i VHF-bandet är 75 dB μ V/m (75,2 dB μ V/m vid 118 MHz och 74,2 dB μ V/m vid 137 MHz).

Nivån på registrerade transienter är därför i samma storleksordning som gränsvärdet enligt standard med de ljusbågar som provocerades fram. Isbildning förekom under åtminstone en av mätningarna för att efter första passagen ha skrapats av.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

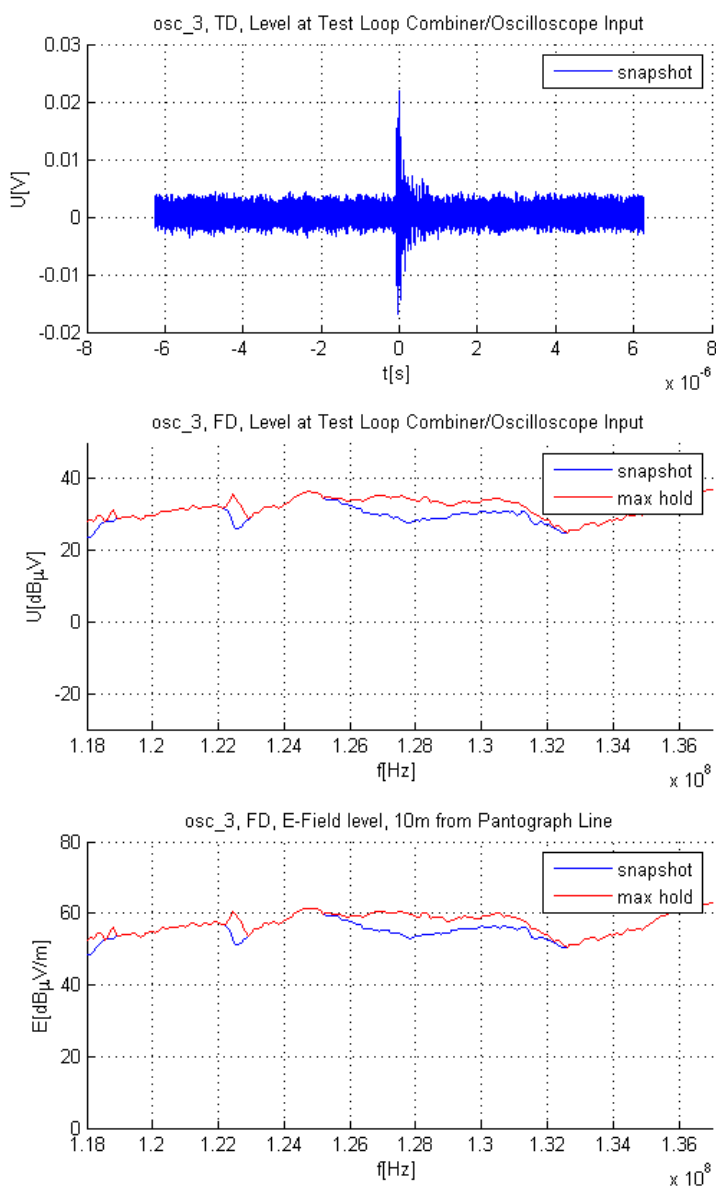
Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

4.1.2 Normalkoppling

Parameter	Värde	Nivå till radion
Figur	Figur 4-1	
Snapshot, peakvärde,	mV	22,5
Spektrumnivå, max hold, max,	dB μ V	35
Spektrumnivå vid 122,175 MHz, max hold	dB μ V	30
Fältstyrka, max hold max,	dB μ V/m	61
Fältstyrka vid 122,175 MHz,	dB μ V/m	58

Tabell 4-1 Värden avlästa ur Figur 4-1



Figur 4-1 Pådrag genom växel



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

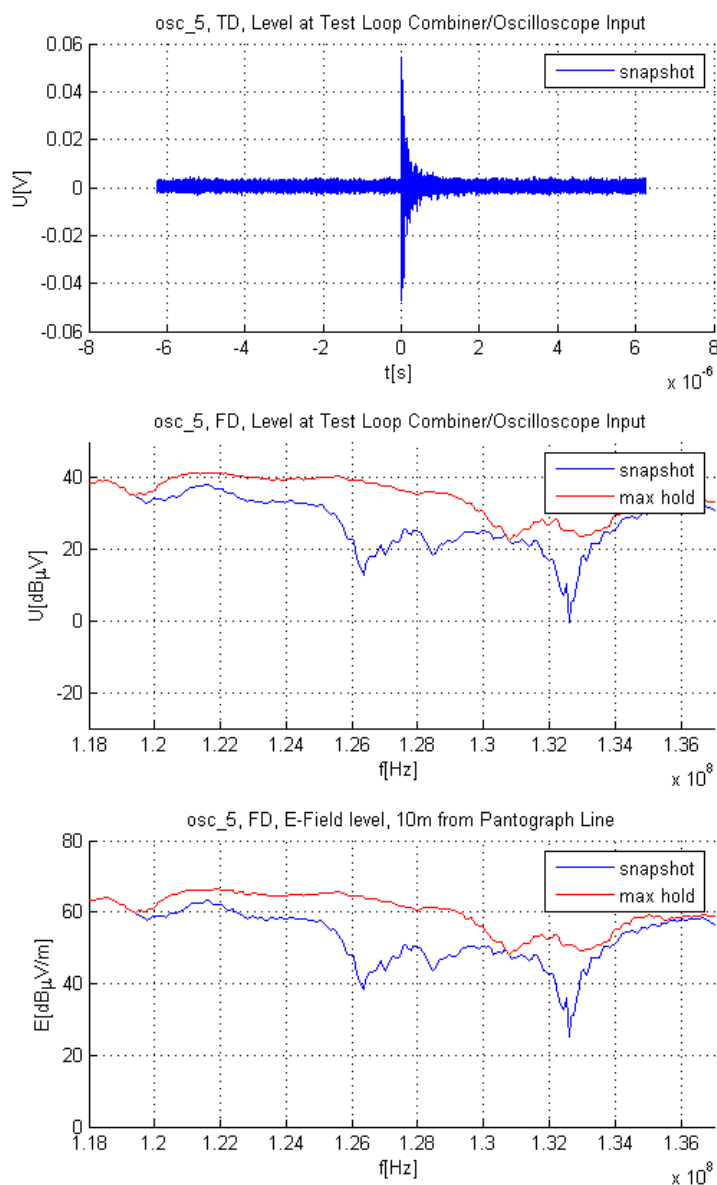
Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

4.1.3 Kopplingsfall 02:03 – 02:27

Parameter	Värde	Nivå till radion
Figur	Figur 4-2	
Snapshot, peakvärde,	mV	54
Spektrumnivå, max hold, max,	dB μ V	41
Spektrumnivå vid 122,175 MHz, max hold,	dB μ V	40
Fältstyrka, max hold max,	dB μ V/m	65
Fältstyrka vid 122,175 MHz,	dB μ V/m	65

Tabell 4-2 Värden avlästa ur Figur 4-2



Figur 4-2 Kopplingsfall 02:03 – 02:27



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

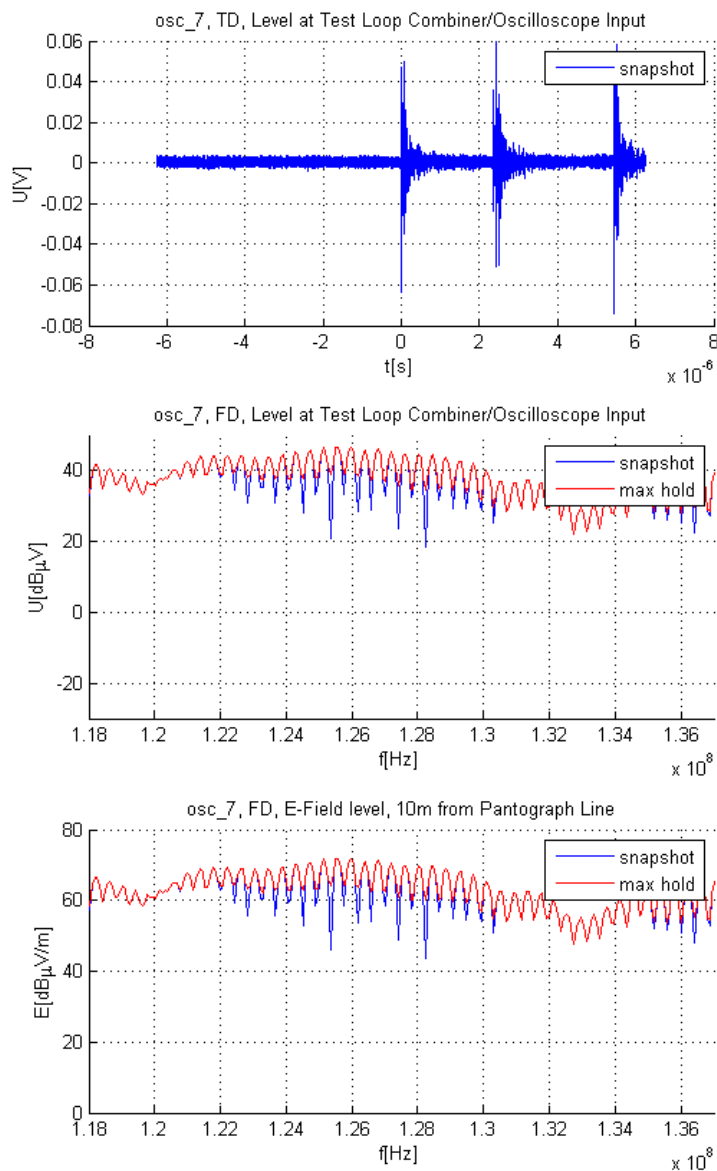
Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

4.1.4 Kopplingsfall 02:03 – 02:27, annat exempel

Parameter	Värde	Nivå till radion
Figur	Figur 4-3	
Snapshot, peakvärde,	mV	60
Spektrumnivå, max hold, max,	dB μ V	45
Spektrumnivå vid 122,175 MHz, max hold	dB μ V	45
Fältstyrka, max hold max,	dB μ V/m	70
Fältstyrka vid 122,175 MHz,	dB μ V/m	68

Tabell 4-3 Värden avlästa ur Figur 4-3



Figur 4-3 Kopplingsfall 02:03 – 02:27, annat exempel



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

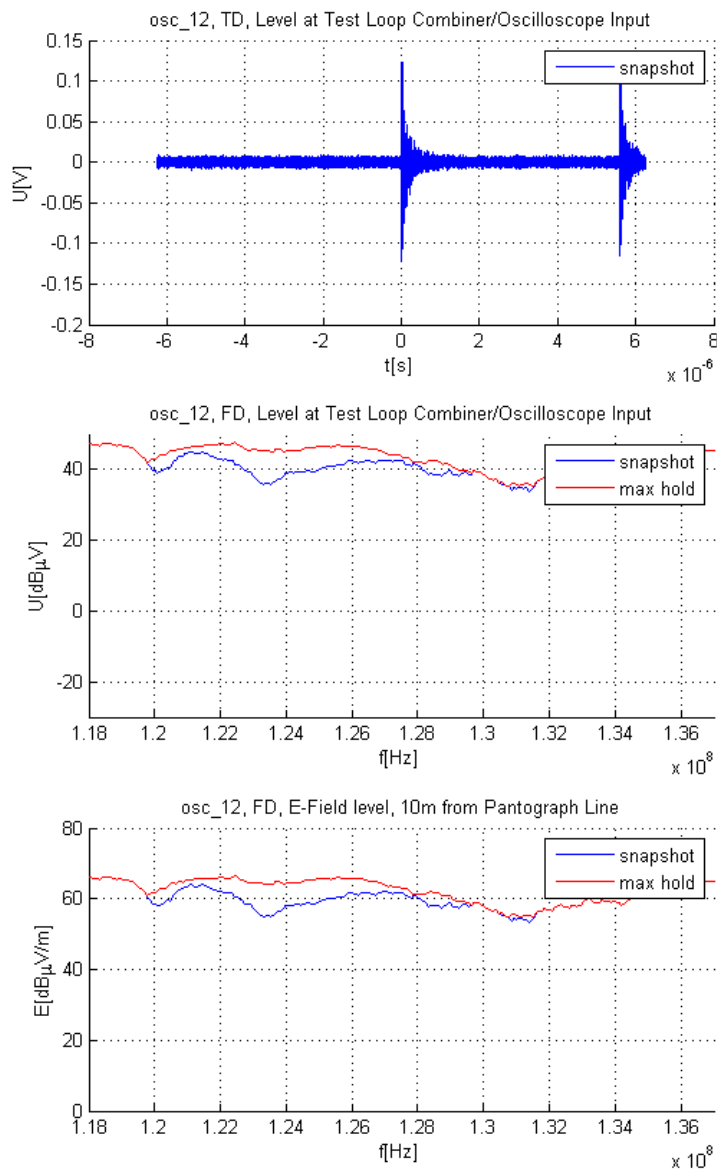
Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

4.1.5 Kopplingsfall 02:27 – 02:47

Parameter	Värde	Nivå till radion
Figur	Figur 4-4	
Snapshot, peakvärde, mV	125	63
Spektrumnivå, max hold, max, dB μ V	48	
Spektrumnivå vid 122,175 MHz, max hold dB μ V	48	24; -83 dBm
Fältstyrka, max hold max, dB μ V/m	65	
Fältstyrka vid 122,175 MHz, dB μ V/m	65	

Tabell 4-4 Värden avlästa ur Figur 4-4



Figur 4-4 Kopplingsfall 02:27 – 02:47



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

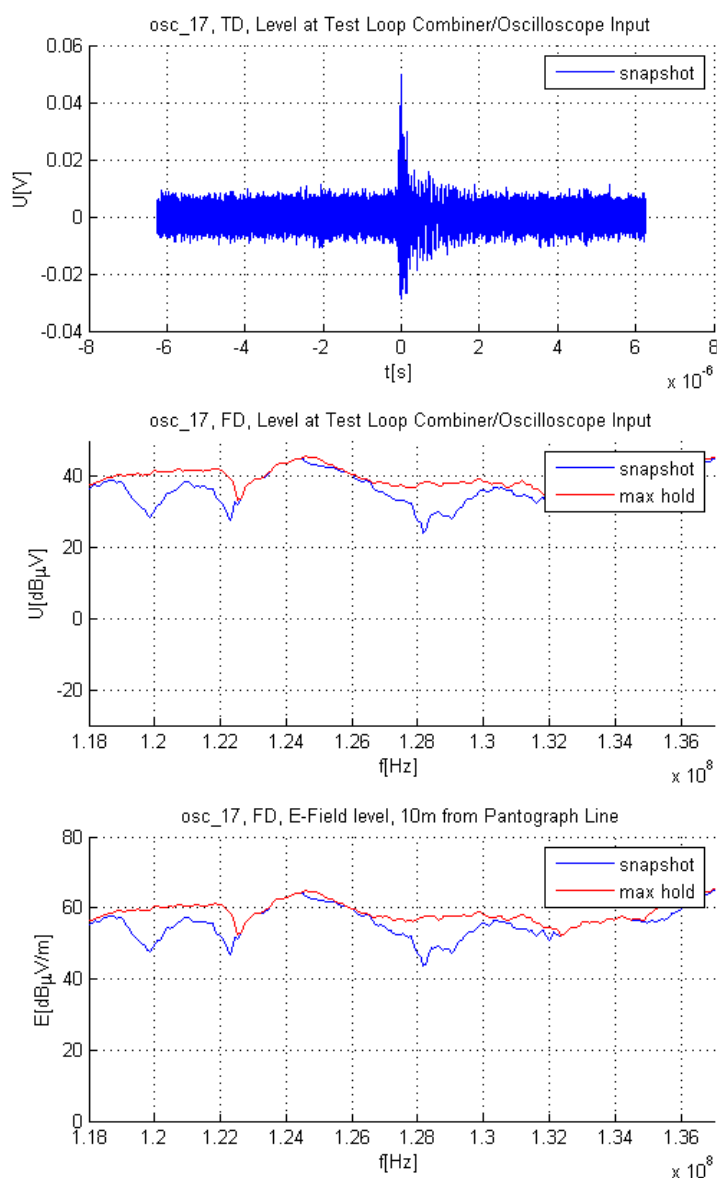
Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

4.1.6 Kopplingsfall 02:47 – 03:21

Parameter	Värde	Nivå till radion
Figur	Figur 4-5	
Snapshot, peakvärde,	mV	50
Spektrumnivå, max hold, max,	dB μ V	45
Spektrumnivå vid 122,175 MHz, max hold	dB μ V	40
Fältstyrka, max hold max,	dB μ V/m	64
Fältstyrka vid 122,175 MHz,	dB μ V/m	60

Tabell 4-5 Värden avlästa ur Figur 4-5



Figur 4-5 Kopplingsfall 02:47 – 03:21



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

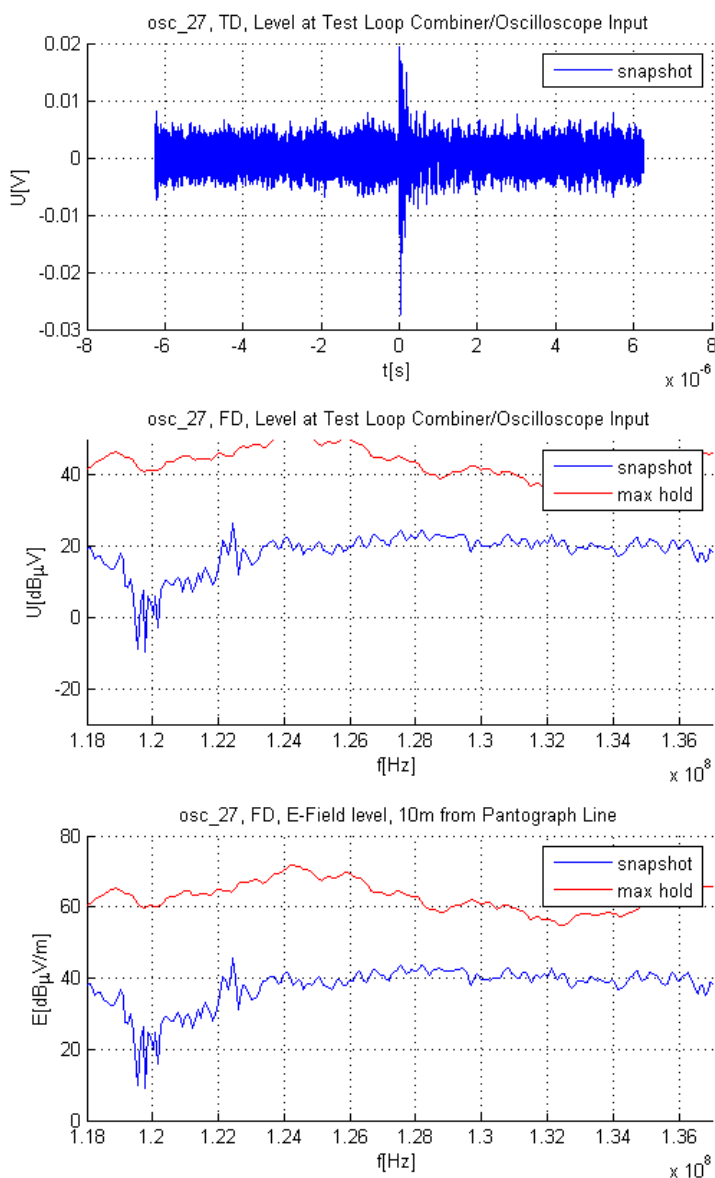
Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

4.1.7 Kopplingsfall 03:21

Parameter	Värde	Nivå till radion
Figur	Figur 4-6	
Snapshot, peakvärde,	mV	-28
Spektrumnivå, max hold, max,	dB μ V	>50
Spektrumnivå vid 122,175 MHz, max hold	dB μ V	45
Fältstyrka, max hold max,	dB μ V/m	71
Fältstyrka vid 122,175 MHz,	dB μ V/m	65

Tabell 4-6 Värden avlästa ur Figur 4-6



Figur 4-6 Kopplingsfall 03:21



Utförd av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

4.2 Mätning VHF-radio

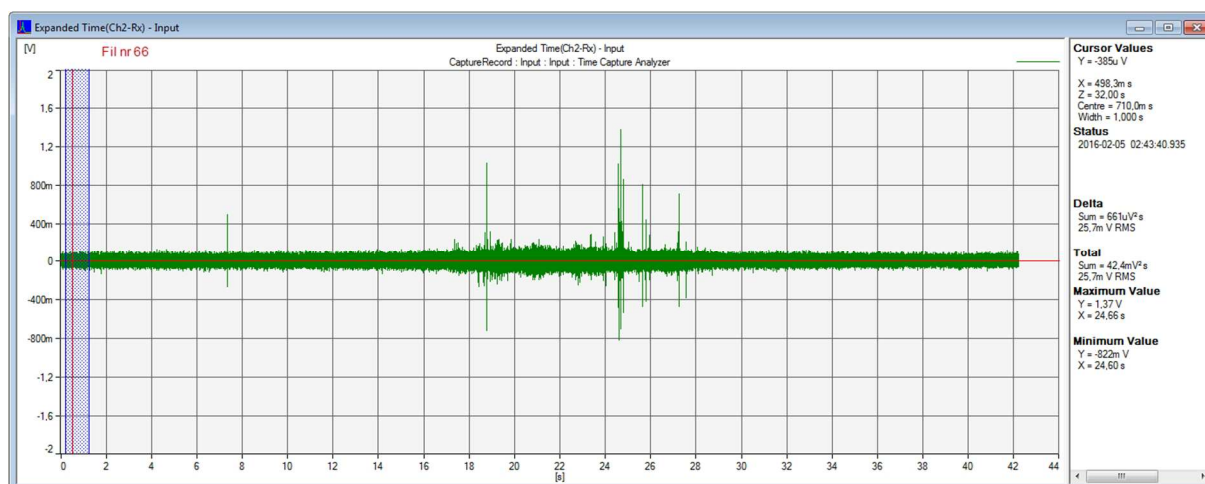
4.2.1 Allmänt

Mätningar genomfördes enligt mätuppkoppling och beskrivning i 3.7.2.

Två typer av störningar förekommer, höjning av brusnivå och transienter med högt toppvärde.

4.2.2 Exempelfil omodulerad bärvåg

Figur 4-7 för fil nr 66 visar inspelad audio från mottagaren med omodulerad bärvåg. Inställningen är 40+0 och antenndämpningen 12 dB. Nominell nyttosignal är -99 dBm, men uppskattas enligt Tabell 3-7 vara -92 dBm. Antenndämpningen 12 dB motsvarar enligt Tabell 3-6 störnivån på avstånd 50 m i fritt fält.



Figur 4-7 Tågpassage fil nr 66. Tåg från vänster, omodulerat, antenndämpning 12 dB

Högsta toppvärdet är 1,37 V och -822 mV. Enligt [2] är tåget försett med två strömvtagare på inbördes avstånd 30 m och det ger två ljusbågar vid varje passage. Två skurar av transienter förekommer vid ca 19 s och vid 25 s. Skillnaden i tid är ca 5,8 s. Det indikerar att tågets fart är ca 5,4 m/s eller ca 19 km/h.

Det blå partiet för Delta-cursorn i början av filen ger brusnivån 25,7 mV (-29,8 dBm). Då tåget passerar sker en höjning av brusnivån. Detta kan illustreras med hjälp av ”Overall analyzer” i PULSE som i Figur 4-8 ställts in för 1 s medelvärdesbildning exponentiellt och avläsning 2 gånger per sekund.

