



Undersøgelse af fejl ved transiente målinger udført med Geonics Protem 47 måleinstrumentet



INDHOLD

1 Forord.....	2
2 Analyse.....	3
2.1 Måleresultater.....	3
2.2 Mulige fejlkilder.....	4
2.3 Sammenligning af måleserierne fra Testlokalitet Århus.....	6
2.4 Testmålinger på højmodstandsjord.....	7
3 Referencer	9
Appendiks A: Test af temperaturens indflydelse på TEM målinger.	10
Appendiks B: Test af senderudlæggets nøjagtighed	13
Bilag	15



1 Forord

Til hjælp i kvalitetssikringen af TEM målinger i Danmark i forbindelse med grundvandskortlægningen er der i GeoFysikSamarbejdet oprettet en testlokalitet ved Århus (se "Testlokalitet Århus").

Det er hensigten, at de enkelte rådgivere skal foretage sonderinger på denne testlokalitet og dermed gennem sammenligning med standardmåleserier og standardmodeller fra lokaliteten afgøre, om deres instrumenter måler tilstrækkeligt korrekt.

Det er ligeledes hensigten med testlokaliteten, at der i forbindelse med en kortlægning måles med de pågældende instrumenter på lokaliteten, og at resultaterne herfra vedlægges afrapporteringen i relation til kvalitetssikringen (se "Vejledningen i udførelse af TEM målinger")

For at få et overblik over de i Danmark anvendte TEM måleinstrumenters tilstand, har de enkelte rådgivere foretaget testmålinger på testlokaliteten efter GeoFysikSamarbejdets anvisninger. Disse testmålinger er udført i foråret og forsommeren 2001 og er sammenfattet i det følgende.

Af de rådgivere som ejer TEM instrumenter har følgende vist stor interesse og velvillighed deltaget med deres måleinstrumenter: Dansk Geofysik, HOH, Rambøll og WaterTech. Endvidere har Geofysisk Afdeling medvirket med deres udstyr. Alle instrumenterne i testen er leveret af firmaet Geonics, Canada.

De enkelte rådgiveres resultater er omfattet af fortrolighed mellem rådgiverene og GeoFysikSamarbejdet, således det ikke i det følgende er muligt at identificere hvilke måleserier, der stammer fra den enkelte rådgiver. Dog vil hver enkelt

rådgiver få oplyst, hvilken status deres eget udstyr har. Hvis man som klient ønsker at vide, hvilken status rådgiverens instrumenter har, må man rette henvendelse til denne.

Det samlede resultat af de mange testmålinger er, at der i forhold til tidligere er større overensstemmelse mellem resultaterne målt med de i testen deltagende instrumenter. Grunden hertil er, at der gennem de sidste par år er lagt et stort arbejde fra rådgiverenes side i at teste og få udbedret eventuelle fejl og misfunktioner på instrumenterne.

Det er dog stadig således, at spredningen af resultaterne ikke er tilfredsstillende i forhold til den nøjagtighed, der ønskes i kortlægningen.

Gennem en analyse af problemstillingen har GeoFysikSamarbejdet givet en anvisning på, hvorledes denne spredning kan minimeres ved hjælp af kalibreringer af de enkelte instrumenter i forhold til en standard måleserie og en standardmodel.

Det vil dog være ønskeligt -og på længere sigt nødvendigt-, at der fra leverandørens side gøres en indsats for at få en større ensartethed i instrumenternes funktionalitet. GeoFysikSamarbejdet såvel som rådgiverene har haft kontakt med leverandøren (Geonics, Canada) for at gøre denne opmærksom på problemstillingen.

Dette har dog ikke afstedkommet noget fremskridt i retning af, at den danske instrumentpark er blevet opgraderet. Da leverandøren i praksis er den eneste på markedet med hensyn til fremstilling af modtagere, er der p.t. ingen alternativer for rådgiverene.