Brus varierar under tågpassagen enligt Figur 4-8, Nivån är högst då tåget passerar antennen mellan ca 16 s och 28 s och är max -23,6 dBm och min -30,2 dBm (som



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

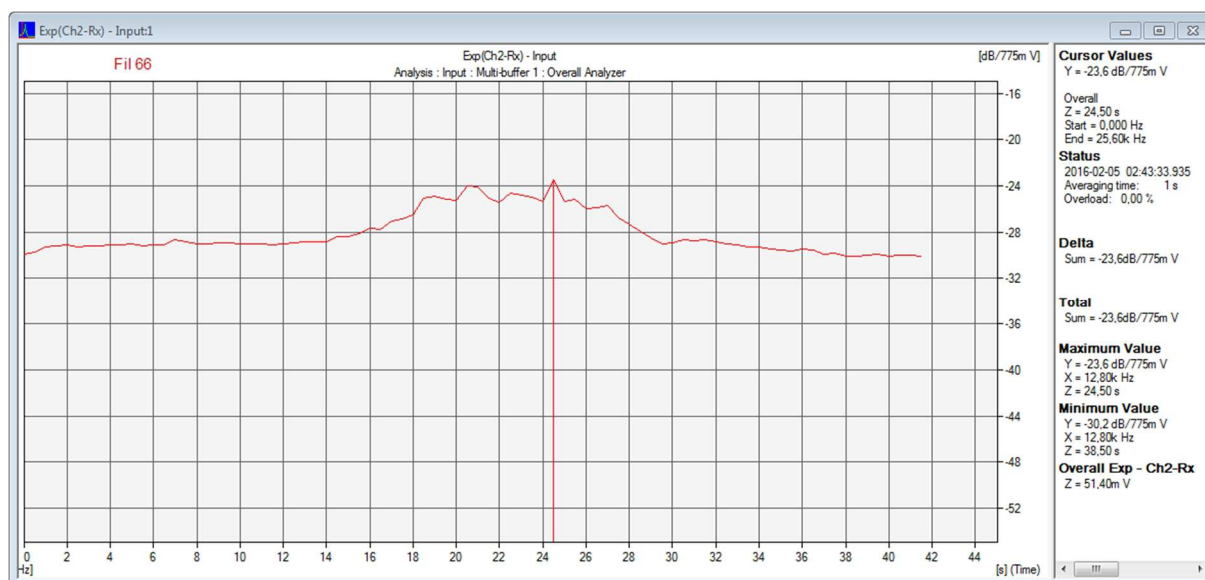
Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

är nära -29,8 dBm i det blå partiet), dvs störningen i form av förhöjt brus försämrar S/N som mest med 6,6 dB.

Vad innebär det då det finns modulation. Enligt 4.2.3 visas att för en ton modulerad med 50% AM reduceras förstärkningen av Audio AGC med 6 dB. Det innebär att nivån halveras och att även brusnivån sjunker med 6 dB.

Enligt 4.2.3 ger modulation 1 kHz 50% AM nivån -5,4 dBm i audioutgången. S/N (ovägt) blir $-5,4 - (-29,8 - 6) = 30,4$ dB vid det blå partiet i Figur 4-7. I det störda partiet kommer S/N att bli $5,4 - (-23,6 - 6) = 24,2$ dBm.



Figur 4-8 Brus medelvärdesbildat över 1 s längs fil 66.

4.2.3 Audio AGC reduktion av förstärkning vid 50% modulationsgrad

Mottagarens Audio-AGC reglerar ned förstärkningen vid mottagning av 1 kHz, 50% modulation AM, vilket kan ses i början av mottagning av sinusmodulationen.

Sändaren är nycklad och brusspärren är öppen då sinusmodulationen börjar. Innivån till sändaren är -20 dBm vilket är under sändarens begränsningsnivå, så modulationen är 50% under hela förloppet där sinussignalen sänds. Nedregleringen som ses i Figur 4-9 sker i mottagaren. Den höga utnivån från mottagaren innan nedregleringen börjar är +0,9 dBm och nivån efter nedreglering är -5,4 dBm, dvs nedreglering med ca 6,3 dB.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

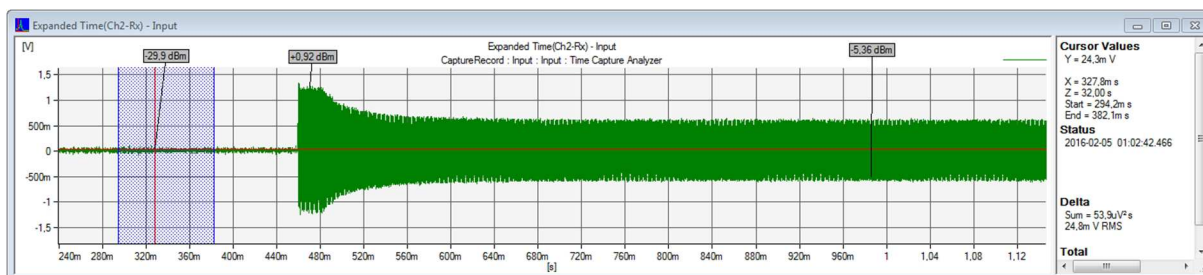
BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

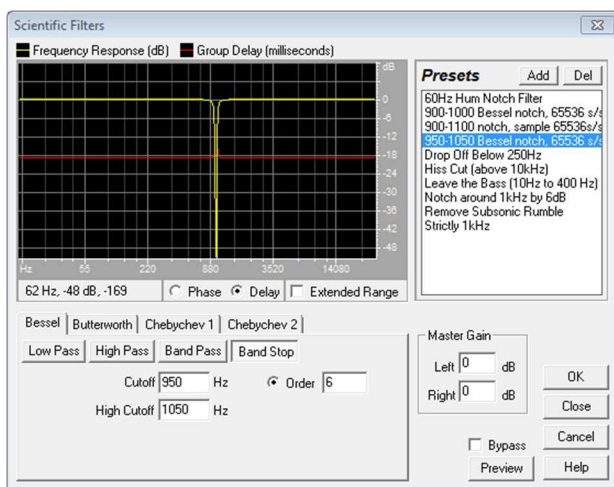
EJ FÖRSVARSEKRETESS



Figur 4-9 Fil nr 44. Regleringen av mottagarens audio ut.

4.2.4 Notchfilter

För att mäta S/N och toppvärde för transienter under tiden 1 kHz-tonen pågår görs postprocessing med ett notchfilter av Besseltyp av 6:e ordningen med brytfrekvenserna 950 Hz och 1050 Hz. Det ger liten påverkan på toppvärdet och liten påverkan på brusnivån. 1 kHz-tonen är inte hörbar efter filtrering.



Figur 4-10 Postprocessing Bessel notch filter

Nedan appliceras filtret på fil nr 76 där inget tåg passerar, dvs är utan transienter.

Filtret påverkar värdet för brusgolvet med $-28,91 - (-29,16) = 0,25$ dB enligt Figur 4-11. Ingen rest av 1 kHz-tonen är hörbar i det filtrerade partiet med modulation. Brusgolvet där ligger $-29,16 - (-35,30) = 6,14$ dB, dvs ca 6 dB, lägre än partiet i början utan modulation. Det stämmer bra med resultatet i Figur 4-9 för Audio AGC nedreglering av förstärkning vid mottagning av 50% modulation AM.



Utförd av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

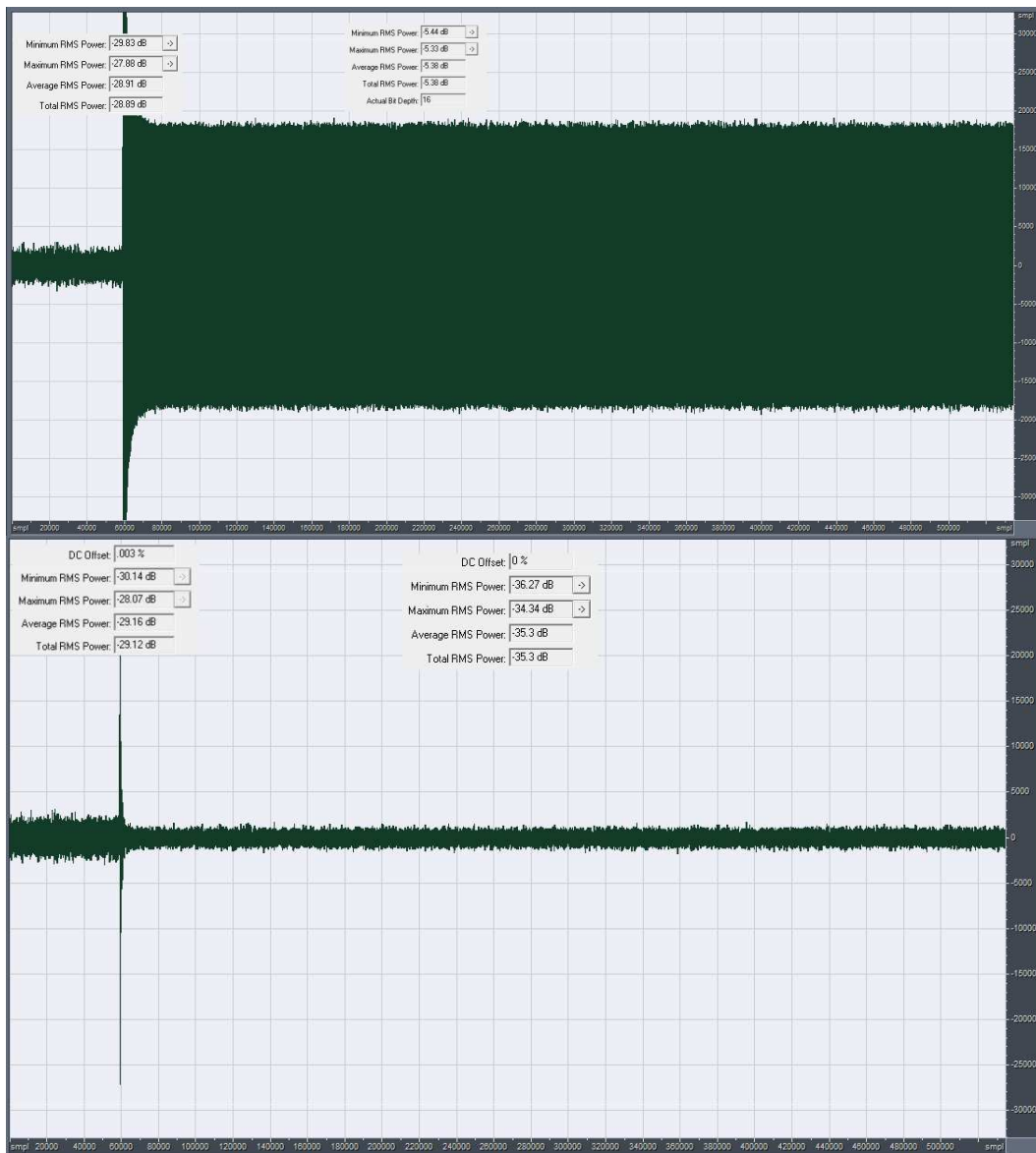
BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS



Figur 4-11 Ofiltrerat överst, och filtrerat med Bessel notchfilter enligt Figur 4-10

4.2.5 Postfiltrering inverkan på toppvärde

Figur 4-12 visar den största transienten i fil nr 71 ofiltrerad respektive filtrerad med Besselfiltret enligt Figur 4-10. Flera filter provades och de har olika inverkan på toppvärdet. Besselfiltret 950-1050 notch valdes eftersom det gav liten inverkan (-0,9 dB) på toppvärdet och även liten inverkan på brusnivån enligt 4.2.4.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

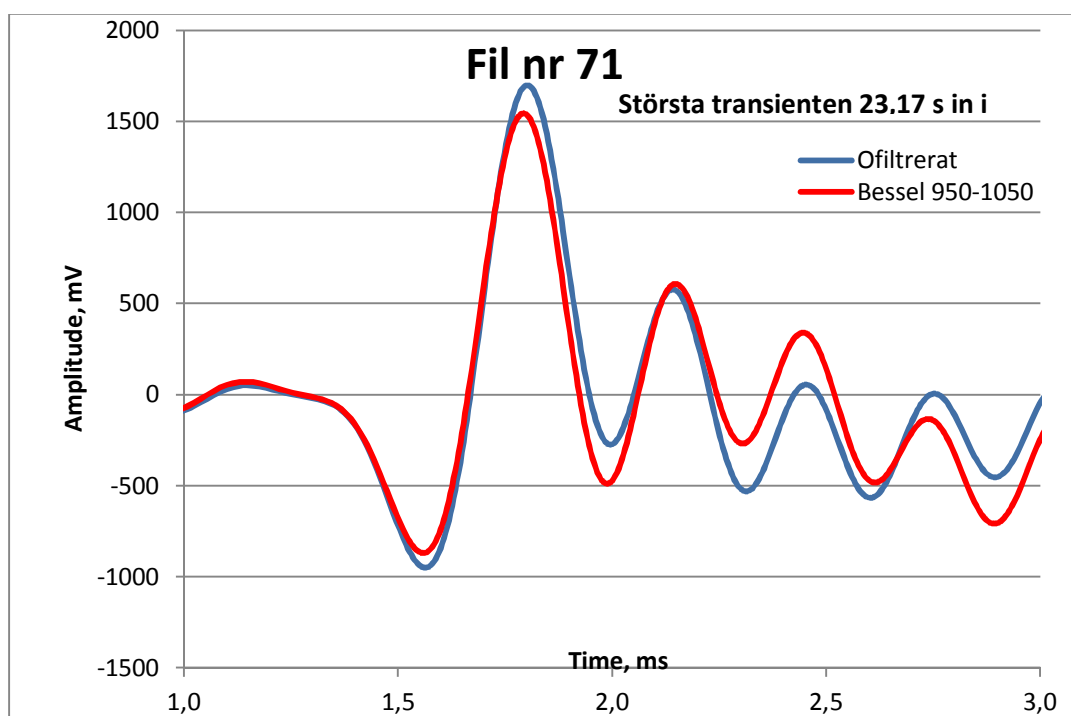
EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

tid, ms	Ofiltrerat	Chebysch 900-1000	Bessel 900-1100	Bessel 950-1050		Differens Bessel 950-1050 och ofiltrerat
1,801	1699,1	866,7	1381,6	1536,6	mV	-162,5
	6,8	1,0	5,0	5,9	dBm peak	-0,9

Tabell 4-7 Inverkan på toppvärdet av transient i fil nr 71



Figur 4-12 Högsta transienten, ofiltrerad och filtrerad med Bessel 950-1050 Hz notch

4.2.6 PULSE och Adobe Audition, 50% AM

Figur 4-13 för fil nr 63 visar inspelad audio från mottagaren med 1 kHz sinus 50% AM-modulerad bärvåg. Inställningen är 40+0 och antenndämpningen 12 dB. Nominell nyttosignal är -99 dBm, men uppskattas enligt Tabell 3-7 vara -92 dBm. Antenndämpningen 12 dB motsvarar enligt Tabell 3-6 störnivån på avstånd 50 m i fritt fält.

Analysen av fil nr 63 startas 35 sekunder in i filen vilket är efter att tåget passerat från höger och stannar på hållplats Solna Centrum.



Utförd av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

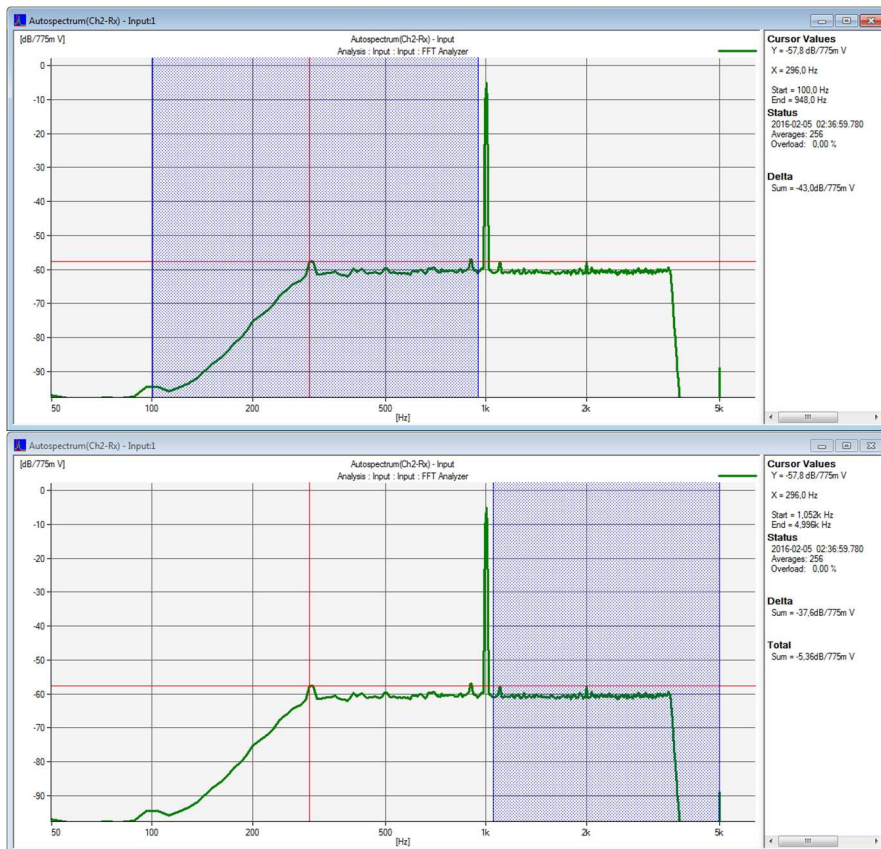
BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS



Figur 4-13 Fil nr 63. Nivån för 100-950 Hz överst och 1050-5000 Hz visas underst

Totala nivån är -5,36 dBm. Nivån för frekvensområdet 100-950 Hz är -43,0 dBm och för 1050-5000 Hz är -37,6 dBm. Efter övergång till linjärt värde och addering och åter till dB blir brusnivån -36,5 dBm. S/N blir $-5,4 - (-36,5) = -31,1$ dB utanför det störda partiet.

Motsvarande mätning med hjälp av Adobe Audition där ett notchfilter 950 -1050 Hz av Besseltyp väljs ger samma brusnivå för det vita partiet i Figur 4-14.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

Tabellen är först sorterad efter kolumn ”Störn dämpn dB” (antenndämpning). Därefter är den sorterad efter kolumn ”stört S/N korrig. dB”. Störningen avser här den ökade brusnivån. De två raderna med blå text är inspelade då inget tåg är närvarande.

		-27,8						Gräns dB	20				Gräns dB	20			
		-22,5				Adobe		-93	-99				-93	-99			
Fil nr	Nyttosignalstegdämpare dB	Korrig. Nyttosignalnivå dBm	Störn dämpn dB	Modulationstyp	ton dBm	brusgolv ostört dBm	ostört S/N dB	ostört S/N korrig. dB	ostört S/N korrig. dB	brusgolv stört dBm	stört S/N dB	stört S/N korrig. dB	stört S/N korrig. dB	ostört - stört S/N dB	Transient Max peak mV	Transient Max peak dBu	
83	30+4	-88	12	omod		-33,2	33,8	28	22	-25,4	26,0	21	15	7,8	868	1,0	
82	40+0	-93	12	omod		-28,5	29,1	29	23	-20,5	21,1	21	15	8,0	1771	7,2	
97	30+4	-89	12	omod		-31,6	32,2	28	22	-24,7	25,3	22	16	6,9	816	0,4	
66	40+0	-91	12	omod		-30,2	30,8	29	23	-23,6	24,2	23	17	6,6	1375	5,0	
81	40+0	-92	12	omod		-29,4	30,0	29	23	-23,3	23,9	23	17	6,1	1520	5,9	
64	40+0	-92	12	omod		-29,8	30,4	29	23	-24,1	24,7	23	17	5,7	734	-0,5	
59	40+0	-92	12	omod		-29,7	30,3	29	23	-24,1	24,7	24	18	5,6	1028	2,5	
65	40+0	-92	12	omod		-29,8	30,4	29	23	-24,2	24,8	24	18	5,6	673	-1,2	
98	30+4	-89	18	omod		-31,4	32,0	28	22	-27,9	28,5	25	19	3,5	-721	-0,6	
99	30+4	-90	18	omod		-31,2	31,8	28	22	-27,9	28,5	25	19	3,3	-261	-9,5	
58	40+0	-96	18	omod		-25,6	26,2	29	23	-22,4	23,0	26	20	3,2	842	0,7	
101	30+4	-91	24	omod		-29,7	30,3	28	22	-27,8	28,4	27	21	1,9	267	-9,2	
100	30+4	-91	24	omod		-29,5	30,1	28	22	-28,1	28,7	27	21	1,4	385	-6,1	
102	30+4	-92	30	omod		-29,1	29,7	28	22	-28,3	28,9	28	22	0,8	127	-15,7	
103	30+4	-92	30	omod		-29,3	29,9	28	22	-28,5	29,1	28	22	0,8	158	-13,8	
105	40+0	-98	30	omod		-23,2	23,8	29	23	-22,1	22,7	28	22	1,1	434	-5,0	
108	40+0	-98	30	omod		-23,6	24,2	29	23	-22,5	23,1	28	22	1,1	271	-9,1	
104	40+0	-99	30	omod		-22,8	23,4	29	23	-21,8	22,4	28	22	1,0	819	0,5	
110	40+0	-98	30	omod		-23,5	24,1	29	23	-22,5	23,1	28	22	1,0	506	-3,7	
106	40+0	-98	36	omod		-23,1	23,7	29	23	-22,4	23,0	28	22	0,7	291	-8,5	
107	40+0	-99	36	omod		-23,0	23,6	29	23	-22,5	23,1	29	23	0,5	272	-9,1	

Tabell 4-9 Brusnivå och omodulerad bärvåg, simulerad S/N i mottagarens audio för 50%

Fil nr. Avser filnummer**Nyttosignal stegdämpare dB.** Avser inställningen av stegdämparna för nyttsignalen**Korrig. Nyttosignalnivå dBm.** Är den nyttsignalnivå som beräknats fram med korrigeringen angiven i 3.7.2.3

$$\text{Korrigering [dB]} = \text{Brusgolv på labb [dBm]} - \text{Brusgolv i mätfil [dBm]}$$

Störn dämpn dB. Är nominella dämpningen från bikonantennen fram till mottagarens ingång.**Modulationstyp.** Avser vilken signal som använts för modulering. 1 kHz avser sinus, modulationsgrad 50%, och omod avser omodulerad signal dvs enbart bärvåg.**ton, dBm.** 1 kHz audio tonnivå ut från mottagarens linjeutgång.**brusgolv ostört dBm.** För modulationstyp 1 kHz brusgolvet mätt med Adobe Audition efter bortfiltrering av 1 kHz-tonen, på en plats i filen där störning från tåget beräknas inte förekomma. För omodulerad är det lägsta nivån i filen på samma sätt som redovisas i Figur 4-8.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

ostört S/N dB. Skillnaden mellan tonens nivå och brusgolvet från det ostörda partiet. För omod modulationstyp avser det skillnaden mellan fiktiv tonnivå -5,4 dBm och det ostörda brusgolvet sänkt med 6 dB eftersom Audio AGC ställer in utnivån till -5,4 dBm och drar ner förstärkningen med 6 dB enligt 4.2.3.

ostört S/N korrig. dB. I kolumnen med -93 dBm avser det S/N enligt kolumnen närmast till vänster kompenserat för att nyttsignalnivån avviker från -93 dBm.
ostört S/N – (korrigerad nyttsignalnivå – (-93))

ostört S/N korrig. dB. I kolumnen med -99 dBm avser det S/N enligt kolumnen för G-I ostört S/N kompenserat för att nyttsignalnivån avviker från -99 dBm.
ostört S/N – (korrigerad nyttsignalnivå – (-99))

brusgolv stört dBm. För modulationstyp 1 kHz brusgolvet mätt med Adobe Audition efter bortfiltrering av 1 kHz-tonen, på en plats i filen där störning från tåget beräknas inte förekomma. För omodulerad är det högsta nivån i filen på samma sätt som redovisas i Figur 4-8.

stört S/N dB. Skillnaden mellan tonens nivå och brusgolvet från det störda partiet. För omod modulationstyp avser det skillnaden mellan fiktiv tonnivå -5,4 dBm och det störda brusgolvet sänkt med 6 dB eftersom Audio AGC ställer in utnivån till -5,4 dBm och drar ner förstärkningen med 6 dB enligt 4.2.3.

stört S/N korrig. dB. I kolumnen med -93 dBm avser det S/N enligt kolumnen närmast till vänster kompenserat för att nyttsignalnivån avviker från -93 dBm.
stört S/N – (korrigerad nyttsignalnivå – (-93))

stört S/N korrig. dB. I kolumnen med -99 dBm avser det S/N enligt kolumnen för stört S/N kompenserat för att nyttsignalnivån avviker från -99 dBm.
stört S/N – (korrigerad nyttsignalnivå – (-99))

ostört – stört S/N dB. Visar hur mycket som S/N försämras då brusstörningen från tåget förekommer.

Transient max peak mV. Toppvärdet i mV i mottagarens audioutgång. Värdet är rådata och inga korrektioner för nyttsignalnivå eller modulationsgrad har gjorts.

Transient max peak dBu. Toppvärdet i dBu (dB relativt 775 mV) i mottagarens audioutgång. Värdet är rådata och inga korrektioner för nyttsignalnivå eller modulationsgrad har gjorts.

Bara för formens skull så sorteras ovanstående Tabell 4-8 och Tabell 4-9 tillsammans i följande Tabell 4-10.

2016-05-16

2.0

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSSSEKRETESS

Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

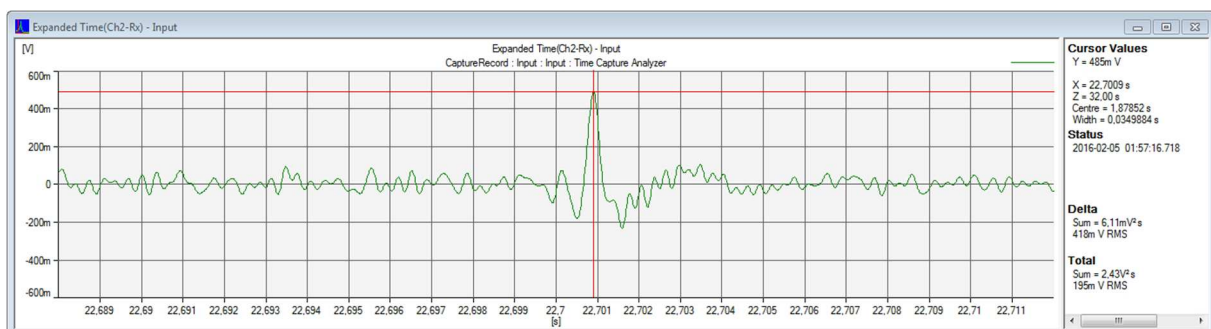
NOT EXPORT CONTROLLED

		-27,8 -22,5						Gräns dB -93	20 -99			Gräns dB -93	20 -99			
							Adobe									
	Nyttosignal steg- dämpare dB	Korrigerad Nyttosignal- nivå dBm	Störnivå dämpn dB	Modulationstyp	ton dBm	brusgolv ostört dBm	ostört S/N dB	ostört S/N korrig. dB	ostört S/N korrig. dB	brusgolv stört dBm	stört S/N dB	stört S/N korrig. dB	stört S/N korrig. dB	ostört - stört S/N dB	Transient Max peak mV	Transient Max peak dBu
83	30+4	-88	12	omod		-33,2	33,8	28	22	-25,4	26,0	21	15	7,8	868	1,0
82	40+4	-93	12	omod		-28,5	29,1	29	23	-20,5	21,1	21	15	8,0	1771	7,2
97	40+4	-89	12	omod		-31,6	32,2	28	22	-24,7	25,3	22	16	6,9	816	0,4
78	40+0	-92	12	1kHz	-5,38	-35,5	30,1	29	23	-28,0	22,6	22	16	7,5	626	-1,9
67	40+0	-91	12	1kHz	-5,37	-36,3	30,9	29	23	-29,2	23,8	22	16	7,1	412	-5,5
66	40+0	-91	12	omod		-30,2	30,8	29	23	-23,6	24,2	23	17	6,6	1375	5,0
63	40+0	-91	12	1kHz	-5,37	-36,5	31,1	29	23	-30,2	24,9	23	17	6,3	400	-5,7
81	40+0	-92	12	omod		-29,4	30,0	29	23	-23,3	23,9	23	17	6,1	1520	5,9
77	40+0	-92	12	1kHz	-5,37	-35,6	30,2	29	23	-29,5	24,2	23	17	6,1	864	0,9
75	30+4	-88	12	1kHz	-5,37	-39,3	33,9	28	22	-34,0	28,6	23	17	5,3	392	-5,9
74	30+4	-88	12	1kHz	-5,37	-39,0	33,7	28	22	-34,0	28,6	23	17	5,1	378	-6,2
64	40+0	-92	12	omod		-29,8	30,4	29	23	-24,1	24,7	23	17	5,7	734	-0,5
59	40+0	-92	12	omod		-29,7	30,3	29	23	-24,1	24,7	24	18	5,6	1028	2,5
65	40+0	-92	12	omod		-29,8	30,4	29	23	-24,2	24,8	24	18	5,6	673	-1,2
62	40+0	-91	12	1kHz	-5,36	-36,0	30,7	29	23	-30,7	25,3	24	18	5,3	315	-7,8
68	40+0	-91	12	1kHz	-5,37	-36,2	30,8	29	23	-31,4	26,0	24	18	4,8	175	-12,9
76	40+0	-92	12	1kHz	-5,37	-35,4	30,0	29	23	-35,4	30,0	29	23	0,0	53	-23,3
98	30+4	-89	18	omod		-31,4	32,0	28	22	-27,9	28,5	25	19	3,5	-721	-0,6
99	30+4	-90	18	omod		-31,2	31,8	28	22	-27,9	28,5	25	19	3,3	-261	-9,5
58	40+0	-96	18	omod		-25,6	26,2	29	23	-22,4	23,0	26	20	3,2	842	0,7
49	40+0	-95	18	1kHz	-5,37	-32,5	27,1	29	23	-30,1	24,7	27	21	2,4	317	-7,8
51	40+0	-96	18	1kHz	-5,39	-31,1	25,7	29	23	-28,8	23,4	27	21	2,3	-288	-8,6
50	40+0	-95	18	1kHz	-5,38	-32,1	26,7	29	23	-30,2	24,8	27	21	1,9	374	-6,3
44	30+4	-90	18	1kHz	-5,36	-36,3	31,0	28	22	-36,3	31,0	28	22	0,0	52	-23,5
101	30+4	-91	24	omod		-29,7	30,3	28	22	-27,8	28,4	27	21	1,9	267	-9,2
100	30+4	-91	24	omod		-29,5	30,1	28	22	-28,1	28,7	27	21	1,4	385	-6,1
102	30+4	-92	30	omod		-29,1	29,7	28	22	-28,3	28,9	28	22	0,8	127	-15,7
103	30+4	-92	30	omod		-29,3	29,9	28	22	-28,5	29,1	28	22	0,8	158	-13,8
105	40+0	-98	30	omod		-23,2	23,8	29	23	-22,1	22,7	28	22	1,1	434	-5,0
108	40+0	-98	30	omod		-23,6	24,2	29	23	-22,5	23,1	28	22	1,1	271	-9,1
104	40+0	-99	30	omod		-22,8	23,4	29	23	-21,8	22,4	28	22	1,0	819	0,5
110	40+0	-98	30	omod		-23,5	24,1	29	23	-22,5	23,1	28	22	1,0	506	-3,7
106	40+0	-98	36	omod		-23,1	23,7	29	23	-22,4	23,0	28	22	0,7	291	-8,5
107	40+0	-99	36	omod		-23,0	23,6	29	23	-22,5	23,1	29	23	0,5	272	-9,1

Tabell 4-10 Brus, ton och S/N för 1 kHz 50% och för omodulerat men omräknat

4.2.8 Exempel på transienter i mottagarens audio

Transienterna ser relativt lika ut, men det skiljer på toppnivå och om det kommer flera tätt så att de går in i varandra. Ett exempel är nedan från fil nr 47.



Figur 4-15 Transient från fil nr 47 i PULSE, max peak 485 mV



SAAB

RAPPORT

44 (87)

Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

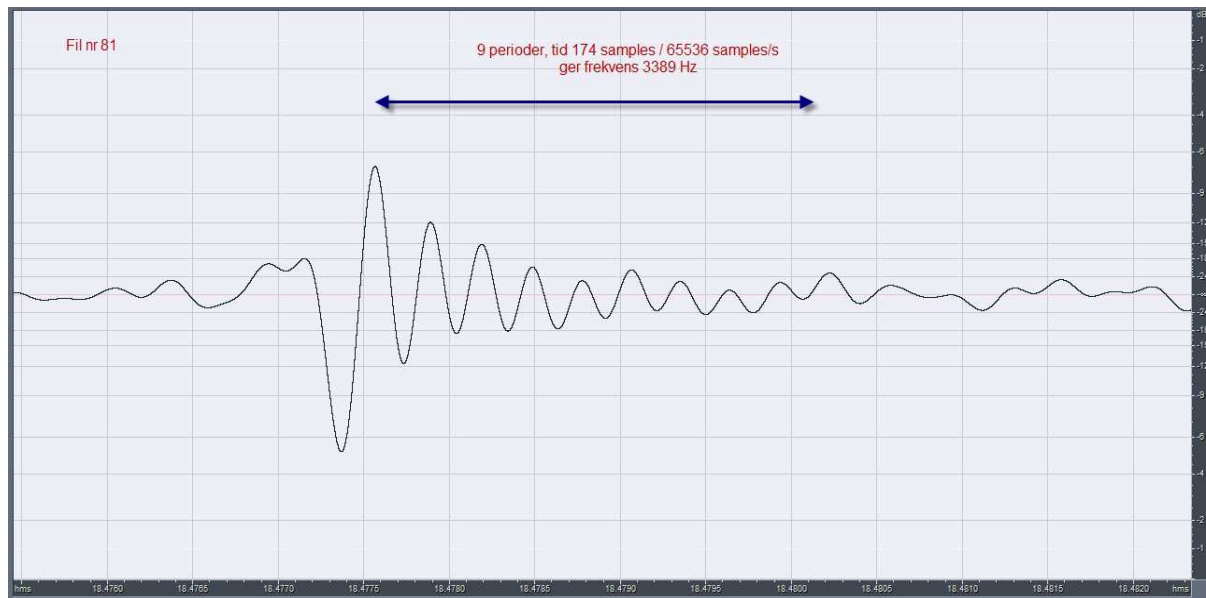
Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

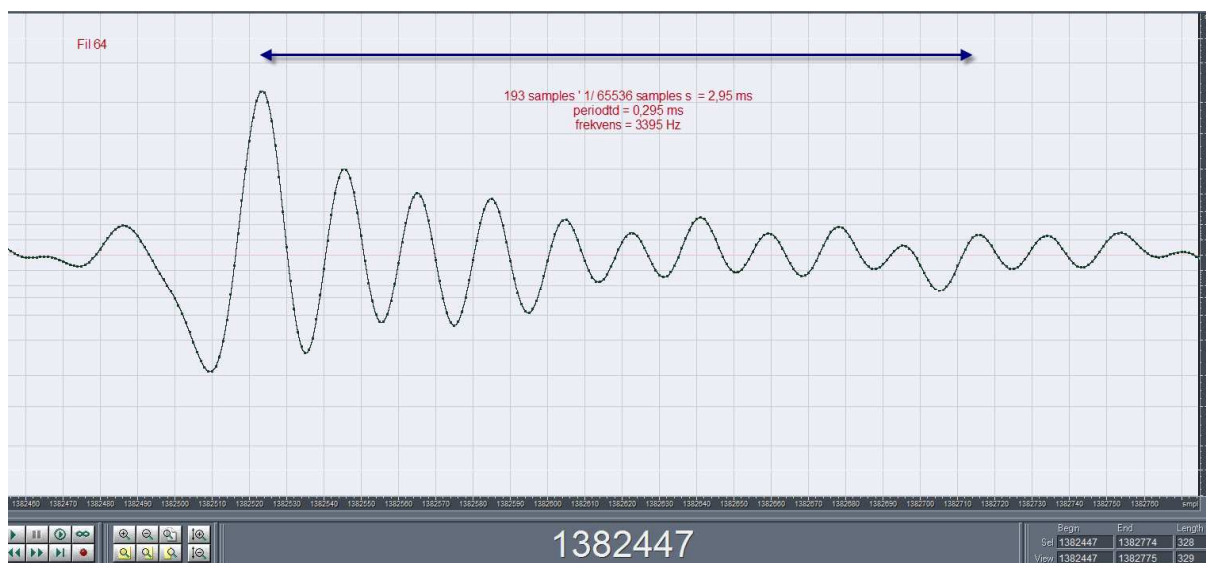
Ett annat exempel är från fil nr 81



Figur 4-16 Transient från fil nr 81

Svängningsfrekvens beräknas från 9 perioder är 174 samples om 65536 samples/s, vilket ger periodtiden $174 / (9 \times 65536) = 0.29500$ ms, dvs frekvensen 3389 Hz.

Och ytterligare från fil nr 64, där motsvarande beräkning av svängningsfrekvens blev 3395 Hz.



Figur 4-17 Transient från fil nr 64



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

4.2.9 Översikt av filer med tal

Översikt över filer med tal som finns inspelade från natten mot fredag 2016-02-05 visas i Tabell 4-11.

		-27,8									
		-22,5						Adobe			
Fil nr	Nyttosignalstegdämpare dB	Korrig. Nyttosignalnivå dBm	Störndämpn dB	Modulationstyp	brusgolv före dBm	ton dBm	(2:a) talsekv. dBm	brusgolv mellan dBm	S/N dB	Transient Max peak mV	Transient Max peak dBu
73	30+4	-88	12	MOS	-33,3	-5,37	-7,84	-32,8		726,4	-0,6
72	30+4	-88	12	MOS	-32,9	-5,37	-7,99	-32,5		553,9	-2,9
84	30+4	-89	12	cont fem	-32,2		-8,47	-30,3		-257,3	-9,6
70	40+0	-91	12	MOS	-31,0	-5,38	-7,61	-29,8		895,7	1,3
79	40+0	-91	12	cont fem	-30,7		-8,47	-30,5		83,9	-19,3
71	40+0	-91	12	MOS	-30,2	-5,38	-7,98	-30,2		1699,1	6,8
80	40+0	-91	12	cont fem	-30,1		-8,48	-29,8		362,1	-6,6
69	40+0	-92	12	MOS	-30,0	-5,38	-7,91	-29,7		1389,0	5,1
60	40+0	-93	12	cont fem	-28,7		-8,46	-28,6		1164,0	3,5
61	40+0	-93	12	cont fem	-28,7		-8,46	-28,4		714,1	-0,7
46	30+4	-90	18	MOS	-30,8	-5,36		-30,7		103,1	-17,5
47	30+4	-90	18	MOS	-30,7	-5,36		-30,6		484,8	-4,1
45	30+4	-90	18	MOS	-30,6	-5,37		-30,7		-403,4	-5,7
48	30+4	-90	18	MOS	-30,6	-5,36	-7,98	-30,6		-297,2	-8,3
43	30+4	-90	18	MOS	-30,4		-8,25	-30,4		93,7	-18,4
54	30+4	-91	18	cont fem	-30,1		-8,48	-30,3		90,5	-18,7
55	30+4	-91	18	cont fem	-30,0		-8,48	-30,3		1235,7	4,1
53	40+0	-96	18	cont fem	-26,0		-8,46	-25,7		990,9	2,1
52	40+0	-96	18	cont fem	-25,9		-8,46	-25,9		-1019,7	2,4
56	40+0	-97	18	cont fem	-24,7		-8,48	-24,7		465,6	-4,4
57	40+0	-97	18	cont fem	-24,6		-8,48	-25,3		449,4	-4,7

Tabell 4-11 Översikt över filer med inspelat tal

Tabell 4-11 är sorterad så att första halvan avser antenndämpning 12 dB, vilket motsvarar dämpning av störning till ett avstånd av 50 m i fritt fält och andra halvan avser antenndämpning 18 dB, vilket avser dämpning till avstånd 100 m i fritt fält.

Fil nr 46 och fil nr 43 med blå text är inspelat då inget tåg finns i närheten.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

För de filer där det inte finns några egentliga transienter, som i fil nr 43 och 46, så avser peakvärdet det maximala värdet på bruset.

MOS avser 8 talsekvenser som består av två kvinnliga och två manliga röster som läser två talsekvenser vardera. Varje talsekvens är 4 s lång med 2 s paus emellan. Inspelningen är avsedd att kunna användas för utvärdering enligt PESQ. Varje förlopp om 8 talsekvenser inleds med 1 kHz sinuston som används för att justera in nivån. Tonen har samma nivå som medelnivån hos det aktiva talet. Nivån till sändaren ställdes in så att tonen gav 50% modulationsgrad.

Cont female avser 7 s lång sammanhängande mening med kvinnlig röst som upprepas med ungefär 1 sekunds mellanrum.

4.2.10 Subjektiva kommentarer till inspelat tal

Notera att detta parti är helt de bedömningar som gjorts av rapportförfattaren vid genomlysning av inspelat material. Det ger en fingervisning om påverkan på talet i inspelningarna men fler behöver lyssna och göra bedömningar. Objektiv utvärdering enligt PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality) kunde inte direkt användas eftersom störningen varar kort tid och efterbehandling med kopiering och mixning behövs för att simulera att störningen pågår under längre tid. Vid inspelningen på avstånd 10 m är den relativa avståndsändringen stor under kort tid, medan den blir mindre då antennen befinner sig på stort avstånd vid en tågpassage.

I efterföljande punkt 4.2.11 görs utvärdering med PESQ där störning tagits fram baserat på de inspelningar som gjorts och som mixas ihop med tal som spelats in från radion vid mottagning utan störning. På så sätt kommer radions filtrering och Audio AGC-funktion med. Det finns inga indikationer på att radion påverkats i sitt uppträdande av störningarna så därför skulle det var möjligt att göra en sådan efterbehandling.

Tabell 4-12 är sorterad på samma sätt som Tabell 4-11.

Inom varje halva är filerna sorterade efter nyttosignalnivån i dBm efter korrigering.

Fil nr	Nytto-signal-nivå korrigerad dBm	Antenn- dämpning dB	Kommentar
73	-88	12	MOS. Enstaka knaster kan höras i paus mellan röster om man vet om att det ska komma. Inget knaster hörs under talet.
72	-88	12	MOS. Enstaka knaster kan höras i paus mellan röster om man vet om att det ska komma. Inget knaster hörs under talet.

**SAAB****RAPPORT**

47 (87)

Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

Fil nr	Nytto-signal-nivå korrigerad dBm	Antenn- dämpning dB	Kommentar
84	-89	12	Cont fem. Kan inte höra påverkan alls
70	-91	12	MOS. Brusnivån höjs något under talet och transienter knastrar i talpaus, men kan inte höras under talet.
79	-91	12	Cont fem. Kan inte höra påverkan alls
71	-91	12	MOS. Enstaka knaster kan höras i paus mellan röster. Inget knaster hörs under talet. Brusnivån något förhöjd under tågpassagen.
80	-91	12	Cont fem. Brusnivån något förhöjd under talet, men inget knaster hörs.
69	-92	12	MOS. Enstaka knaster kan höras i paus mellan röster. Inget knaster hörs under talet. Brusnivån något förhöjd under tågpassagen.
60	-93	12	Cont fem. Transienter knastrar i talpaus på 1 s, och kan förnimmas under talet om man lyssnar efter dem. Brusnivån något förhöjd under tågpassagen.
61	-93	12	Cont fem. Transienter knastrar i talpaus på 1 s, och kan förnimmas under talet om man lyssnar efter dem. Brusnivån något förhöjd under tågpassagen.
46	-90	18	MOS. Inget tåg. Brusnivån stabil
47	-90	18	MOS. Transienter knastrar i talpaus, men hörs inget under talet. Brusnivån upplevs som stabil under tågpassagen även om den syns något förhöjd på datorns bildskärm.
45	-90	18	MOS. Transienter knastrar i talpaus, men hörs inget under talet. Brusnivån upplevs som stabil under tågpassagen även om den syns något förhöjd på datorns bildskärm.
48	-90	18	MOS. Transienter knastrar i talpaus, men hörs inget under talet. Brusnivån upplevs som stabil under tågpassagen även om den syns något förhöjd på datorns bildskärm.
43	-90	18	MOS. Inget tåg. Brusnivån stabil.
54	-91	18	Cont fem. Kunde identifiera en transient i talet 21,8 s in i filen. I övrigt hördes ingen påverkan. Kunde hitta en till efter sökande vid 25,642 s in i filen. Den kan höras om öronen "spänns". I övrigt ingen påverkan.
55	-91	18	Cont fem. Transient vid 24,976 s in i filen i talpaus precis (179 ms) innan nästa talsekvens börjar. I övrigt hörs ingen påverkan.
53	-96	18	Cont fem. Transient i talpaus, men också två efter varandra under talet vid 25,169 s och 25,189 s in i filen. De kan förnimmas även om de är under talet, men enstaka transienter måste man lyssna noga efter för att höra. I övrigt ingen påverkan.
52	-96	18	Cont fem. Inspelningen startade sent men transienter i början innan talet börjar. Hörs ingen påverkan under talet.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

Fil nr	Nytto-signal-nivå korrigerad dBm	Antenn- dämpning dB	Kommentar
56	-97	18	Cont fem. Transient hörst paus mellan talsekvenser. Det finns dessutom en vid 15,835 s in i filen, där den ligger mellan två talljud. Kan höras när man vet var den är. I övrigt upplevs ingen påverkan.
57	-97	18	Cont fem. Det finns 3 svaga transienter vid pausen 16,131, men de kan bara förnimmas om man vet om dem i förväg och ser dem på datorns bildskärm.

Tabell 4-12 Subjektiva kommentarer i samband med lyssning

I inget av fallen i Tabell 4-12 är taluppfattbarheten påverkad. I de fall transienter hörts har de mera formen av ett lätt knaster som från gamla tiders grammfonskiva.

4.2.11 Utvärdering med PESQ

4.2.11.1 Allmänt

Utvärdering görs objektivt av inspelat tal enligt en algoritm som rekommenderas av ITU-T Rec. P.862, Perceptual Evaluation of Speech Quality (PESQ). Denna predikterar vad ett subjektivt test med försökspersoner skulle ge. Vid denna utvärdering används algoritmen implementerad av GL Communications Inc.

Utvärderingen går ut på att en ostörd referensfil med tal matas in i systemet och talet som kommer ut från systemet spelas in och kallas för en degraderad fil. Algoritmen vill ha båda filerna vid sin bearbetning. Algoritmen hanterar om det finns fördröjningar, och även om det finns varierande fördröjningar så som det gör i ett paketförmädat telenät. Algoritmen tar vidare hand om nivåskillnad mellan in- och ut-fil och anger nivåskillnaden, men prov har visat att det inte påverkar MOS-värdet (Mean Opinion Score) som algoritmen ger, förstås under förutsättning att inte nivån blir så låg att det tillkommer kvantiseringsbrus.

Värdena som presenteras i denna rapport är i enlighet med Rec. P.862.1 PESQ LQO som ger en något bättre korrelation med subjektiva test än standard PESQ och PESQ-LQ.

Skalan för talkvaliteten anges nedan:

Score	Quality of the speech
5	Excellent
4	Good
3	Fair
2	Poor
1	Bad

Tabell 4-13 Skalan för talkvalitet



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

Skalan är ett mått på hur en lyssnare uppfattar talkvaliteten. Det högsta värdet är 4,5, eftersom vår förbindelse är smalbandig, och betyder att det inte finns några degraderingar på vägen. Allteftersom degraderingen genom systemet tilltar sjunker värdet på PESQ-LQO, eller LQO-MOS där LQO står för Listening Quality Objective.

I manualen till mjukvaran från GL Communications Inc. som används finns följande tabell för att ge en känsla av vad MOS-värdena betyder för några vanliga transmissioner och codec och även vid sämre förbindelser.

Network Condition	PESQ	PESQ-LQ	PESQ-LQO
Clean ISDN network	4.3	4.4	4.4
Analog network (G.711)	4.1	4.2	4.2
G.728 codec (16kbit/s)	3.8	3.9	3.9
G.729 codec (8kbit/s)	3.6	3.7	3.7
G.723.1 codec (6.3kbit/s)	3.5	3.4	3.5
GSM EFR codec (12.2kbit/s)	3.9	4.0	4.0
GSM FR codec (13kbit/s)	3.5	3.5	3.5
GSM-EFR mobile network in typical operating range	3.6 to 3.1	3.6 to 2.9	3.7 to 3.0
GSM-EFR mobile network in very poor conditions	2.2	1.6	1.8

Tabell 4-14 Tabell med förväntade värden för några typiska förbindelser

Referensfilen och därmed också degraderad fil består av 8 talsekvenser bestående av två kvinnliga och två manliga röster som läser två meningar vardera. Varje mening är 4 s lång med 2 s paus emellan.

4.2.11.2 Mottagning i ostörd miljö

För att kunna jämföra störningens inverkan plottades följande diagram för ostörd miljö. Det termiska bruset ökar då bär vågens nivå minskar. Mätning gjordes med samma mottagare och med samma utstyrning som användes vid Brommamätningen och vid följande bär vågsnivåer: -100 dBm, -93 dBm, -84 dBm och -73 dBm. Resultatet presenteras i nedanstående Figur 4-18.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

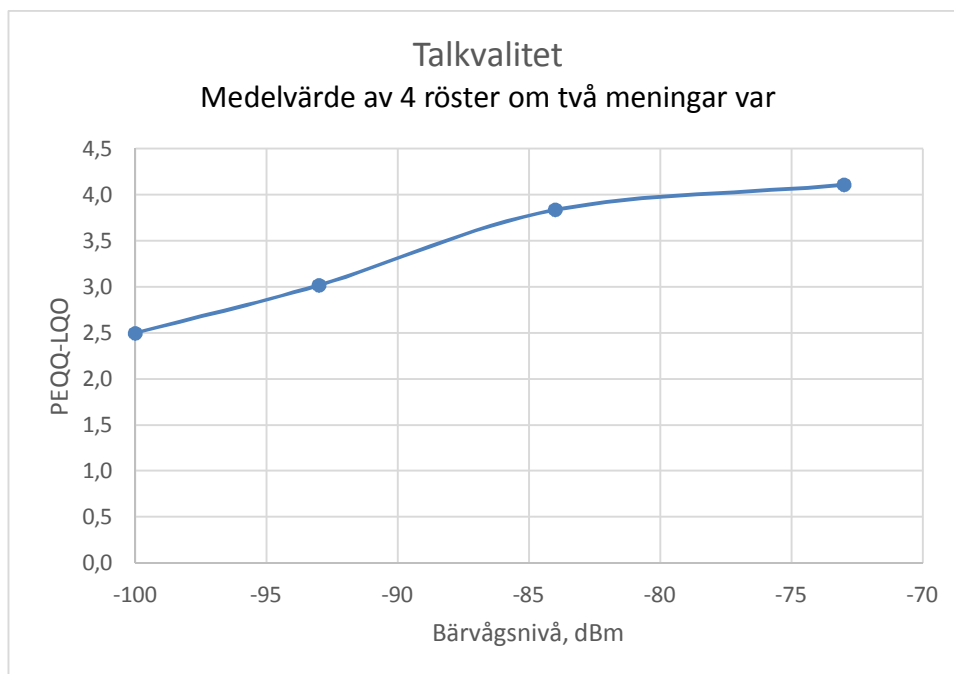
BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS



Figur 4-18 MOS-LQO för mottagning vid olika bär våg nivå

Resultatet är ett medelvärde för fyra röster, två kvinnliga och två manliga. Varje röst läser två korta meningar var. Tillsammans blir det åtta meningar per mätpunkt i Figur 4-18. Språket är engelska eftersom det också är det språk som används för flygtrafikledning.