2 Analyse

I Bilag 1 er vist spredningen mellem måleserierne fra de enkelte udstyr for sonderingen foretaget på Testlokaliteten ved Århus. Spredningen er størst til tidlige tider (UH segmentet), mens den er mindre til sene tider (VH og HI segmentet). Man skal lægge mærke til, at to af måleserierne for VH og HI segmenterne er parallelforskuet i forhold til de øvrige måleserier.

I det følgende gennemgås de forskellige fejlkilder, der kan ligge til grund for en forklaring af spredningen mellem de enkelte måleserier

2.1 Måleresultater

Forskydning af måleserier til sene tider

Bilag 2 viser HI segmentets måleserie for samtlige instrumenter. Måleserierne er stort set sammenfaldende inden for en acceptabel usikkerhed (5%), med undtagelse af to outliers, som er parallelforskuet i forhold til de øvrige serier.

Det iagttages derudover, at en af måleserierne har et lavere niveau tidligt i segmentet. Dette skyldes, at der i HI segmentet for det pågældende udstyr er indbygget et 37 kHz lavpasfilter til ekstra støjundertrykkelse. Filteret inddrages i modelleringen af måleserierne fra det pågældende instrument og har derfor ingen betydning i denne sammenhæng.

En parallelforskydning af måleserierne kan skyldes to forhold:

- senderarealet har ikke været det samme som for de øvrige måleserier,
- senderstrømmen har været forskellig.

På Testlokaliteten er udlægget af senderspølen præciseret i kraft af markeringsstokke i de fire

hjørner af spølen. Derved er usikkerheden i udlægget af senderspølen lille, og en parallelforskydning af måleserierne skyldes derfor sandsynligvis fejl i strømmålingen i senderen.

Bilag 2 viser samtlige måleserier efter de to outliers er parallelforskuet, således at de falder sammen med de øvrige måleserier. Serierne er parallelforskuet med en faktor på henholdsvis 1,07 og 1,09.

En parallelforskydning på grund af strømfejl er uafhængig af den elektriske modstand af jorden. Derfor kan man benytte kalibreringsfaktorer til at rette op på problemet, såfremt det kan påregnes at være et stabilt fænomen for senderne.

Spredningen i måleserierne til tidlige tider

Et TEM udstyr består af en sender, en modtager, en modtagerspøle og en senderspøle, samt en referenceforbindelse mellem modtager og sender.

En måling foretages ved, at der sendes korte strømpulser ud i senderspølen, hvorved der i jorden opstår magnetiske henfald. Disse henfald måles med modtagerspølen og modtageren, og resultaterne lagres i denne (se "Protem 47D operating manual")

Variation i synkronisering

Modtageren er Master i måleforløbet. Det vil sige, at det er modtageren, der gennem et referencekabel til senderen styrer, hvornår denne skal tænde og slukke for strømmen i senderspølen.

I senderen er der af elektroniske årsager indbygget et tidsdelay fra det tidspunkt, hvor senderen



får at vide, at den skal slukke for strømmen, til det tidspunkt, hvor den reelt gør det.

Dette tidsdelay har vist sig at have en betydelig spredning i sin størrelse i forhold til de krav, man vil stille til dette i kortlægningen.

For at kunne analysere konsekvenserne af variationer i synkroniseringen mellem sender og modtager, er der foretaget en række modelanalyser i analyseprogrammet Emma.

Modelanalyserne er baseret på halvrumssvar, og den elektriske modstand i dette er henholdsvis 30, 60 og 120 ohmm.

Der er foretaget modelleringer af svar for en forskydning af tidsdelayet på henholdsvis 0,5 og -0,5 microsekunder. Modelleringerne er vedlagt som bilag 3.

Øverst på bilaget er skitseret slukkeramperne for de tre forskellige tidsdelay. Herunder er vist dels modelreponserne, dels den relative forskel mellem de tidsforskudte modelreponser og svaret, som ikke er tidsforskudt. Modelreponserne er vist for alle 3 halvrummodstande.