Degraderingen för lägre bär våg nivåer beror på att skillnaden mellan det termiska bruset i mottagarens ingång och talet då blir mindre. S/N i audioutgången blir då också mindre.

4.2.11.3 Transient från fil nr 71

Fil nr 3 är mottagning vid -100 dBm utan yttre störning. Referensfilen är tyst mellan rösterna, men det termiska bruset från mottagaren i Fil nr 3 syns i Figur 4-19 som en kraftigt luddigt och mörkt parti.

Största transienten registrerades i fil 71 och kan ses i Figur 4-12. Fil 71 hade en brusnivå motsvarande nyttsignal -91 dBm, och 12 dB antenndämpning, dvs simulerat avstånd 50 m. Den kopieras och kopiorna läggs på 100 ms avstånd, vilket ger en repetitionsfrekvens av 10 Hz.

Transientens längd i luften är mycket kort, delar av μ s men dess längd i audioutgången beror i princip på bandbredden i mottagaren, och blir ca 2/B s lång.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

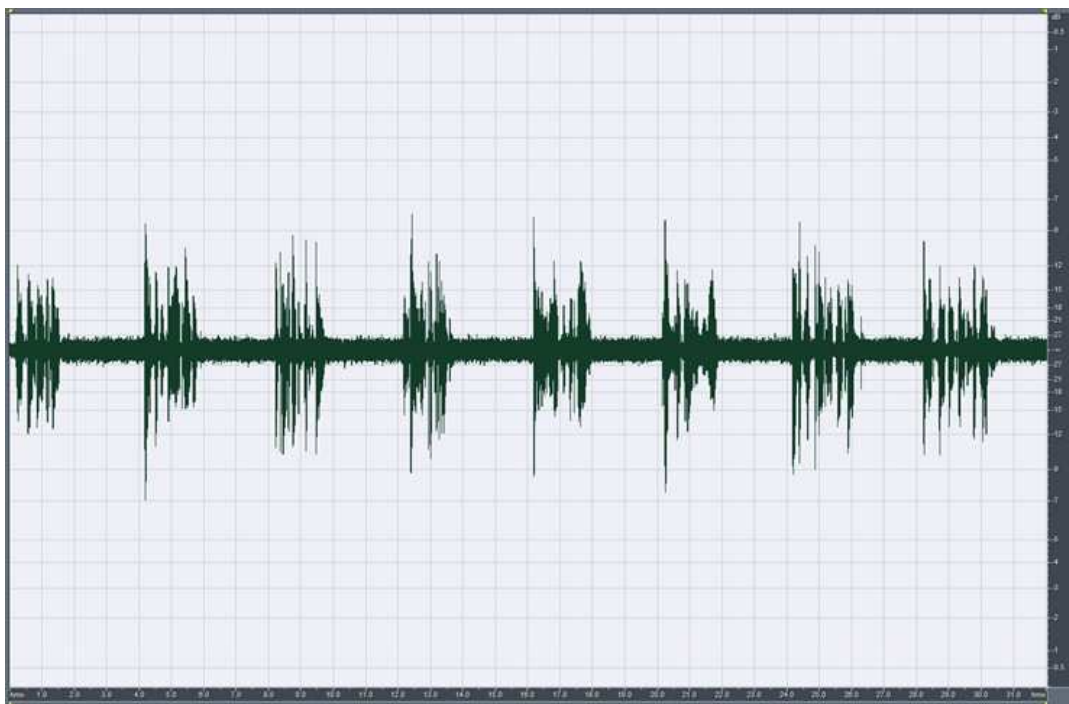
Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

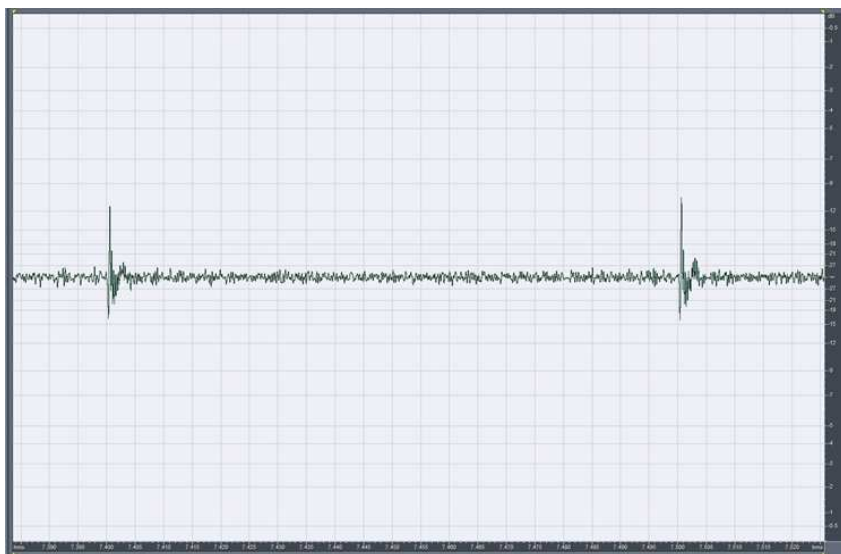
EJ FÖRSVARSEKRETESS

Med audiobandbredden 3100 Hz blir det storleksordningen $2/3100 = 0,6$ ms, vilket i stort kan sägas stämma med Figur 4-12.



Figur 4-19 Fil nr 3, mottagning vid nivå -100 dBm av 8 röster.

Resultatet av mixning mellan Fil nr 3 och den mångfaldigade transienten från fil nr 71 visas i Figur 4-21. Transientföljden och fil nr 3 har samma nivå.



Figur 4-20 Två kopior av transienten från fil 71 på 100 ms inbördes avstånd



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS



Figur 4-21 Mixning fil 3 och mångfaldigad transient från fil 71.

Samma störfil med transient från fil 71 kopierad till 10 Hz prf mixades också mot fil 2 som är för ostörd bärvågsnivå -93 dBm.

Fil nr och Bärvågsnivå	Ostört		Stört	
	MOS- LQO	Talkvalitet	MOS- LQO	Talkvalitet
Fil nr 3, -100 dBm	2,50	Fair	1,62	Poor
Fil nr 2, -93 dBm	3,02	Fair	1,60	Poor

Tabell 4-15 MOS-LQO med största transienten från fil nr 71 mångfaldigad till 10 Hz prf.

Det låter illa, men det bedöms att talet är helt uppfattbart.

4.2.11.4 Störning skapad av transientrikt område från fil 77

Fil 77 är en fil som spelades in med 1 kHz modulation 50%.. Bärvågsnivån motsvarar -92 dBm och antenndämpningen är 12 dB vilket motsvarar 50 m avstånd i fritt fält. Det kan nämnas att denna fil registrerades då isbildning hade skett på tråden. Väderförhållandena var sådana att isbildning kunde ske och körningen skedde inte över den del av banan som inte trafikerats på två timmar, se notering i Tabell 3-8 över kopplingslägen vid tid 03:21.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

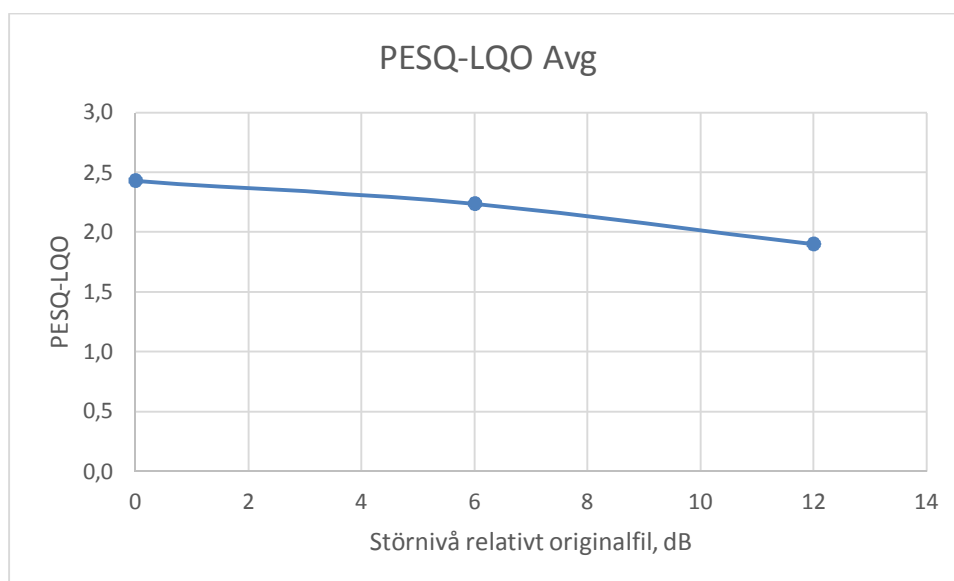
Med 50% modulation sänker audioage i mottagaren utnivån med 6 dB med tonen på, vilket innebär att transienterna också halveras i nivå jämfört med omodulerad bärvåg. 1 kHz-tonen filtrerades bort och då återstår brusgolvet och transienterna. Tre transientrika områden kopierades och lades intill varandra och bildade en grundstomme om 495 ms störning. Denna stomme mångfaldigades till 32 s för att användas att täcka hela talsekvenserna om 4 x 8 s. Prf för stommen blir således drygt 2 Hz, men stommen innehåller flera transienter.

Den skapade störfilen mixas ihop med fil 3, som är tal modulerat med bärvågsnivå -100 dBm ostört. Tre utvärderingar genomförs för olika nivå på störfilen före mixningen. Den första är med samma nivå som i fil 77 som transienterna kommer ifrån. I nästa har störfilen ökats i nivå med 6 dB före mixningen, och i den tredje har nivån ökats med 12 dB.

Störnivå före inmixning	MOS-LQO	Talkvalitet
Fil nr 3, bärvågsnivå -100 dBm, ostört	2,50	Fair
0 dB (samma som i fil 77)	2,43	Fair
6 dB (störnivån ökad 6 dB rel fil 77)	2,24	Fair
12 dB (störnivån ökad 12 dB rel fil 77)	1,90	Poor

Tabell 4-16 Störfil skapad från transientrikt område

Taluppfattbarheten bedöms som god för alla tre fallen. Då den skapade störningen mixas in med samma nivå som den hade i filen med 1 kHz-moduleringen är talkvaliteten påverkad i relativt liten utsträckning. Påverkan ökar med ökande nivå på störsignalen.



Figur 4-22 Påverkan på talkvaliteten som funktion av störsignalens relativa nivå



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

Ytterligare en simulering genomfördes genom att ta det största transientområdet i fil 77 och mångfaldiga och lägga efter varandra med avståndet 106 ms som därmed upprepas med knappt 10 Hz. Då den mixas ihop med fil nr 3 med samma nivå som i originalfilen, dvs 0 dB relativ nivå av störsignalen, sjunker PESQ-LQO från 2,50 för ostört förhållande till 2,03 för stort och talkvalitet "Poor".

4.2.12 Kartläggning inom flygplatsområdet

4.2.12.1 Allmänt

LFV har tillsammans med ÅF genomfört loggning av mottagen bär vågsnivå från sändning från fyra platser: Deltamast, TWR torntak, Solvalla och Glia. Glia är en mottagarstation. Mätningarna genomfördes av Karl-Arne Markström, ÅF och Lars Nyberg, LFV. Nedanstående sammanställningar och plottningar är gjorda av Alf Nilsson, Saab.

Detta avsnitt är en sammanställning av resultatet.

Data är organiserade i tidsföljd med ett sample per sekund och med ett filnamn per frekvens, samt innehåller kommaseparerade data. I kap 4.2.12.6 plottas fältstyrkan som funktion av avstånd från respektive sändarplats istället för i tidsföljd.

Sändareffekt i alla sändningsfall är nominellt, $+37 \text{ dBm} - 15 = 22 \text{ dBm}$ men mättes upp till mellan 21,4 och 21,6 dBm.

Plottningarna visar fältstyrka, dBμV/m, så som registrerats i filerna. Verklig sändning från marksändare (50W dvs +47 dBm) är nominellt $47 - 22 = 25 \text{ dB}$ högre och vid sändning från flygplan (10 W, dvs 40 dBm) är nominellt $40 - 22 = 18 \text{ dB}$ högre.

Körning har numrerats 1, 4, 5 och 6 för att vara konsistent med filnamnen och loggning har gjorts från samtliga 4 platser vid samma körning.

Tid från start avser samplenummer vilket innebär att tider för uppehåll då ingen registrering skett inte räknas med.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

4.2.12.2 Körning 1



Figur 4-23 Körbana vid körning 1. Turkos linje är tänkt dragning av spårvägen

I nedanstående tabell är min fältstyrka angiven och är markerad i respektive diagram

	tid från start, s	Fältstyrka dBμV/m	Latitude	Longitude
Delta	211	47,6	59,358382	17,939095
Torn	130	47,6	59,360408	17,937577
Solvalla	187	33,8	59,359100	17,939137
Glia	48	43,0	59,360197	17,935793

Tabell 4-17 Min fältstyrka uppmätt vid körning 1

Positionen för min fältstyrka från respektive plats markeras i Figur 4-24.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

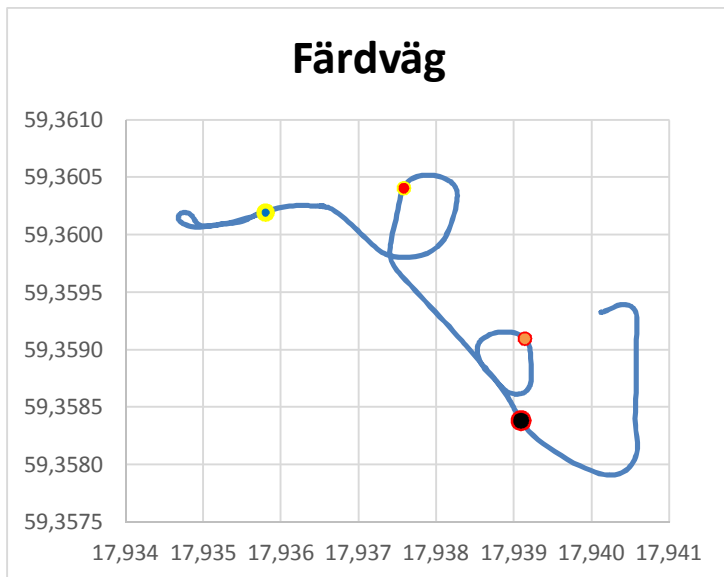
BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

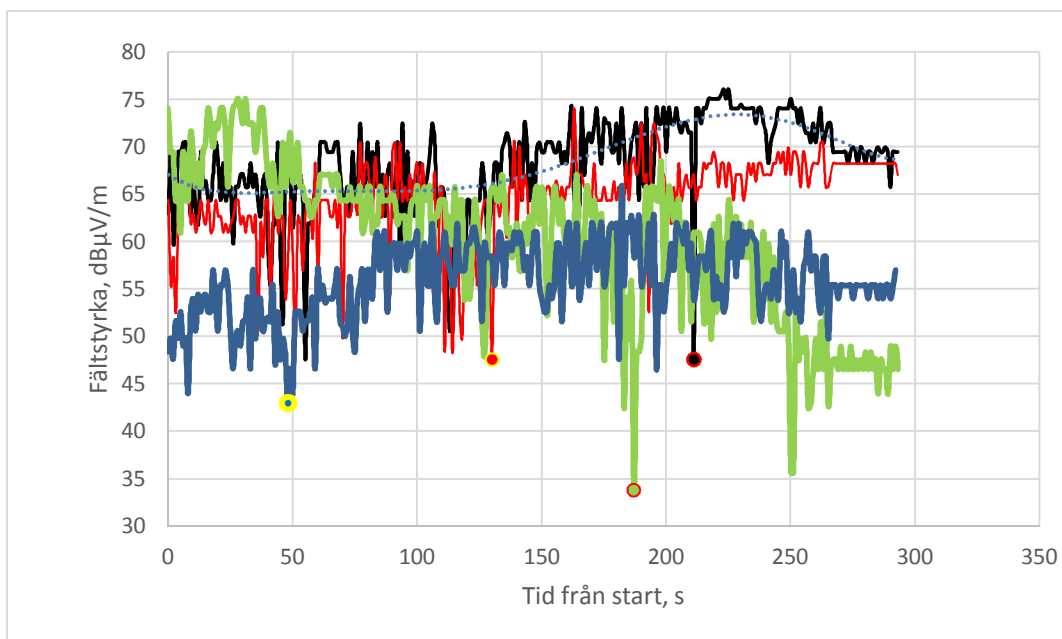
EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS



Figur 4-24 Färdväg för körning 1 med position för min fältstyrka



Figur 4-25 Fältstyrkevariation från 4 platser vid körning 1. Min fältstyrka markerad



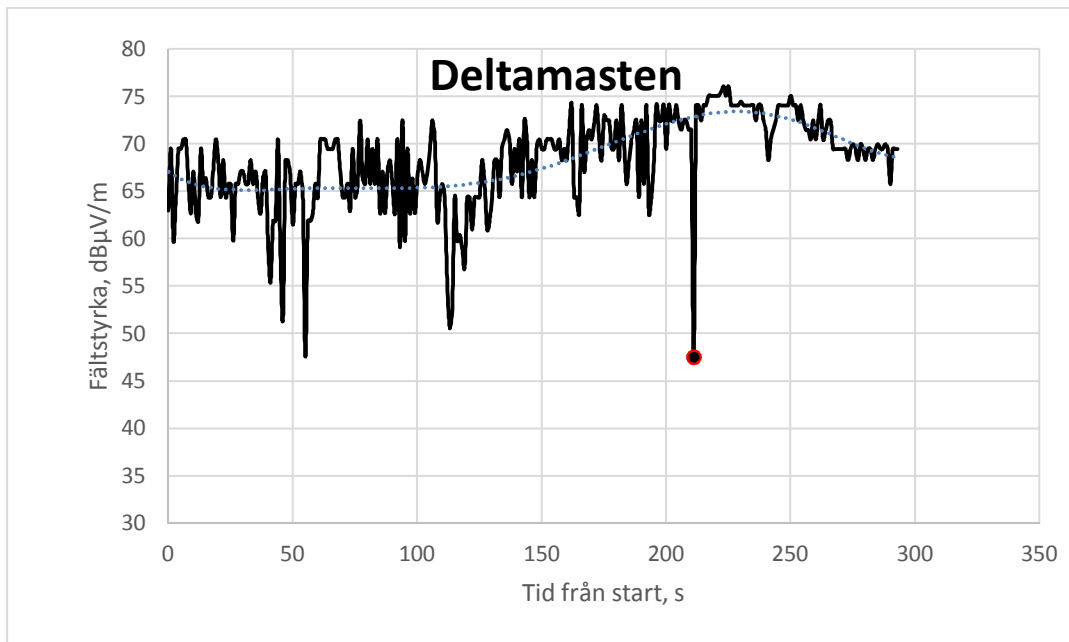
SAAB

RAPPORT

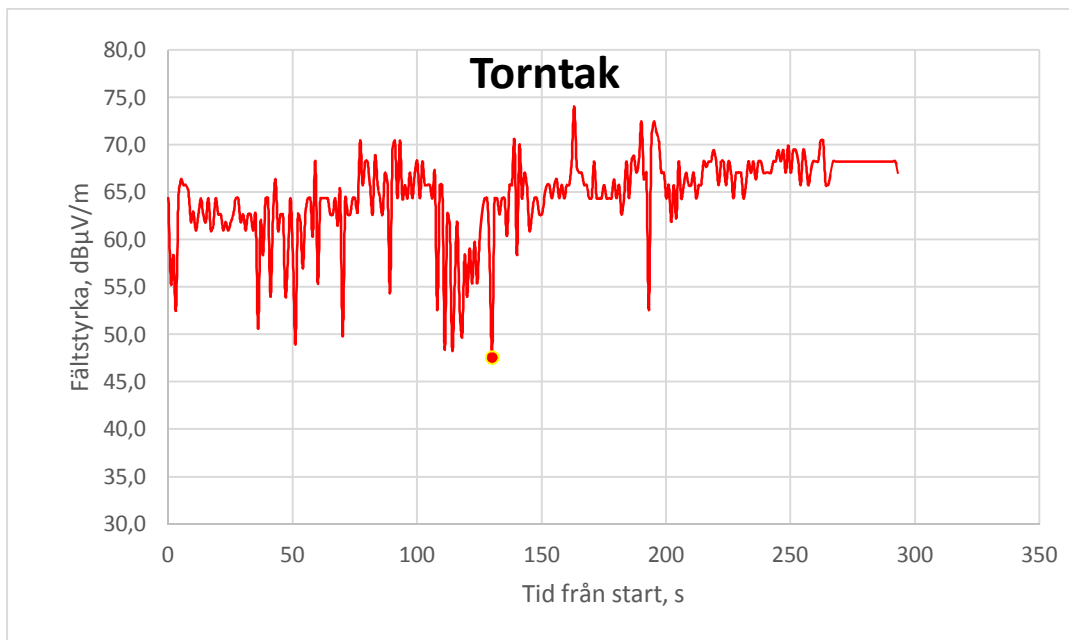
57 (87)

Datum 2016-05-16 Utgåva 2.0 Dokumentidentitet BMA-16:0001
Informationsklass företagssekretess
EJ KLASSAD
Informationsklass försvarssekretess
EJ FÖRSVARSEKRETESS

Utförd av
OFTSBA / Alf Nilsson
Informationsklass exportkontroll
NOT EXPORT CONTROLLED



Figur 4-26 Fältstyrkevariation från Deltamasten vid körning 1. Min fältstyrka markerad



Figur 4-27 Fältstyrkevariation från Torntak vid körning 1. Min fältstyrka markerad



SAAB

RAPPORT

58 (87)

Datum 2016-05-16 Utgåva 2.0 Dokumentidentitet BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