Af bilag 3 med de relative afvigelser fremgår det, at modelreponsernes variation som funktion af tidsforskydningen er modelafhængig. Jo højere elektrisk modstand i halvrummet, jo større relativ forskel.

Laboratorieundersøgelser af tidsdelayet

For at få bekræftet, at tidsdelayet er forskellig fra instrument til instrument er de fleste af testens medvirkende instrumenter, målt igennem på Geofysisk Afdeling, Aarhus Universitet.

Resultaterne heraf viser en tydelig overensstemmelse mellem, hvad der er iagttaget i felten, og hvad det er muligt at måle i laboratoriet.

Måleserier målt med et givent instrument, der i felten fremviser en positiv/negativ forskydning i tidsdelayet i forhold til en standard måleserie, fremviser også en positiv/negativ forskydning i delayet ved målinger i laboratoriet.

Det er imidlertid ikke muligt at opnå en kvantitativ bestemmelse af forskydningen i tidsdelayet ved målinger i laboratoriet. Dette skyldes, at slukkeramperne i de forskellige sendere har en stærkt varierende form og længde, hvilket gør det umuligt at identificere et optimalt delay.

Da det er tidspunktet for slukkepulsens tyngdepunkt, der er referencepunktet for tidsdelayet mellem modtager og sender, snarere end det er starttidspunktet for slukkerampen, er det for usikkert på nuværende tidspunkt at anvende laboratoriemålinger til bestemmelse af tidsdelay.

Derfor anbefales at lægge målinger på Testlokalteten til grund for bestemmelse af det optimale tidsdelay.

2.2 Mulige fejlkilder

Forskellige forhold gør sig gældende ved en tidsforskydning af slukkeramperne. I det følgende vil usikkerheder i forskydningen ved de forskellige forhold blive belyst, som funktion af den elektriske modstand i jorden. Forholdene er:

- Variationer i slukkeforløbet
- Variationer i modtagerens filterkarakteristik

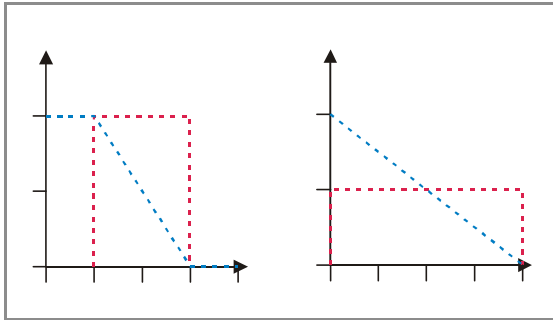
Variation i slukkeforløbet

For at analysere betydningen af længden og placeringen af slukkeforløbet i senderne, er der foretaget analyser med analyseprogrammet Emma. Analyserne omkring slukkeramperne er vedlagt som bilag 4.

Modelreponserne for lineære slukkeramper med en bredde på henholdsvis 2 og 4 mikrosekunder er vist i Bilag 4. Ramperne er placeret som skitseret på Figur 2.1, således at tyngdepunktet for slukkeramperne er sammenfaldende.

Modelleringen af lineære ramper med bredde 2 og 4 mikrosekunder med sammenfaldende tyngdepunkter er foretaget for henholdsvis et 30, 60 og 120 ohmm halvrum.

Modelreponserne for slukkerampen med en bredde på 4 mikrosekunder forskydes -0,2



Figur 2.1 Slukkeforløb med lineær rampe på henholdsvis 2 og 4 mikrosekunder. Rødkurve viser strømmen I , mens blå kurve viser dI/dt .

mikrosekunder i forhold til slukkerampen med bredde på 2 mikrosekunder. Det viser sig, at den relative afvigelse mellem responset for rampen på 2 mikrosekunder og responset fra den forskudte rampe på 4 mikrosekunder i mindre grad er afhængig af halvrumsmodstanden.