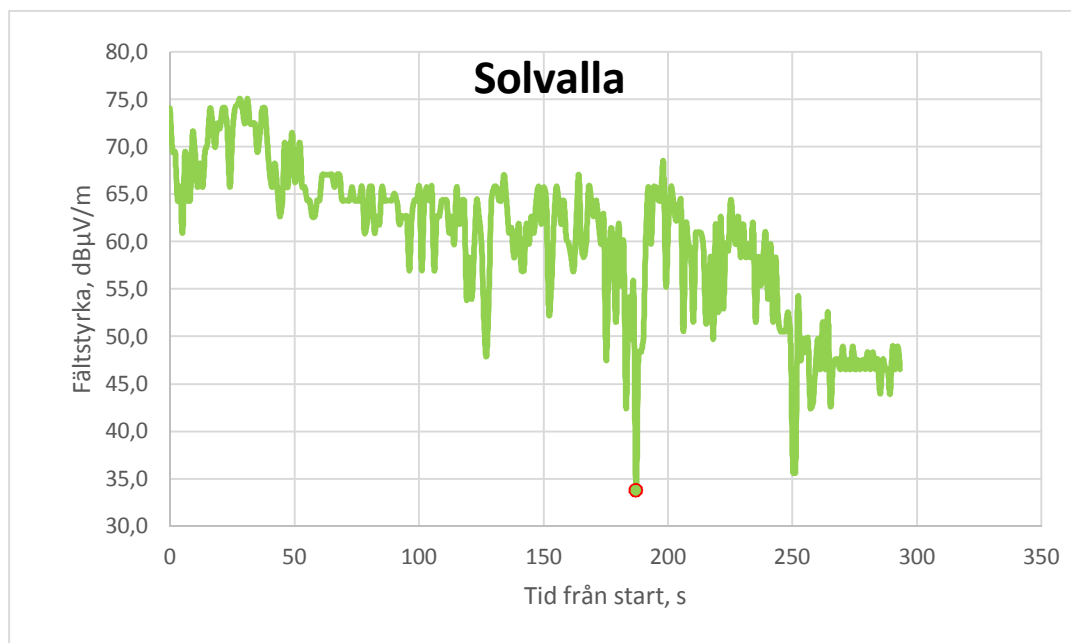
EJ FÖRSVARSEKRETESS

Utförd av

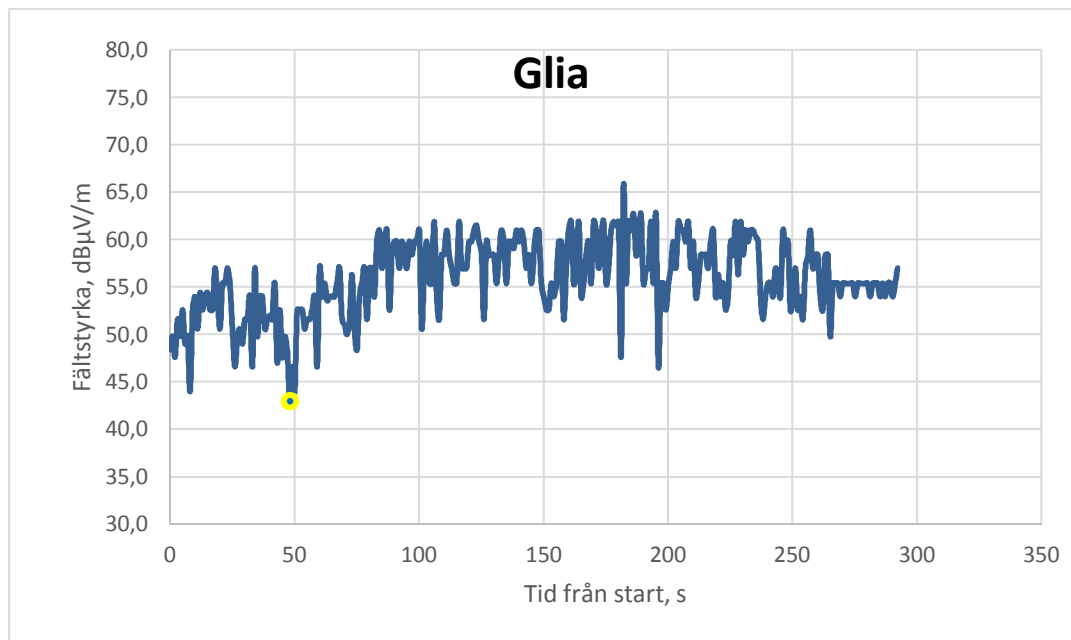
OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED



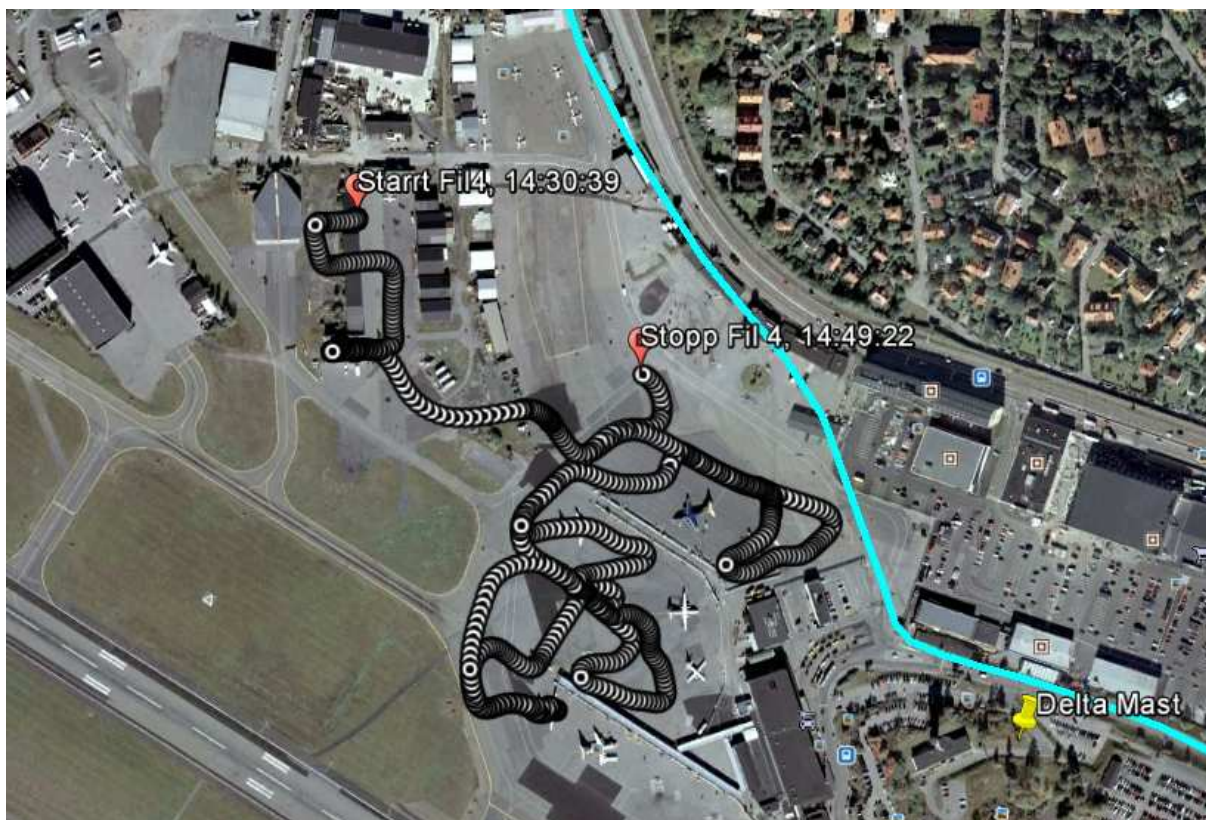
Figur 4-28 Fältstyrkevariation från Solvalla vid körning 1. Min fältstyrka markerad



Figur 4-29 Fältstyrkevariation från Glia vid körning 1. Min fältstyrka markerad



4.2.12.3 Körning 4



Figur 4-30 Körbana vid körning 4. Turkos linje är tänkt dragning av spårvägen

I nedanstående tabell är min fältstyrka angiven och är markerad i respektive diagram

	tid från start, s	Fältstyrka dBμV/m	Latitude	Longitude
Delta	188	51,6	59,358418	17,939877
Torn	57	50,6	59,359310	17,939605
Solvalla	796	30,5	59,356808	17,943465
Glia	1044	35,7	59,356550	17,943357

Tabell 4-18 Min fältstyrka uppmätt vid körning 4

Positionen för min fältstyrka från respektive plats markeras i Figur 4-31.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

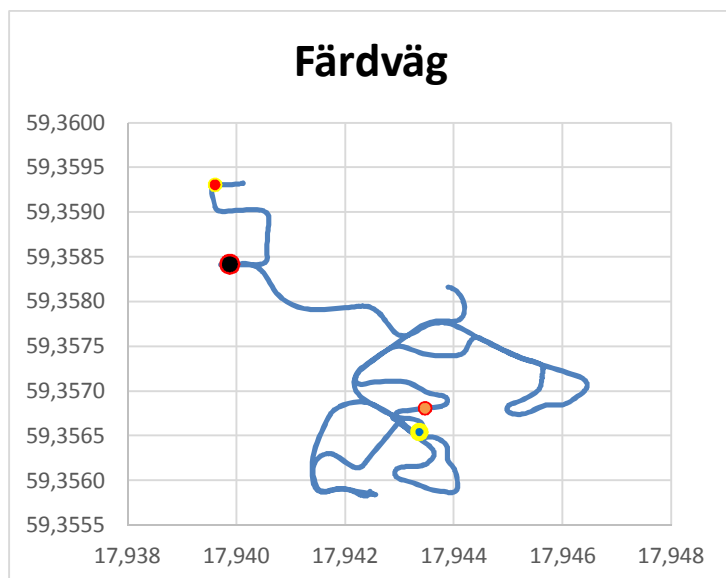
BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

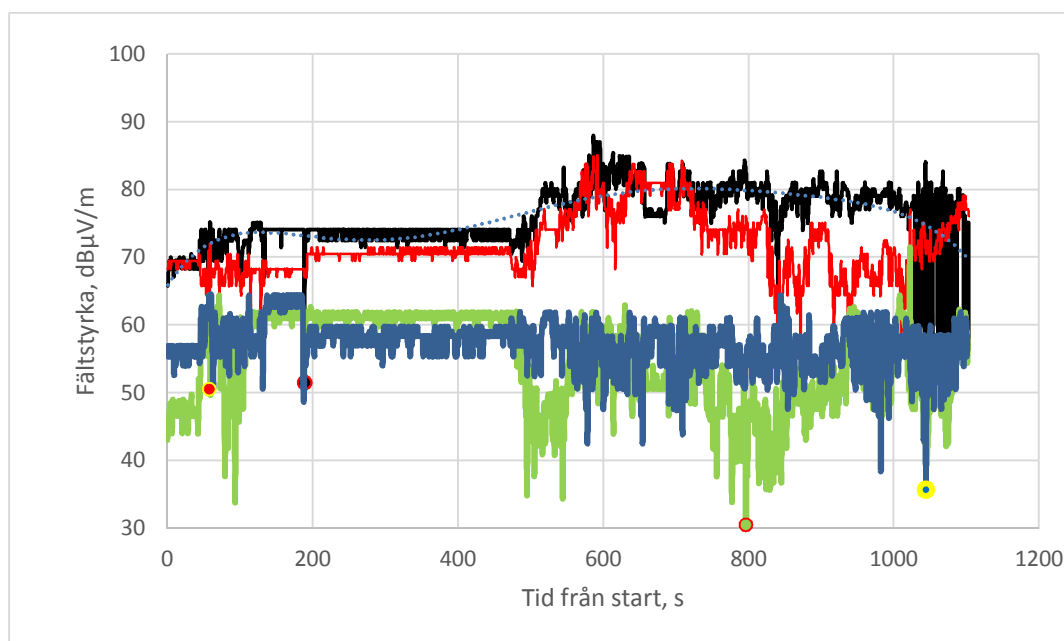
EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS



Figur 4-31 Färdväg för körning 4 med position för min fältstyrka



Figur 4-32 Fältstyrkevariation från 4 platser vid körning 4. Min fältstyrka markerad



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

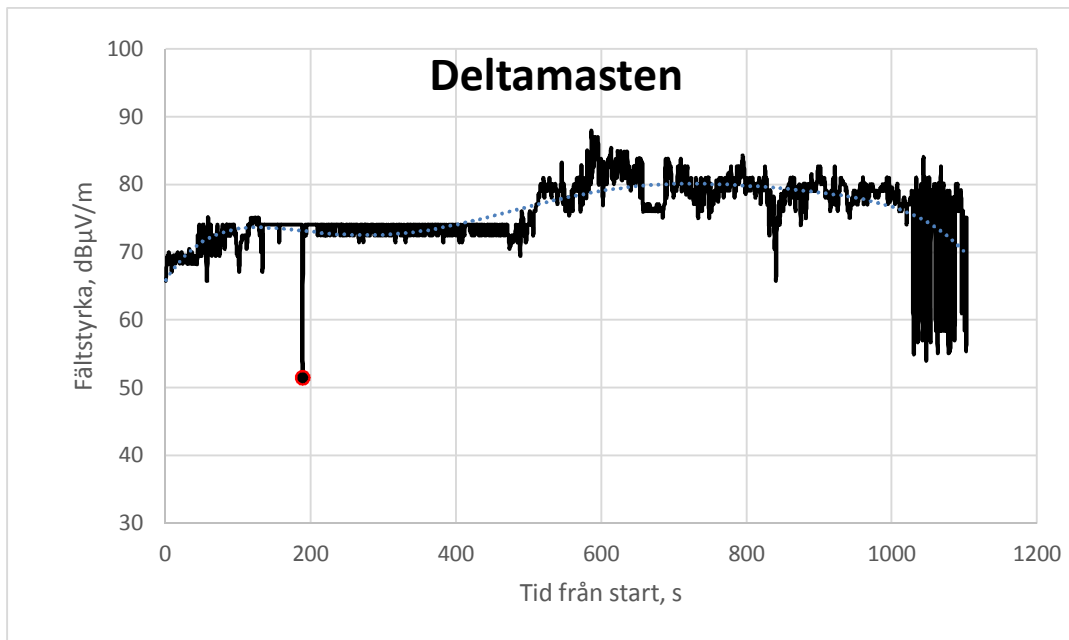
BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

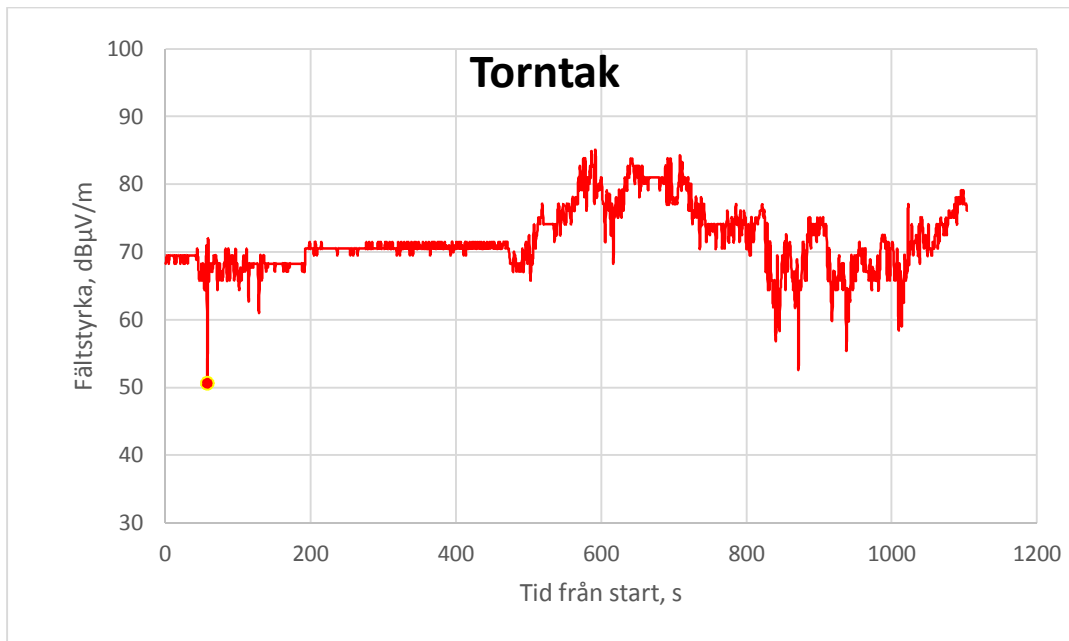
EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS



Figur 4-33 Fältstyrkevariation från Deltamasten vid körning 4. Min fältstyrka markerad

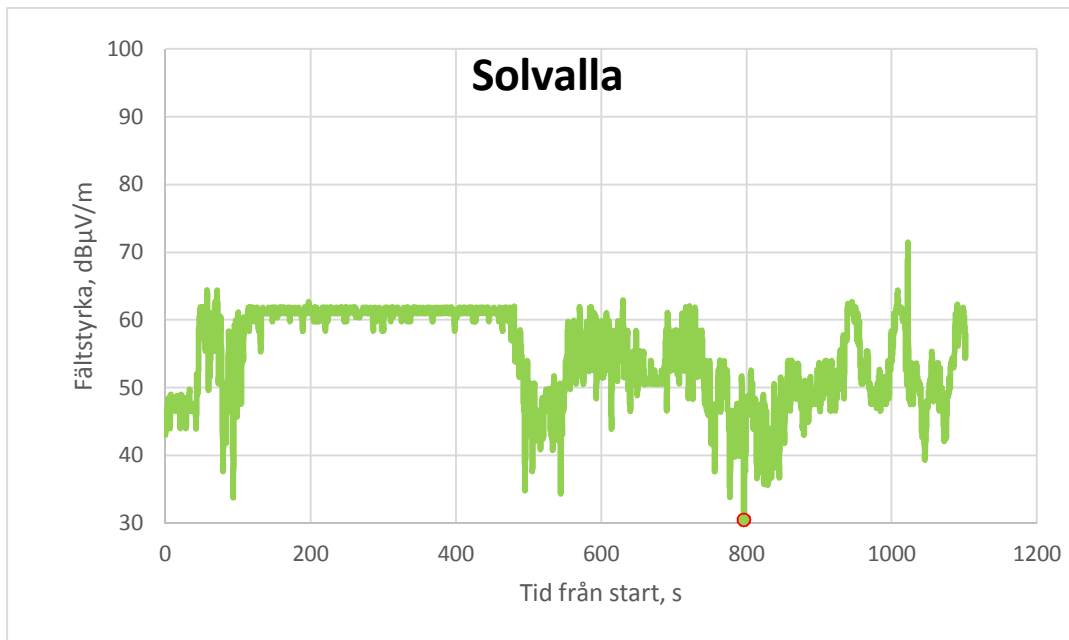


Figur 4-34 Fältstyrkevariation från Torntak vid körning 4. Min fältstyrka markerad

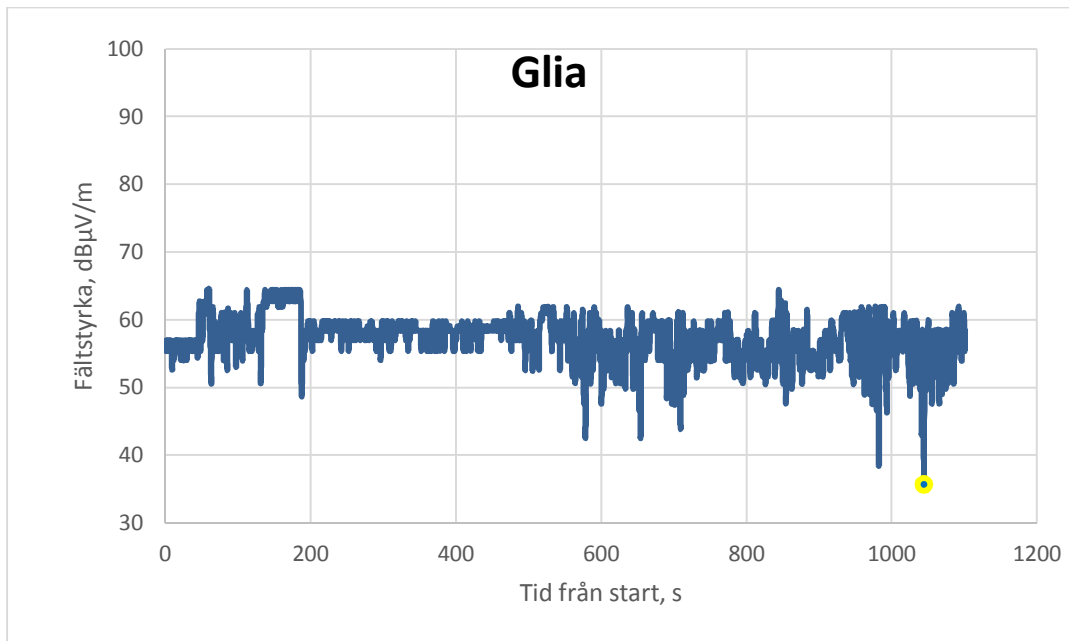


Datum 2016-05-16 Utgåva 2.0 Dokumentidentitet BMA-16:0001
Informationsklass företagssekretess
EJ KLASSAD
Informationsklass försvarssekretess
EJ FÖRSVARSEKRETESS

Utförd av
OFTSBA / Alf Nilsson
Informationsklass exportkontroll
NOT EXPORT CONTROLLED



Figur 4-35 Fältstyrkevariation från Solvalla vid körning 4. Min fältstyrka markerad



Figur 4-36 Fältstyrkevariation från Glia vid körning 4. Min fältstyrka markerad



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

4.2.12.4 Körning 5



Figur 4-37 Körbana vid körning 5. Turkos linje är tänkt dragning av spårvägen

Notera att man inte kört över ”gräset” utan taxivägen har ändrats efter att bakgrundsbilden tagits.

I nedanstående tabell är min fältstyrka angiven och är markerad i respektive diagram

	tid från start, s	Fältstyrka dBμV/m	Latitude	Longitude
Delta	124	59,8	59,359937	17,930878
Torn	945	35,7	59,355390	17,941792
Solvalla	564	30,5	59,354242	17,944972
Glia	1075	47,6	59,359418	17,931560

Tabell 4-19 Min fältstyrka uppmätt vid körning 5

Positionen för min fältstyrka från respektive plats markeras i Figur 4-38.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

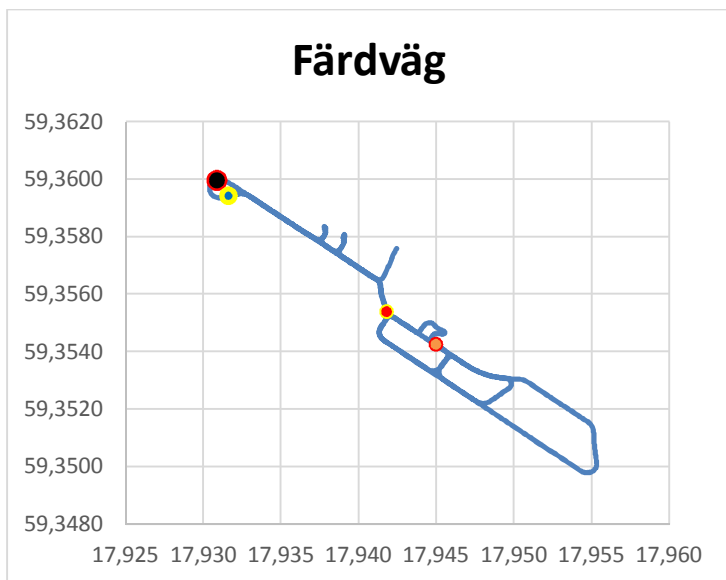
BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

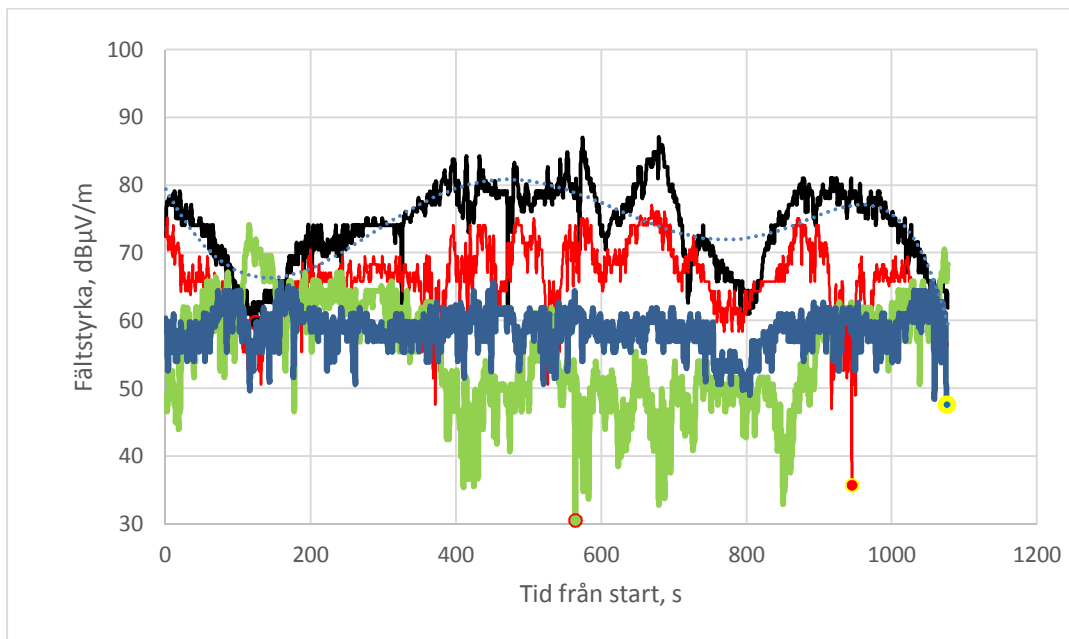
EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

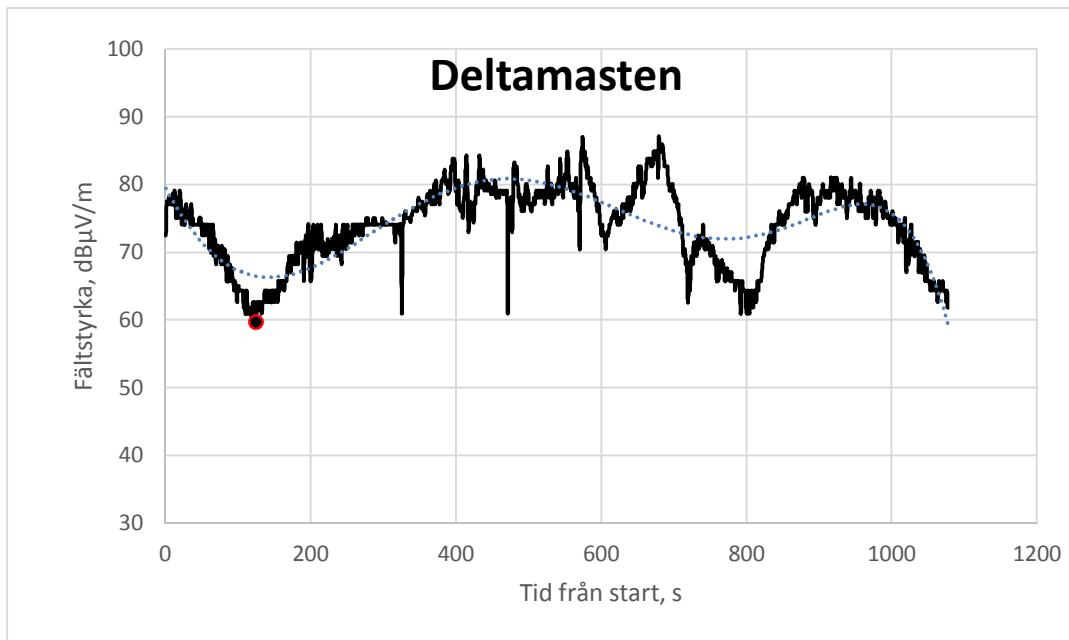
EJ FÖRSVARSEKRETESS



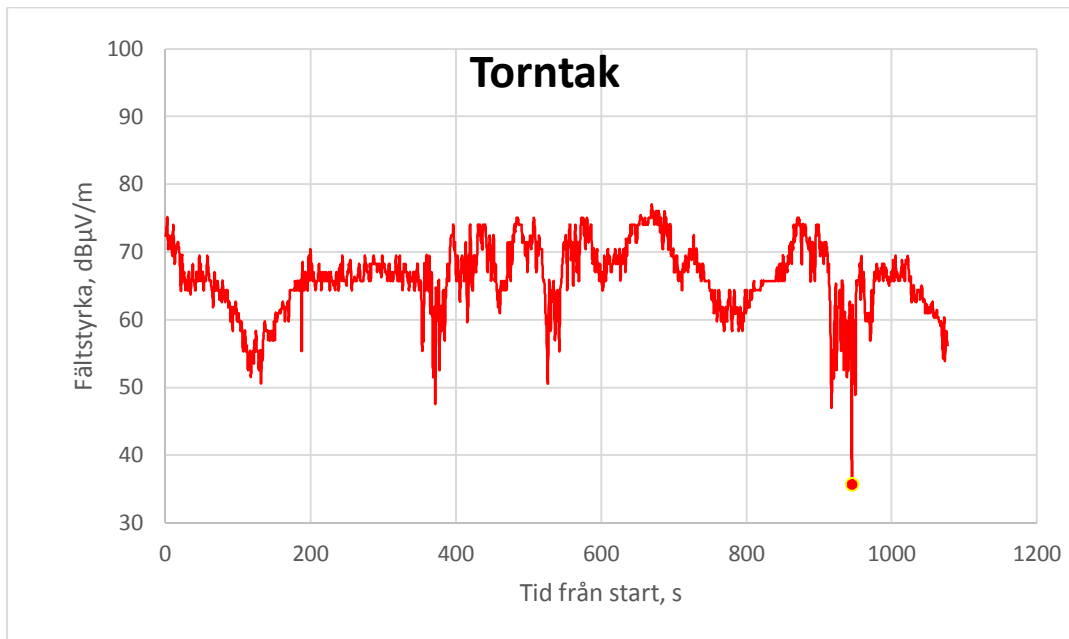
Figur 4-38 Färdväg för körning 5 med position för min fältstyrka



Figur 4-39 Fältstyrkevariation från 4 platser vid körning 5. Min fältstyrka markerad



Figur 4-40 Fältstyrkevariation från Deltamasten vid körning 5. Min fältstyrka markerad



Figur 4-41 Fältstyrkevariation från Torntak vid körning 5. Min fältstyrka markerad



SAAB

RAPPORT

66 (87)

Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

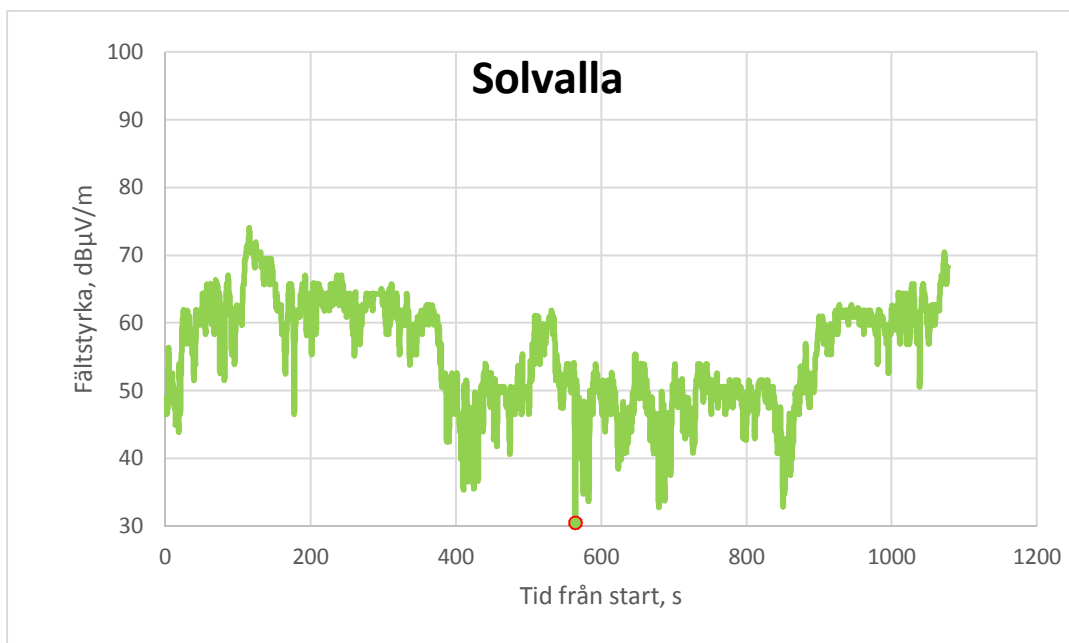
BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

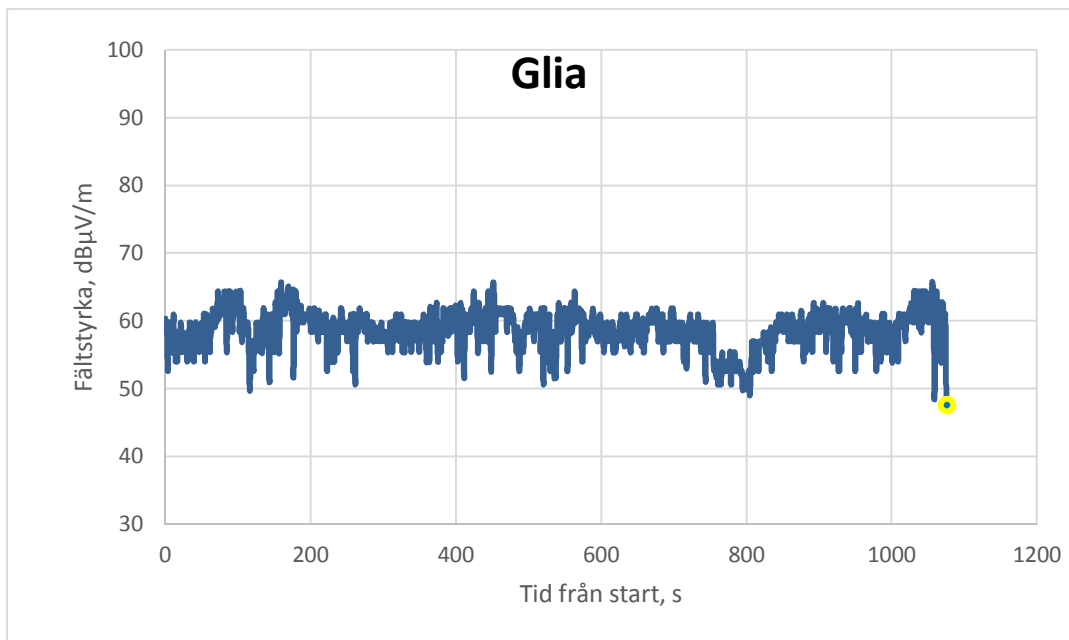
EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS



Figur 4-42 Fältstyrkevariation från Solvalla vid körning 5. Min fältstyrka markerad



Figur 4-43 Fältstyrkevariation från Glia vid körning 5. Min fältstyrka markerad



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

4.2.12.5 Körning 6



Figur 4-44 Körbana vid körning 6. Turkos linje är tänkt dragning av spårvägen

Notera att man inte kört över ”gräset” utan taxivägen har ändrats efter att bakgrundsbilden tagits.

I nedanstående tabell är min fältstyrka angiven och är markerad i respektive diagram

	tid från start, s	Fältstyrka dBμV/m	Latitude	Longitude
Delta	774	47,6	59,353748	17,947248
Torn	1162	44,0	59,355265	17,939135
Solvalla	952	33,8	59,357513	17,942293
Glia	753	42,8	59,354697	17,944478

Tabell 4-20 Min fältstyrka uppmätt vid körning 6

Positionen för min fältstyrka från respektive plats markeras i Figur 4-45.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

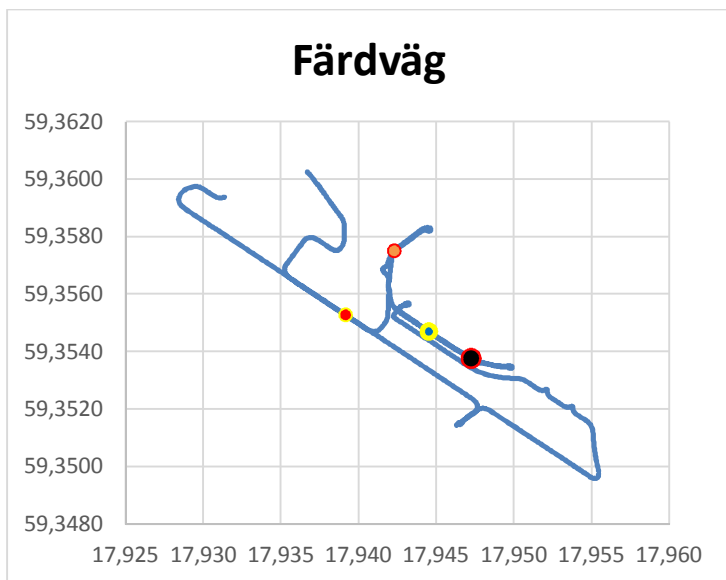
BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

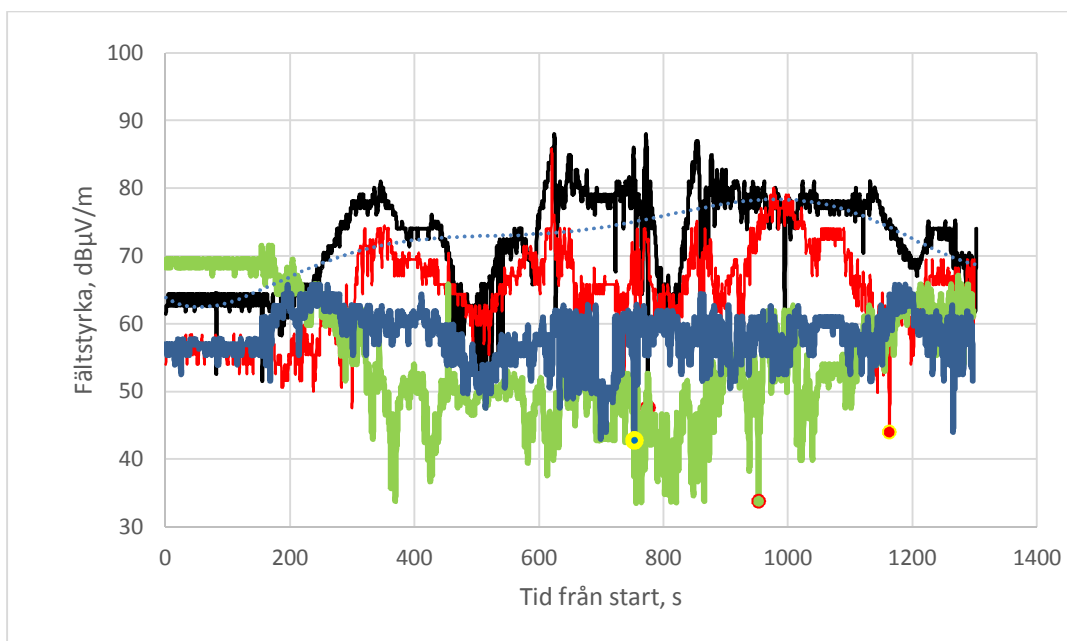
EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS



Figur 4-45 Färdväg för körning 6 med position för min fältstyrka



Figur 4-46 Fältstyrkevariation från 4 platser vid körning 6. Min fältstyrka markerad



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

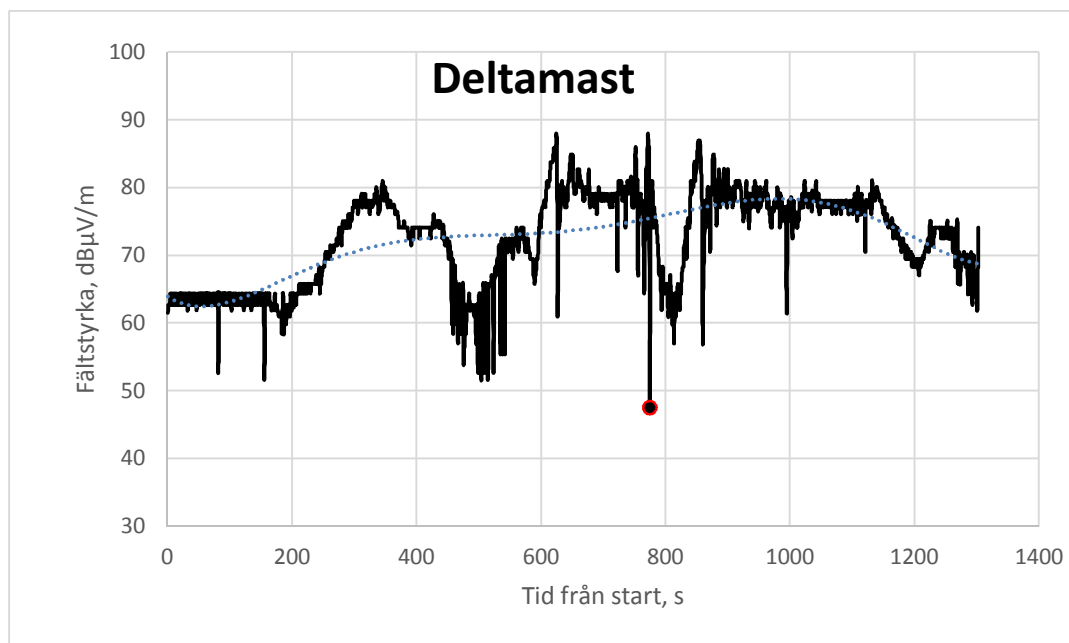
BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

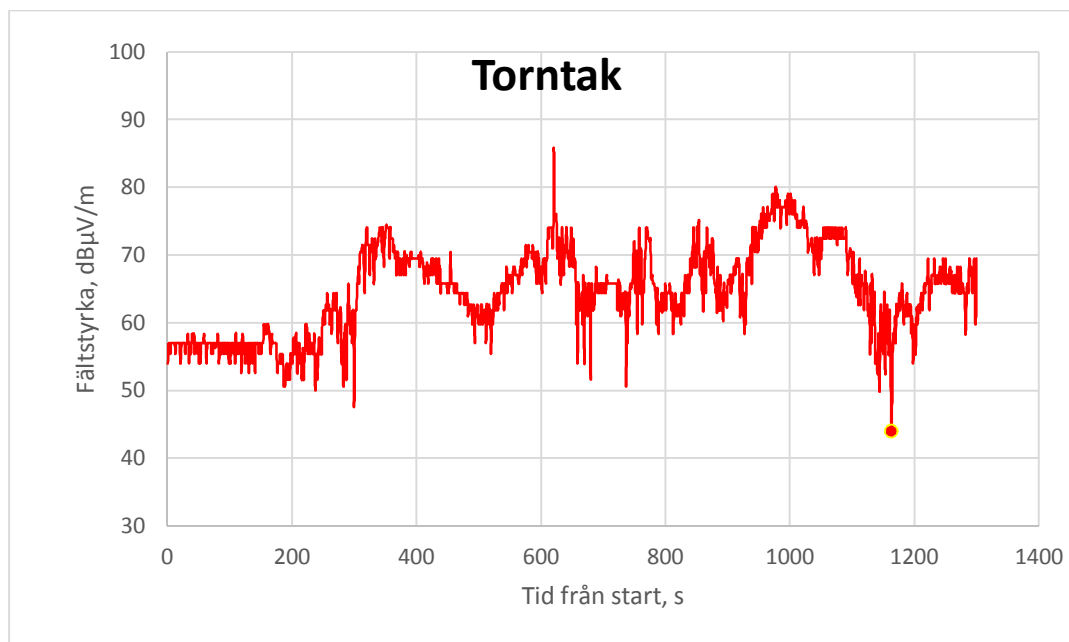
EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS



Figur 4-47 Fältstyrkevariation från Deltamasten vid körning 6. Min fältstyrka markerad



Figur 4-48 Fältstyrkevariation från Torntak vid körning 6. Min fältstyrka markerad



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

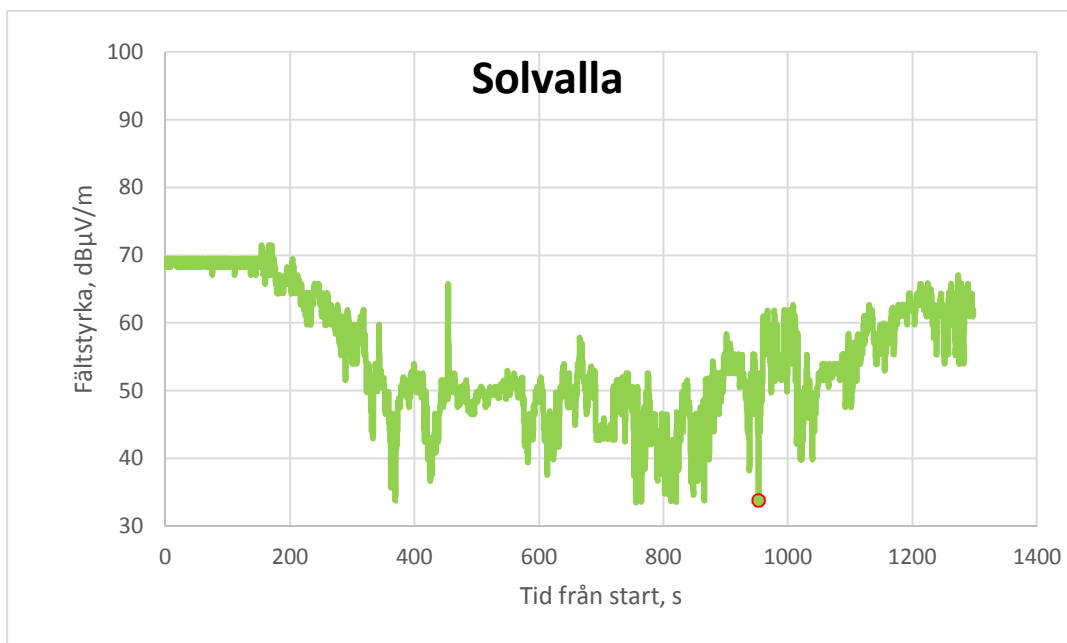
BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

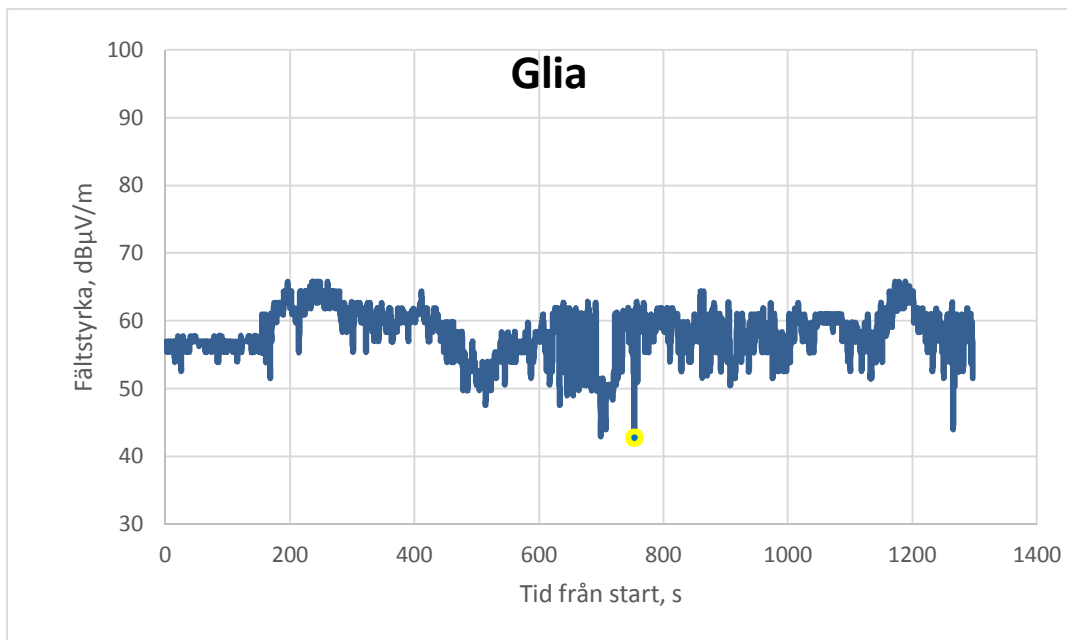
EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS



Figur 4-49 Fältstyrkevariation från Solvalla vid körning 6. Min fältstyrka markerad



Figur 4-50 Fältstyrkevariation från Glia vid körning 6. Min fältstyrka markerad



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

4.2.12.6 Fältstyrka som funktion av avstånd

Fältstyrka som funktion av avstånd från de fyra platserna plottas under följande förutsättningar.

- Masthöjden är densamma som ansattes i Fas 1.
- Antennhöjden på den mottagande antennen på bilen som kördes runt på flygplatsen sattes till 3m.
- Uteffekten från sändaren har angetts till nominellt 22 dBm (mätt 21,4 å 21,6 dBm) inmatad effekt i matarkabeln till antennen. Antennen är en dipol med gain nominellt 2,15 dBi. Vid plottningen har därför ansatts 23 dBm utstrålad effekt med antagande om ca 1 dB förlust i antennkabeln.

Avståndet har med TWR som exempel beräknats med följande formel där Latitud och Longitud är angivna i WGS84 i decimalgrader:

$$\text{Avstånd} = \text{ACOS}(\text{COS}(90 - \text{Latitud}_{\text{TWR}}) * \text{COS}(90 - \text{Latitud}) + \text{SIN}(90 - \text{Latitud}_{\text{TWR}}) * \text{SIN}(90 - \text{Latitud}) * \text{COS}(\text{Longitud}_{\text{TWR}} - \text{Longitud})) * \text{Jordradien}$$

Jordradien sattes till 6390210 m som gav god överensstämmelse med mätning med Google Earth. Den verkliga jordradien är något mindre än ovanstående värde.

Alla punkter är plottade, vilket visar spridningen. Många punkter är skymda av terräng och byggnader vilket ger lägre fältstyrka. Vissa punkter ger högre fältstyrka än beräknat med frirymd, vilket betyder att konstruktiv reflektion skett.

Linjer för beräknad fältstyrka vid frirymdutbredning, planjordsmodellen och den s.k. telekonfliktmodellen från [6] plottas i diagrammen.