Det er dog således, at tidsforskydninger mellem måleresponser fra slukkeforløb af forskellig bredde, hvor disse i tid har sammenfaldende tyngdepunkt, i høj grad kan kompensere for denne fejlkilde.

Variationer i modtagerens filterkarakteristik

For at undertrykke støj på måldata og stabilisere forstærkerkæderne indeholder modtageren en række lavpasfiltre. Modtagerspolesystemet er opbygget af en induktionsspole med efterfølgende spoleforstærker.

Da spolen er kritisk dæmpet, vil den hovedsageligt optræde som et lavpasfilter. Den indbyggede spoleforstærker har af stabilitetshensyn lavpasfiltre, men frekvensen af disse er betydeligt højere end spolens egenafskræring og dermed ikke af betydning i denne sammenhæng.

Det er vigtigt for tolkningen af de målte data at vide, hvilke lavpasfiltre det benyttede udstyr indeholder. Tolkning med forkerte filtreparametre vil medføre en fejltolkning af især de øvre jordlag.

Geonics, Protem47, indeholder et stort antal forskellige filtre (6 -8), som sammen giver en kom-

pliceret filterkarakteristik. Derudover har det vist sig, at der gennem tiden er foretaget justeringer på denne karakteristik i den udvikling og udskiftning af komponenter producenten har foretaget op gennem 90'erne.

Det er ikke muligt at simulere denne filterkarakteristik ved tolkningen af de målte data. I tolkningen har man typisk modelleret med ét lavpasfilter (270 kHz) for modtageren og ét for spolen (490 el. 700 kHz).

For den analoge Protem47 har man ved tolkningen modelleret med 2 lavpasfiltre for modtageren (240 og 623 kHz). Leverandøren har opgivet parametrene for disse filtre samt for modtagerspolesystemerne.

Variationer i filterparametre for modtageren

Modelleringer med analyseprogrammet Emma viser, at der kan korrigeres for variationer i filtreparametre i de enkelte instrumenter.

Denne korrektion foretages ligeledes ved, som vist under variationer i slukkeramperne, at ændre tidsdelayet mellem sender og modtager under tolkningen.

For at undersøge modelafhængigheden af denne forskydning af tidsdelayet er der foretaget modelleringer for henholdsvis et 30, 60 og 120 ohmm halvrums, se Bilag 5.

Modelleringerne viser, at ved ens forskydninger i tidsdelayet for disse modeller, er der en mindre modelafhængig afvigelse på den relative forskel mellem et tidsforskudt 270 kHz filter og et 250 kHz filter. Denne afhængighed er dog betydeligt mindre end effekterne fra forskellighederne i parametrene for lavpasfiltrene.

En forskydning af tidsdelayet mellem modtager og sender under tolkningen vil således kunne kompensere for effekter fra forskelligheder i filtreparametrene for de anvendte instrumenter. Derved kan man nedbringe spredningen på de første gates instrumenterne imellem.



Variationer i antallet af filtre for modtageren

Som før nævnt, er filterkarakteristikken for modtageren betydeligt mere kompliceret opbygget, end hvad der kan beskrives ved et eller to lavpasfiltre.

For at analysere betydningen af dette for tolkningen, er der foretaget en række modelleringer i Emma, se bilag 6.

Ud fra den relative forskel på det tidsforskudte modelrespons, som inkluderer et 623 kHz filter, og responset uden 623 kHz filteret, fremgår det, at afvigelsen er modelafhængig og bidrager derfor ligeledes til datausikkerheden på måledata.

Variationer i filterparametre for modtagerspølen

Ud over ovennævnte modelleringer for filterkarakteristikker og antallet af filtre i modtageren, er der som bilag 7 vedlagt en analyse af indflydelsen fra variationer i filterkarakteristikken af modtagerspølen. Denne analyse viser, som de foregående, at man også her kan korrigere for forskelligheder i filterkarakteristikkerne ved at foretage en forskydning i tidsdelayet mellem modtager og sender under fortolkningen.