Frirymd (frifält)

Beräknad fältstyrka vid frirymd blir enligt [1]:

$$E[\text{dB}\mu\text{V/m}] = P_s[\text{dBW}] - 20\text{LOG}(d[\text{m}]) + 134,8$$

Där E = fältstyrka, Ps = utsänd effekt och d = avstånd

Planjord

Man kan visa att den ökade dämpningen med avståndet som hänger ihop med mottagarantennens mindre area på grund av högre frekvens balanseras av ändrad fasskillnad mellan direkt och från marken reflekterad våg. Avståndet d är stort jämfört med antennhöjderna, d.v.s. $h_t, h_r \ll d$. Ett annat sätt att uttrycka modellens



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

giltighetsområde är att förutsätta att infallsvinkeln mot marken är liten. Observera att frekvensen inte ingår i modellen.

$$L_p = 40\text{LOG}(d) - 20\text{LOG}(h_t \cdot h_r)$$

d = avstånd i m

 h_t = sändarantennhöjd i m h_r = mottagarantennhöjd i m

Detta ger upphov till en tillskottsdämpning relativt fri-rymdutbredning.

Utbredningsdämpningen mellan två isotropiska antenner i fri rymd med f i MHz och d i m enligt [1] är

$$L_{p\text{ dB}} = 20\text{LOG}(f) + 20\text{LOG}(d) - 27,6$$

Och tillskottsdämpningen för planjord blir därmed

$$L_{ptplan} = 40\text{LOG}(d) - 20\text{LOG}(h_t \cdot h_r) - (20\text{LOG}(f) + 20\text{LOG}(d) - 27,6)$$

$$L_{ptplan} = 20\text{LOG}(d) - 20\text{LOG}(h_t \cdot h_r) - 20\text{LOG}(f) + 27,6$$

Telekonfliktmodellen

Tillskottsdämpningen enligt [1] beräknas till:

$$L_{pt_tele} = 20\text{LOG}(d) - 20\text{LOG}(h_t \cdot h_r) - 1,4$$

Platsdata

Plats	Latitud	Longitud	Höjd
Torn	59,35	17,94	28,0
Deltamast	59,35	17,94	23,0
Solvalla	59,36	17,93	37,0
Glia	59,35	17,93	36,0

Tabell 4-21 Platsdata för platser varifrån sändning skedde

Latitud och Longitud anges i tabellen endast med två decimaler men i beräkningarna används värdena med 6 decimaler.

Följande resultat plottat som fältstyrka som funktion av avstånd:

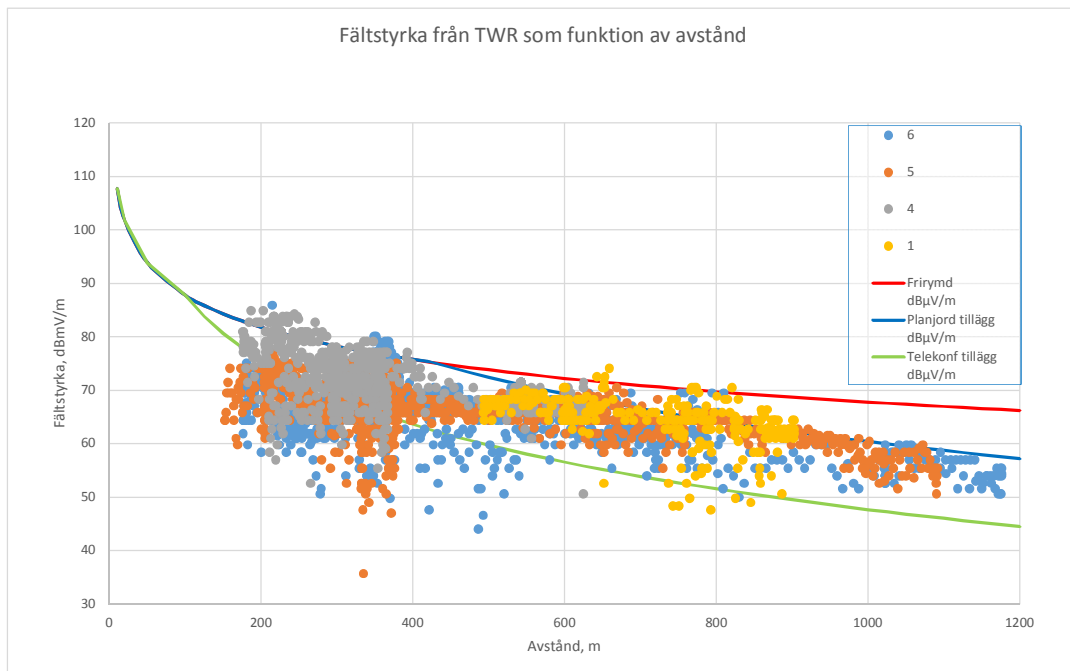


Utförd av

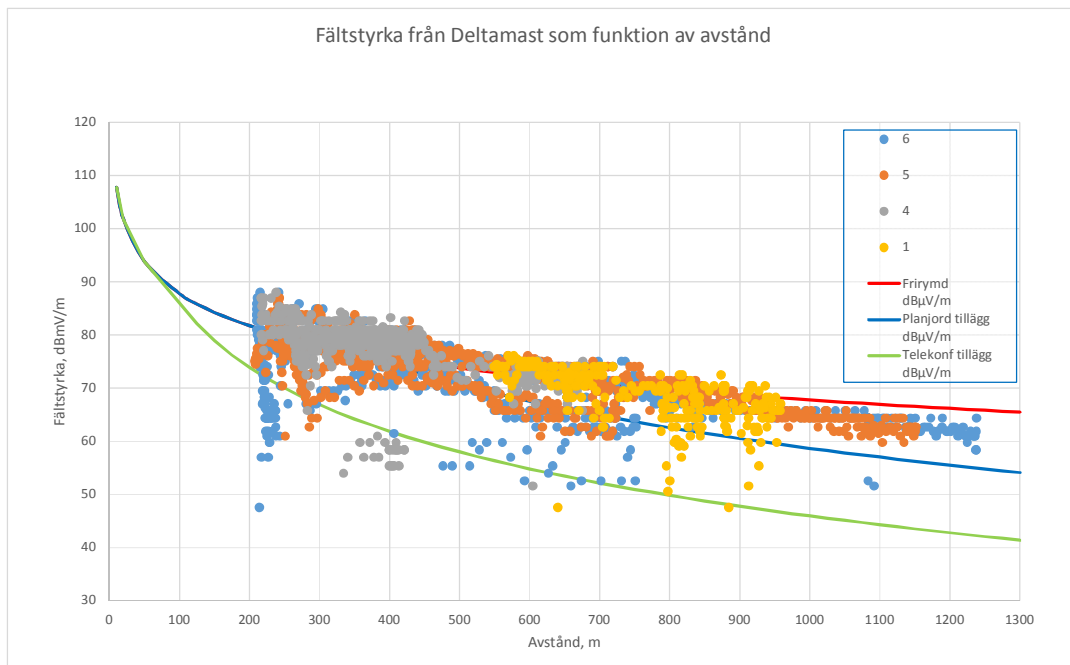
OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED



Figur 4-51 Fältstyrka från TWR som funktion av avstånd



Figur 4-52 Fältstyrka från Deltamast som funktion av avstånd

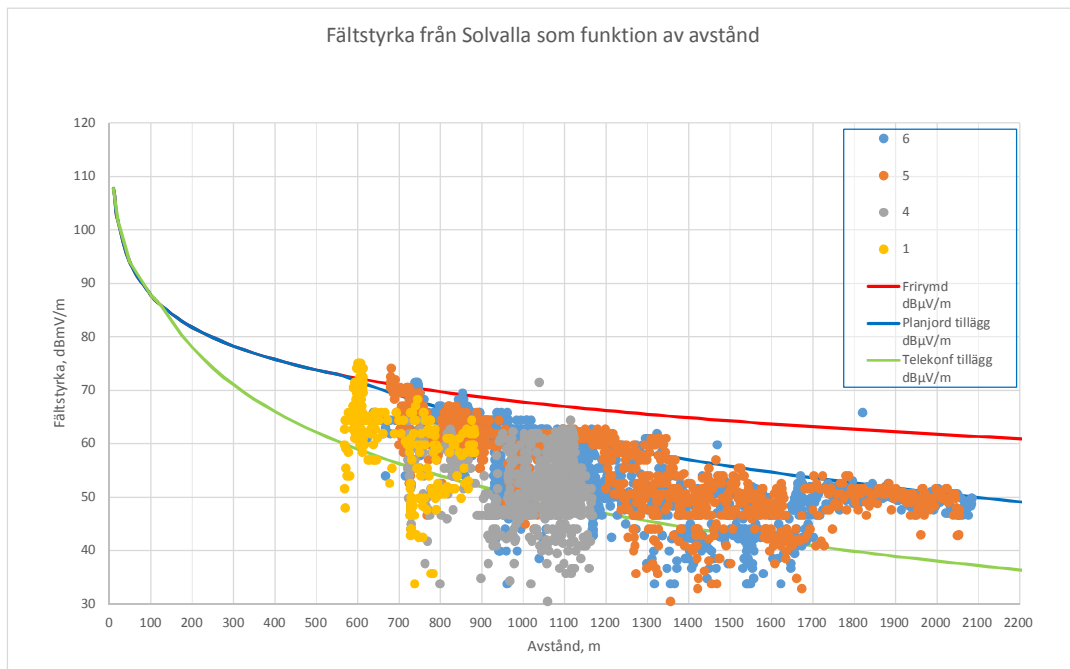


Utförd av

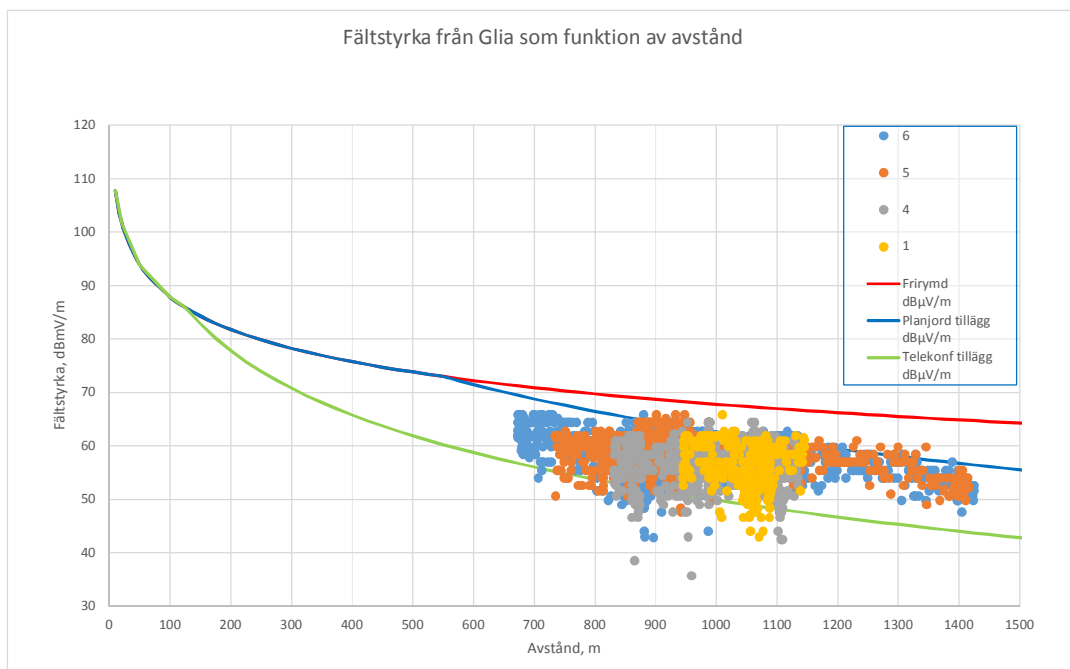
OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED



Figur 4-53 Fältstyrka från Solvalla som funktion av avstånd



Figur 4-54 Fältstyrka från Glia som funktion av avstånd



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

Noteringar

Där det är troligt att det är fri sikt verkar den övre enveloppen av plottade punkter på litet längre avstånd ansluta sig väl till modellen för planjord.

Telekonfliktmodellen underskattar den mottagna fältstyrkan och för aktuell frekvens är skillnaden mellan planjord och telekonfliktmodellen ungefär 12 dB.

Huvuddelen av mätvärdena hamnar mellan dessa två kurvor.

Deltamasten skiljer sig från de övriga platserna genom att signalen till stor del är starkare än modellerna räknar med. Orsaken är okänd men kan vara annat reflektionsmönster, andra antennegenskaper etc. Avstånden har dubbelkollats genom direkt mätning på Google Earth mot avstånd i grafen.

4.2.12.7 Sammanfattning av kartläggning

Sändareffekterna från ”mätsändarna” är uppmätta till mellan 21-22 dBm i sändaränden av matarledningen, vilket blir c:a 25 dB lägre än effekten från en markradiosändare och c:a 18 dB lägre än från en genomsnittlig flygburen sändare.

Minsta registrerade fältstyrka var 30,5 dBμV/m. Upplänk (från verklig markstation till fpl) ger därmed nominellt $30,5 + 25 = 52,5$ dBμV/m som minst.

Om man antar reciprocitet mellan upplänk och nedlänk så blir det för nedlänk (från flygplan till markstation) $30,5 + 18 = 48,5$ dBμV/m. Om man antar något sämre antenn hos ett flygplan så kanske 45 dBμV/m ligger närmare som minsta fältstyrka oavsett trafikriktning. Det är 30 dB lägre än max toppvärde från spårvägen på 10 m avstånd enligt gränsvärdet i standarden

Men det ger inte hela bilden av störsituationen eftersom det är relationen mellan störnivån och nyttsignalnivån som ger vilken inverkan störningen får.

Det bedöms som mycket troligt att slutsatsen från fas 1 att nyttsignalstyrkorna är tillräckliga för att kommunikation mellan flygledare och flygplan på mark inom flygplatsområdet inte störs.

Fallet med kommunikation mark – mark, dvs flygplan till flygplan eller mellan flygplan och fordon kan eventuellt störas om ena abonnenten är långt bort medan den andra är uppställd nära spårvägen. Emellertid pekar simuleringarna som gjorts att taluppfattbarheten ändå blir god även om tal kvaliteten sjunker. Väl ute på bansystemet bedöms risken för störnings-problem vara liten baserat på att det är fritt mellan abonnenterna samtidigt som spårvägen är på relativt stort avstånd och antennhöjden för spårvägen är låg vilket ger hög tillskottsdämpning.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

4.2.13 Diskussion resultat VHF-radio

Utvärderingen går ut på att utröna påverkan då svaga radiosignaler ner emot mottagarens känslighetsgräns tas emot. Det kan förväntas att i de flesta fall så är mottagen bärvågsnivå mycket högre och nu mätta genererade störningar bedöms inte vara ett problem vid mottagning av dessa högre nivåer. Men det finns krav och motiv för att inte försämra mottagningen på en flygplats eftersom det kan finnas situationer då flygplanet inte har full effekt på grund av något fel, eller befinner sig på mycket låg höjd eller att mottagningen är dålig av andra skäl som t.ex. anomalier i antenndiagram.

Taluppfattbarheten bedöms som god i alla gjorda simuleringar. Talkkvaliteten sjunker dock kraftigt då transient som för enstaka uppträdande knappt noteras, mångfaldigas och med hög nivå och prf 10 Hz mixas ihop med talet.

Transienter som klippts ut från en fil registrerad under isbelägningsförhållanden men under modulation där audio-agc sänkt nivån på grund av den mottagna modulationen och som mixas med talet ger mindre påverkan på talkkvaliteten. Det är först då nivån ökas som talkkvaliteten sjunker ner till "poor".

Det är svårt att visa hur hög prf blir för större transienter. Det registrerades transienter som kommer så tätt som med avståndet 1 μ s, men på grund av den smala bandbredden i mottagaren kan de inte lösas upp i enskilda transienter utan förlängs i tid och "flyter ihop" efter filtreringen i mottagaren och kommer att bilda en form av brus.

Det visar sig också att om antenndämpningen är 30 dB, vilket i det här fallet motsvarar 400 m avstånd från spåret i fritt fält, är ett gränsfall att transient kan förnimmas om mottagna bärvågen är omodulerad med nivån -99 dBm. De kan därför knappast vara besvärande om antenndämpningen halveras samtidigt som tal pågår. Fritt fält avstånd 200 m är därför en rimlig gräns baserat på de mätningar som har gjorts här. Transienter under men nära gränsvärdet i standarden har genererats då tåget passerat en sektionsisolator i samband med växling från ett spår till ett annat.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

4.3 Prov med Airport Radio, SEPURA handstation

Tidpunkt. Proven genomfördes natten mot måndag 2016-02-08.

Väder. Plusgrader rådde. Det hade regnat tidigare på kvällen och i samband med förberedelser och uppkoppling, men timmen innan mätningarna påbörjades hade regnet slutat.

Kopplingsläge. Värsta fallet av kopplingslägena enligt Tabell 3-8 användes, dvs kopplingsläget mellan 02:47 – 03:21. Tåget kördes långsammare än mot natten till fredag, men det var fullt pådrag genom växeln.

Genomförande och resultat. Uppkoppling för att genomföra stegen enligt 3.7.4.2 gjordes. Tyvärr så visade det sig att det inte gick att dämpa ner signalen så att känslighetsgränsen nåddes på det avstånd som var förhånden mellan sändare och mottagare. Sändarantennen sattes på en kabel fixerad strax utanför bilfönstret. Inte ens med hög dämpning, nominellt långt mer än 100 dB kunde signalen dämpas ner till mottagarens känslighetsgräns.

Handstationen kopplades bort från sin antenn och antennen ersattes med en 2W SMA 20dB-dämpare och 50 ohm avslutning skruvad direkt på antennanslutningen på den sändande stationen. Stationen hölls därefter i handen inuti bilen. Inte ens då blev signalstyrkan så låg att känslighetsgränsen nåddes på mottagaren. Denna konfiguration kallades "*Dämpad antenn*". Med sändaren sålunda konfigurerad placerades den bakom likriktarstationen så att den kom emellan sändaren och mottagaren. Signalen blev mycket lägre, men ändå inte så låg att känslighetsgränsen var nådd. Om dämpning görs vid mottagaren också så kommer störningen också att dämpas, varför det inte gjordes.

Inga vidare experiment kunde göras eftersom det var dags för prov. Det beslöts att göra proven med sändaren inuti bilen och med *dämpad antenn*. Den logperiodiska antennen var riktad mot spårvägen varför den verkliga fältstyrkan inte registrerades, men skillnaden i fältstyrka mellan normalantenn och *dämpad antenn* noterades till ca 28-30 dB.

I inget fall noterades störning under provet. Analysen efteråt visar att det förekom en transient i Ch2 i fil nr 93 då normalantennen användes. Det har inte utvärderats om det finns en koppling till att RF-transient också registrerats från mätantennen. Eftersom det inte förekom påverkan i övriga körningar så är det möjligt att transienten i fil nr 93 beror på något annat.



Utförd av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

5 ÅTGÄRDSFÖRSLAG FÖR STÖRNINGSREDUKTION

5.1 Allmänt

Transientier. De transienter som noterades i samband med tal lät som knaster från en äldre grammfonskiva. En enskild eller ett fåtal transienter bedöms inte vara störande medan ett stort antal kan vara det. Det är svårt att bedöma hur ofta de uppträder i samband med isbildning, men även om de är störande så har talet uppfattats också då intensitet och repetitionsfrekvens varit högre än det som förekom vid mätningarna genom att kopiera, mixa och simulera fler transienter än de som förekom vid provet. Transienter i audio från mätningen har kopierats och mångfaldigats och mixats med den inspelade talströmmen och påverkan har objektivt utvärderats med hjälp av en algoritm enligt ITU-T Rec. P.862 PESQ, se 4.2.11.

Brusstörning. Det förekom en bredbandig degradering i mottagarens audioutgång i en form som närmast liknar brus då tåget passerade. Eftersom brusspärren är inställd att kräva ca 20 dB signal-till-brus-förhållande för att kanalen skall vara öppen finns en risk för falsk brusspärrestängning vid svag mottagen bärvåg. Det inträffade inte vid mätningarna vid växelgenomgången men en genomgång av inspelat material visar att marginalen var liten. Ytterligare genomgång av inspelat material visar att brusspärrestängde då tåget var mitt framför antennen vid två tillfällen under de inledande proven då tåget användes i normal trafik utan att passera växeln.

5.2 Motivering för att införa åtgärder

Låt oss primärt fokusera på normal "Pantograph Arcing" (PA), dvs. inte den som genereras vid isbildning. Det är denna PA som man mätt upp tidigare (Lucca, Brillante et al., Guodong et al., Deniau et al., med flera).

En slutsats som dragits i dokument med Saab reg.nr. LN-0128024 är att emissionskraven i 50121-2 täcker in "normal" PA (intermittenta bågurladdningar på grund av strömvtagarens zigzag-rörelse, variationer av avståndet mellan strömvtagare och kontaktledning mm) men inte PA från diskontinuiteter (isolation) mellan delar av kontaktledningen och ej heller PA på grund av isbildning.

Och också angående denna normala PA.:

"I kapitlet om "DC Traction Systems" i [1], ... står att "The zigzag motion of the pantograph generates these high transients..."

Vidare, i Brillante et al. listas diverse orsaker till PA under normala förhållanden.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

I Mariscotti, Deniau [2010] och i Slimen et al. [2009] konstaterar man (för normal PA) att "The average time separation of subsequent electric arcs impulses belonging to different transients was estimated ...to be 3.7 μ s ..." Det är alltså en mycket hög PRF man talar om (även om transienterna förmodligen kommer i form av skurar vilket minskar risken för allvarliga störningar av talsekvenser). Man har här undersökt AC-drift men det viktiga är att man funnit oerhört mycket högre PRF än vad som ges av nollgenomgångarnas 100 Hz (I Sverige används 16 2/3 Hz i AC-driften vilket ger nollgenomgångar med 33 1/3 Hz). Jämför även exempel på nu gjorda registreringar presenterade i Figur 4-3 och Figur 4-4.

I DC-fallet får man vid isbildning förmodligen en ökning i intensiteten, dvs. en ökning pulsrepetitionsfrekvensen för transienterna, eftersom även ett tunt lager av is kan förväntas bryta kontakten mellan kontaktledning och strömvtagare. Man borde alltså kunna förvänta sig att avbrott oftare orsakas av ett islager i DC-fallet (lågspänning, i vårt fall 750 Volt) än i AC-fallet. Det låga värdet på drivspänningen i DC-fallet kräver dessutom, också under isfria förhållanden, att avståndet mellan kontaktledning och strömvtagare är litet för att en återtändning ska kunna ske. Genom att spänningen är konstant kan dock inte ett lager av is, till skillnad från AC-fallet, "tvinga" fram en återtändning vid en högre nominell spänningsnivå (och därmed ge en högre strömderivata) jämfört med isfria förhållanden. Det kan därför förmodas att man kan få en ganska hög PRF också i DC-fallet.

Motiv

Nedanstående argument kan föras fram för att införa dämpning av störande signaler från spårvägen vid Bromma.

1. Det är sannolikt det täta pulståget av normal bildning av små ljusbågar, dvs. mycket korta ljusbågar som inte orsakas av isbildning eller av kraftiga svängningar i kontaktledningen, som orsakar den höjning av bakgrundsbruset vid låga bärvågssignaler som detekterades i radion.
2. Eftersom denna brusnivå kan skapa problem visavi S/N-kriteriet på 20 dB och orsaka stängning av brusspärren hos VHF-mottagaren vid låga fältstyrkor hos bärvågen, bör åtgärder i någon form vidtas. Denna typ av brusmatta är enligt standarden acceptabel så länge som den understiger gränsvärdet i standarden.
3. Isbildning förmodas allmänt ge högre nivåer på PA, som kanske t.o.m. överskrider standardens gränsvärden, men kanske inte så hög pulsrepetitionsfrekvens (PRF) att det skapar problem med hörbarheten. Eftersom det dock inte kan bevisas att PRF:en inte kan bli oacceptabelt hög kan åtgärder motiveras även för detta fall.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

4. Med tanke på de höga krav på total frånvaro av incidenter under 40 år som nämnts, rekommenderas att åtgärder införs.

Dämpningsbehov

För avstånd 50 m (deltamasten som står närmast) bör marginalen förbättras med åtminstone 6 dB för att hindra att mottagarens brusspärre stänger på grund av brushöjningen, vid bärvågsnivå -93 dBm. För att skydda även bärvågsnivå ner mot -100 dBm bör marginalen ökas med ytterligare 6 dB. Det ger totalt 24 dB dämpning från spåret och motsvarar 200 m avstånd i fritt fält. De annars höga transienterna kommer att förekomma med låg nivå då ingen modulation pågår, men bedöms inte som besvärande då tal pågår.