Sammenfatning af modelleringerne

Modelleringerne med Emma er foretaget for at kortlægge forholdene ved forskelligheder i tidsdelayet mellem sender og modtager, ved variationer i slukkerampen og ved variationer i parametrene for modtagerens og modtagerspøles lavpasfiltrene og antallet af disse.

Resultaterne viser, at forskydninger i tidsdelayet mellem modtager og sender under tolkningen kan benyttes som korrektionmulighed for samtlige former for modellerede variationer.

Forskydningen i tidsdelayet er modelafhængig, som vist ovenfor. Da man typisk vil kalibrere denne forskydning på én testlokalitet, vil der være et bidrag fra hver af korrektionerne fra modelvariationerne.

For at inkludere denne usikkerhed i tolkningen er det nødvendigt, at man pålægger de første

gates en ekstra usikkerhed ud over de apriori 5% (på dB/dt).

Ud fra modelleringerne er det skønnet, at apriori datausikkerheden (i dB/dt) på 1. gate på UH segmentet skal være 15%, medens den på 2. gate skal være 12% og på 3. gate 8%. Datausikkerheden på disse 3 gates inkluderer de 5% prædefinerede datausikkerheder.

Tolkningsparametre ved fremtidige tolkninger

Da man ikke kan gå ud fra, at man kender de præcise parametre for sit måleinstrument, det vil sige frekvenskarakteristik, slukkerampe eller tidsdelayet imellem modtager og sender, skal dette kalibreres på Testlokaliteten ud fra en sammenligning med standardmåleserier og standardmodeller fra Testlokaliteten.

Det vil være hensigtsmæssigt fremover, at man fremover ved tolkningen kun anvender ét 1. ordens filter på 270 kHz for modtageren (både analog og digital Protom47) og ét 1. ordens filter for anvendelse af modtagerspøle (490 eller 700 kHz, alt efter hvad producenten oplyser).

De testmålinger, man foretager på Testlokaliteten, udføres med en bestemt instrumentkonfiguration, det vil sige en bestemt modtager, sender og modtagerspøle.

Den forskydning i tidsdelayet, der skal anvendes ved tolkningen, er tilknyttet én instrumentkonfiguration. Derfor skal der foretages testmålinger med samtlige instrumentkonfigurationer.

Man kan dog udskifte ens komponenter (i praksis kun modtagerspølen), hvis man er sikker på, at disse komponenters parametre er ens.

2.3 Sammenligning af måleserierne fra Testlokalitet Århus

For at kunne sammenligne måledata foretaget på Testlokaliteten ved Århus, modelleres samtlige modtagere med ens filterkarakteristik. Modtagerspølen modelleres med den afskæringsfrekvens, der er opgivet af producenten.



Da det ikke er muligt at opnå en absolut kalibrering af tidsdelayet (man kender ikke det korrekte respons for Testlokaliteten), er det mest hensigtsmæssige at foretage en relativ tidsforskydning i forhold til en middelmåleserie.

Middelmåleserien udregnes fra 3 instrumenters måleserier, som er næsten sammenfaldende. Derved er det kun 5 af instrumentkombinationerne, hvortil der skal kalibreres et tidsdelay.

Resultatet af undersøgelsen er, at måleserierne skal forskydes mellem -0.6 og 0.5 mikrosekunder for at være "sammenfaldende". Tidsforskydningen af denne størrelse er af samme størrelsesorden som den usikkerhed, producenten Geonics garanterer for sit transiente udstyr.

Man må derfor konkludere, at udstyr, der skal anvendes til detaljerede grundvandsundersøgelser i geologier som den danske, skal opfylde strengere krav til ensartethed end det anvendte udstyr.

Med et bedre udstyr vil det ikke være nødvendigt (med de usikkerheder, det medfører) at anvende kalibrerende tidsdelay og tillægge de første 3 gates stor usikkerhed under tolkningen.