Förslag på åtgärder

Dämpningsbehovet bygger på att framtida tåg inte ger mera störning än vid dessa mätningar. För att uppnå det kan följande åtgärder, eller kombination av åtgärder, övervägas:

1. Komplettering med ny mottagarmast på längre avstånd (>200 m)
2. Skärmning ± 200 m utefter den sträcka av spårvägen som ligger närmast deltamasten och TWR.
3. Justering av inställning av brusspärre från dagens 20 dB till 15 dB. Detta är en alternativ åtgärd som tas till om åtgärd 1 och 2 vid något tillfälle skulle visa sig otillräcklig och genomförs då i samråd med LFV som idag äger och förvaltar VHF radion

Ny mottagarmast på tillräckligt avstånd (>200 m) från spårvägen täcker ensamt in behovet av dämpning och åtgärd 2 och 3 bedöms därför kunna utgå om åtgärd 1 införs. Det förutsätts att även mottagarna i tornet kompletteras med mottagare i den nya masten.

Den uppmätta störningsnivån från tåget varierade från passage till passage men samtliga passager gav värden som var lägre än standardens gränsvärde. Om standardens gränsvärde ska vara dimensionerande är det motiverat att öka marginalen med åtminstone 6 dB, vilket för fritt fält leder till att avståndet >200 m bör ökas till >400 m.

5.3 Komplettering med ny mottagarmast

Den effektivaste åtgärden torde vara att bygga en ny mottagarmast med nya mottagare på avstånd >200 m (alternativt >400 m, se "förslag på åtgärder" under punkt 5.2) från spårvägen. Om sändarna och mottagarna har kvar sina ursprungliga platser ändras inte den ursprungliga täckningen för området. Om dessutom



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

mottagarna kompletteras med mottagare i ny mast ökas redundansen samtidigt som övergången blir mindre komplicerad än om mottagare ska flyttas.

Projektering görs inte i denna rapport men en grov uppskattning av kostnaden görs nedan. Uppskattningen blir grov eftersom kostnaden kan variera stort på grund av olika förutsättningar på olika platser.

En mast som liknar en belysningsstolpe, och som inte är klättringsbar utan vid installation och underhåll måste sky-lift eller liknande användas kan med installation gå på 150 – 300 kkr. Projektering, kablage, antenner och radiomottagare tillkommer.

En klättringsbar mast med gjutet fundament kan röra sig om 150 kkr för själva masten och 400 kkr med fundamentet gjutet på plats. Även här tillkommer kostnader för projektering, kablage, antenner och radiomottagare.

5.4 Skärmning

5.4.1 Uppskattning av kniveggsdämpning

Skärmning med ett nätstaket kan visa sig effektivt om det är tillräckligt högt. Staketet måste täcka in första Fresnelzonen enligt bild nedan utgående från kontaktledningen för att ge god dämpning av transienterna. Dessutom bör andra detaljer täckas in eftersom de kan uppträda som reflektorer och sekundära antenner.

Staketet kommer att bli en knivsegg i utbredningen mellan spårvägen och mottagarantennen. Dämpningen kan teoretiskt bedömas utifrån hur långt knivseggen tränger in i 1:a Fresnelzonen. Kompendiet ”*The Planning and Engineering of radio-relay networks*” av Heinz Karl och Rolf Persson anges formler för beräkning av dämpningen.

Fresnelzonens radie:

$$r = 17,3 \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{f \cdot d}}$$

- r radien i m av 1:a Fresnelzonen vid en viss punkt
- d avståndet från ena ändpunkten (kontaktledningen) till andra ändpunkten (antennen) i km
- d₁ avståndet från ena ändpunkten (kontaktledningen) till kniveggspunktens vertikala skärningslinje med siktlinjen i km
- d₂ d – d₁, i km
- f radiofrekvensen i GHz



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

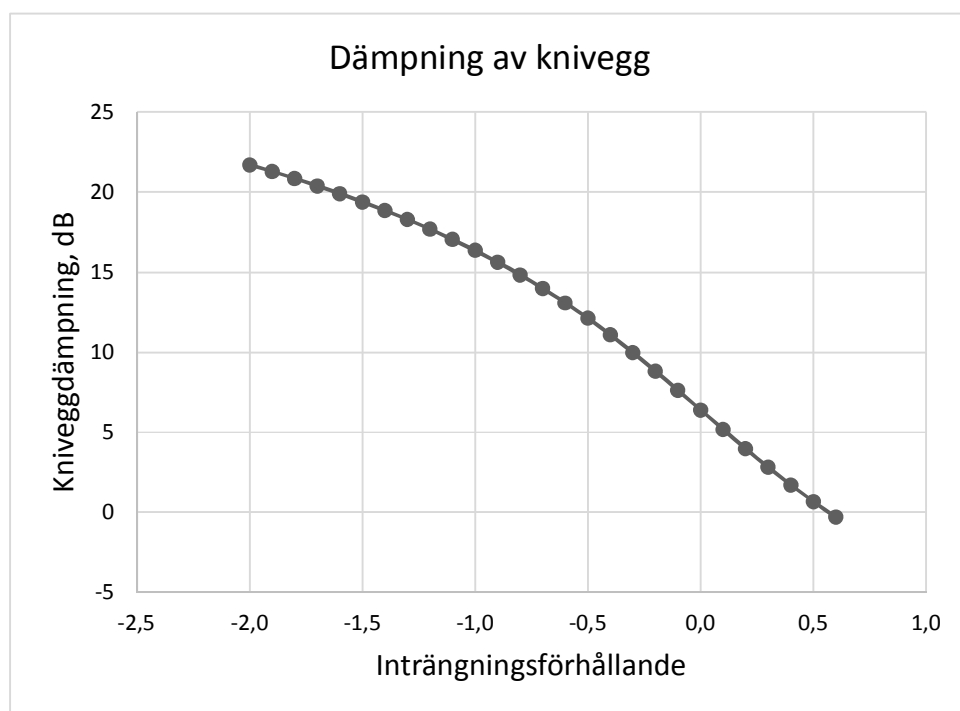
EJ FÖRSVARSEKRETESS

Inträngningsdjupet i 1:a Fresnelzonen bestäms som skillnaden i höjd (Δr) mellan siktlinjen (LOS) mellan antennerna och knivseggen. Δr är positiv om knivseggen inte når upp till siktlinjen och negativ om den tränger in ovanför siktlinjen.

$$v = \frac{\Delta r}{r}$$

Dämpningen beräknas som $A \approx 6,4 - 20 \cdot \text{LOG}(v\sqrt{2} + \sqrt{1 + 2v^2})$

Dämpningen som knivseggen lägger till som funktion av inträngningsförhållandet kan därför plottas enligt formeln ovan.



Figur 5-1 Dämpning med knivsegg som funktion av inträngningsförhållande

Vid inträngningsförhållandet 0,0 når knivseggen precis upp till siktlinjen och vid -1,0 når den precis upp till den övre gränsen för första Fresnelzonen..

Föreslagen höjd: Staketets egen dämpning uppskattas till 20-25 dB men kniveggsdämpningen med diffraktionen runt kanten innebär att staketet blir högt om det ska vara i samma storleksordning. En lämplig kniveggsdämpning kan vara i storleksordningen 16 dB, vilket approximativt inträffar ungefär då staketets övre kant når upp till den övre gränslinjen för 1:a Fresnelzonen se den blå linjen i Figur 5-2 och Figur 5-3. På avstånd 4 m ger det höjden 10,5 m. Tänk dock på att det är



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

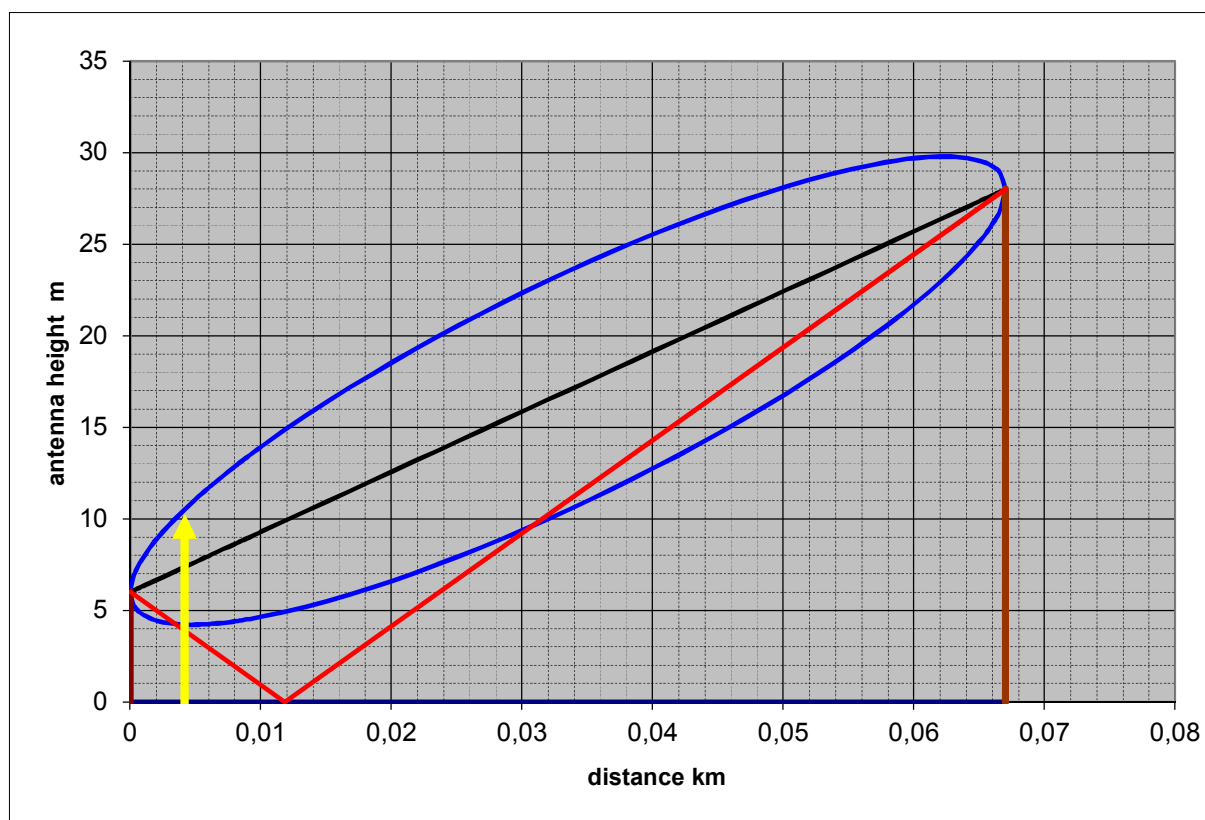
dubbelspår så stängslet behöver vara högre om det ska täcka båda spåren genom att avståndet blir längre till det bortre spåret.

Det kan förväntas att dämpningen ökar något om överdelen av staketet vinklas in mot spårvägen.

Beräkning av den verkliga dämpningen är mycket komplex och detaljerad kännedom om omgivningen är då nödvändig. Därför är beräkningarna här att se som en uppskattning.

Masktätheten för de frekvenser som är aktuella här räcker med det som är normalt för ett "Gunnebo"-stängsel, typ 5 cm i kvadrat. Nyligen gjorda mätningar och beräkningar har visat att de inte behöver vara i elektrisk kontakt i knutpunkterna.

5.4.2 Tornet



Figur 5-2 1:a Fresnelzonen från spårvägen till TWR

Här antas att kontaktledningens höjd är 6 m och tornantennernas höjd är 28 m och avstånd 67 m. Då blir siktlinjen det svarta strecket i Figur 5-2 och radien för 1:a Fresnelzonen anges av den blå linjen. Den röda linjen visar reflektionspunkten i



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

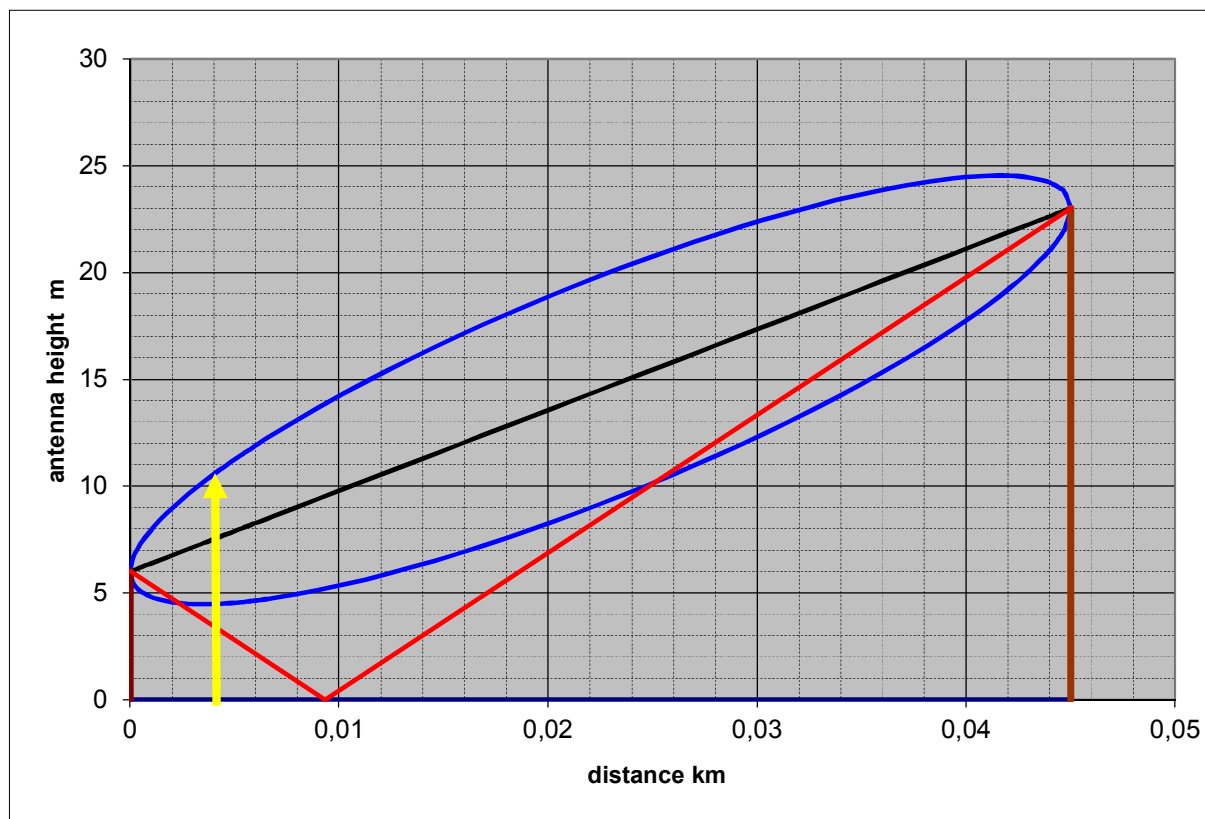
Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

marken mellan antennerna, men är inte av så stort intresse här eftersom staketet kommer att dämpa signalen i riktning mot marken.

På avståndet 4 m (dvs 0,004 km i figuren) så kan dämpningen uppskattas till ca 16 dB för ett staket som når upp till 10,5 m enligt figuren ovan. Radien är där ca 3 m och dämpningen kan bli upp till 22 dB för ytterligare 3 m höjd vid inträngningsförhållande -2,0 i Figur 5-1.

5.4.3 Deltamasten



Figur 5-3 1:a Fresnelzonen från spårvägen till deltamasten

Här antas att kontaktledningens höjd är 6 m och antennhöjd i deltamasten 23 m och avstånd 45 m. Då blir siktlinjen (line-of-sight, LOS) det svarta strecket i Figur 5-3 och radien för 1:a Fresnelzonen anges av den blå linjen. Den röda linjen visar reflektionspunkten i marken mellan antennerna, men är inte av så stort intresse här eftersom staketet kommer att dämpa signalen i riktning mot marken.

På avståndet 4 m (dvs 0,004 km i figuren) så kan dämpningen uppskattas till ca 16 dB för ett staket som når upp till 10,5 m enligt figuren ovan, dvs staketet kommer att dämpa ungefär lika mycket mot tornet och masten för ungefär samma höjd på staketet.



Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS

5.5 Mot flygplan på uppställningsplatser

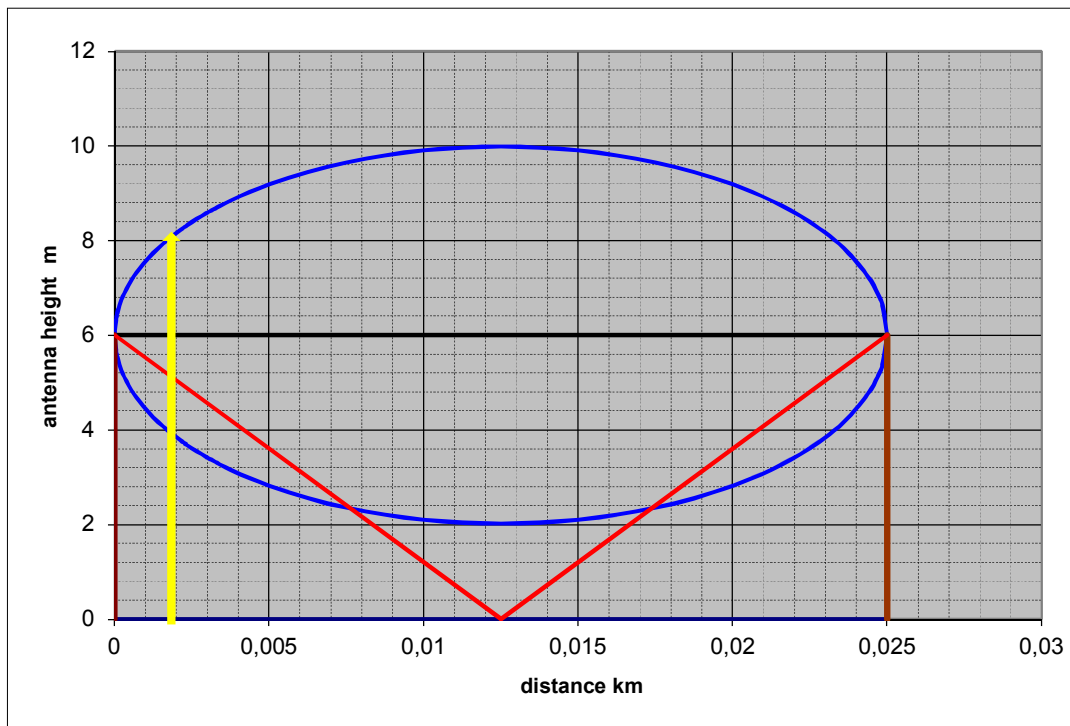
Ett lägre staket kommer att göra viss verkan mot flygplan på uppställningsplatser. De kommer normalt att höra tornet och Deltamasten bra med hög fältstyrka, men enligt påpekande från LFV kan det också vara av värde att höra andra flygplan på marken. De mätningar som genomförts är inte relevanta för detta fall som gäller kommunikation mellan två antenner på låg höjd. Vid kommunikation mellan två flygplan ute på bansystemet så är spårvägen på långt avstånd och störningarna har dämpats samtidigt som nyttosignalen då är högre.

Ett staket för att täcka detta fall behöver inte vara riktigt lika högt, men ca 9 m vid avstånd 4 m sett från spårvägen. Notera att det finns dubbelspår så avståndet från det borte spåret blir längre och därmed fordras högre staket för samma dämpning. Här antas att flygplanets antenn sitter på 6 m höjd, men bukantenn kan antas vara på 2 m höjd, vilket är något mera gynnsamt.

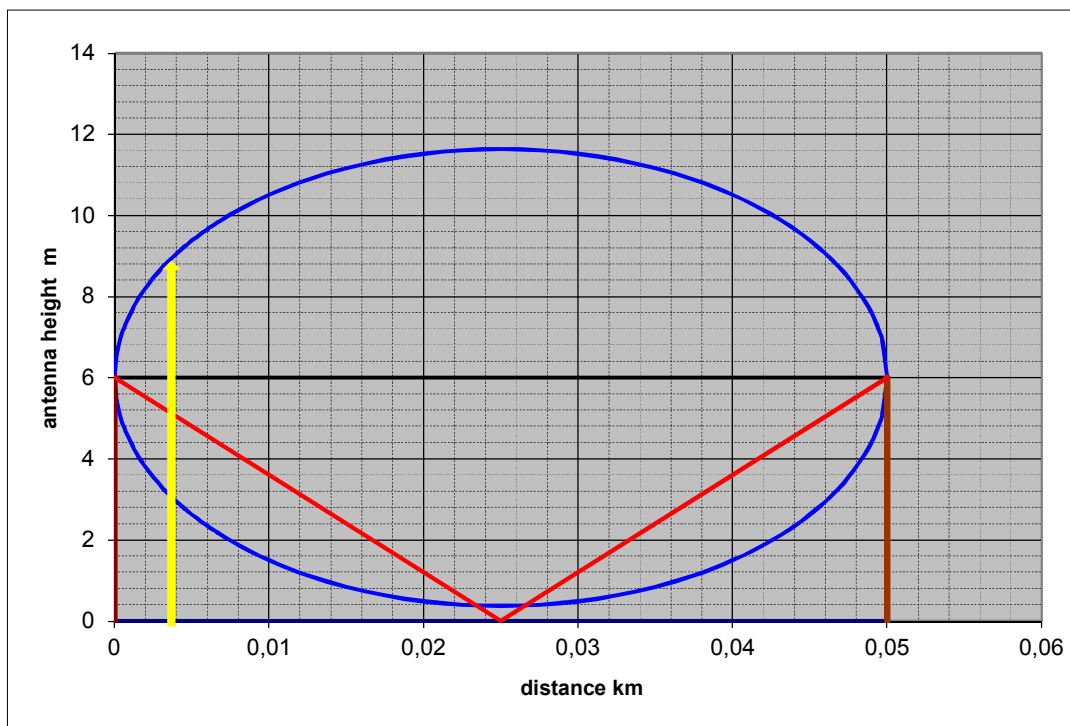
Kommunikation flyg-flyg med ena eller båda flygplanen på marken är viktigt ur flera aspekter såsom uppfattbarhet men också för att veta att sändning pågår och när den är avslutad för att undvika dubbelsändningar i en intensiv radiotrafikmiljö. Sändningar från flygplan på nära håll bedöms ge tillräcklig signalstyrka för att undertrycka störningar från spårvägen. För de flygplan som är uppställda närmast spårvägen kommer störningen att påverka mottagning av låga fältstyrkor från sändning från flygplan på långt håll. Det är då osäkert om flygradions brusspär, i likhet med markmottagaren vid lågt signalbrusförhållande, kan komma att stänga mottagningen. Även om det mottagande flygplanet på marken inte nödvändigtvis behöver uppfatta vad som sägs så måste det kunna uppfattas att sändning pågår och när sändningen är slut och kanalen fri för att undvika att sändning från markflygplanet påbörjas och stör ut mottagningen från flygplanet i luften i tornet. Om det visar sig att detta är ett problem i praktiken så kan skärmning längs flygplansuppställningsplatser vara en möjlig åtgärd för att öka dämpningen mot flygplan uppställda närmast spårvägen.

Skärmning för flyg-flyg kan som alternativ ske nära uppställningsplatsen istället för nära spårvägen i och med att antennhöjden för flygplan på mark är lägre än vad som är fallet med en mast.

Nedan visas Fresnelzonen för avstånd 25 m respektive 50 m med kontaktlina och antenn båda på 6 m höjd.



Figur 5-4 1:a Fresnelzonens utbredning mellan två 6 m master på 25m avstånd



Figur 5-5 1:a Fresnelzonens utbredning mellan två 6 m master på 50 m avstånd

**SAAB****RAPPORT**

87 (87)

Utfärdad av

OFTSBA / Alf Nilsson

Informationsklass exportkontroll

NOT EXPORT CONTROLLED

Datum

2016-05-16

Utgåva

2.0

Dokumentidentitet

BMA-16:0001

Informationsklass företagssekretess

EJ KLASSAD

Informationsklass försvarssekretess

EJ FÖRSVARSEKRETESS**5.6 Ändring av inställning för brusspär**

Ändring av inställningen för brusspärren (*S/N Squelch Threshold* enligt Tabell 3-5) påverkar inte störningen som sådan, men kan öka marginalen för falsk brusspärstängning. Inställningen är i dagsläget 20 dB. Den provade radion, R&S 4200, har inställningsområde från 6 dB till 20 dB.

Inställning av brusspärren till 15 dB ger 5 dB större marginal mot falsk stängning. Mottagaren kommer ändå att öppna vid ungefär samma nivå som idag, eftersom ”*RSSI Squelch Threshold*” är inställd på 2 µV, vilket ger öppning vid -101 dBm och båda villkoren (”AND”) måste vara uppfyllda för att brusspärren ska öppna. Ändring från 20 dB till 15 dB innebär minskad olägenhet av de störningar som kan inträffa. Den innebär inga direkta större kostnader men kräver att LFV/Swedavia accepterar detta som en del i en komplett lösning.

Det kan också vara värt att tänka på att tågen, och ev framtida tåg, kan stråla ut brus upp till den nivå som anges i standarden,.