Et udstyr af en sådan standard vil kunne anvendes til en betydelig bedre opløsning af de øverste jordlag.

Bilag 8 viser samtlige UH måleserier fra målingerne på Testlokaliteten før og efter tidsforskydningerne og parallelforskydning i forbindelse med variation i strømsætningen.

2.4 Testmålinger på højmodstandsjord

Testen blev foretaget for at kortlægge de digitale Protém47 modtageres evne til at foretage målinger på jorder med høj modstand i de øvre lag, og dermed lavt signalrespons til tidlige tider.

I den forbindelse blev der udpeget to lokaliteter omkring Hammel ved Århus.

Lokaliteterne blev valgt ud fra den betragtning, at jo højere modstanden er, jo tydeligere vil instrumentelle variationer og uoverensstemmelser træde frem.

Området omkring Hammel har relativ høj modstand.

I alt tre digitale Protém 47 modtagere var med i testen. Resultatet blev, at to ud af de tre i højere eller mindre grad har besvær med, ved traditionel målestrategi, at foretage tilfredsstillende målinger under modstandsforholdene ved Hammel.

To af måleserierne er vedlagt som Bilag 9 og 10. Bilag 9 viser måleresultaterne med en digital modtager, som tilsyneladende ikke har noget problem med at måle på den pågældende lokalitet.

Målingerne på UH segmentet er foretaget med forskellige forstærkningstrin, hvorved der på nogle af disse trin opnås en overstyring af modtageren.

En overstyring af modtageren betyder at signalet er så stort, at forstærkerkæden i instrumentet går i mætning ved de tidlige gates. Overstyringen har derfor kun betydning til tidlige tider.

Til senere tider har denne overstyring ingen indflydelse på data, og segmenterne skal være sammenfaldende, hvilket de også er. Der ses også en god overensstemmelse mellem UH og VH segmenterne.

Bilag 10 er en sondering foretaget med en anden digitalt Protém47 på samme lokalitet. UH segmenterne overstyres ligeledes her.

Det fremgår tydeligt, at UH segmenterne efter at overstyringen er aftaget ikke bliver sammenfaldende. Fordelingen af de enkelte forstærkningstrin er angivet på plottet.

Ved lavt forstærkningstrin sker der her et underflow (instrument er ikke tilstrækkelig udstyret). Dette medfører for lave rhoa værdier, og uoverensstemmelse mellem UH og VH segmenterne.



De samme fænomener kan iagttages på målingerne foretaget på Testlokaliteten ved Århus. Den elektriske modstand i jorden er her lav, hvilket betyder, at fænomenet med overstyring/underflow ikke fremtræder så tydeligt som ved Hammel.

Der er dog en tydelig sammenhæng, således at de udstyr med størst afvigelse ved Hammel, ligeledes har størst afvigelse ved testlokaliteten.

Redegørelse over TEM instrumenternes tilstand

Tilstanden for de i testen anvendte udstyr er varierende. I det følgende opsummeres hvilke problemer der tilsyneladende er med nogle af udstyrene.

To sendere har problemer med strømsætningen.

Dette skal undersøges nærmere, da en korrektion ikke direkte er mulig, idet størrelsen af stømsætningsfejlen kan variere med senderens belastning og derfor ikke kan påregnes at være konstant.

Herudover har tre af modtagerne store problemer med at foretage tilfredsstillende målinger på UH målesegmentet.

Som følge heraf bør man ikke anvende UH segmentet, før fejlen er rettet op.

VH og HI segmenterne på de pågældende udstyr er i orden og sammenfaldende med måleserierne fra de øvrige instrumenter. Sondringer kan derfor fortsat foretages med de pågældende instrumenter, dog uden brug af UH segmentet.



3 Referencer

- /1/ Testlokalitet Århus, GeoFysikSamarbejdet, 2001
- /2/ Vejledningen i udførelse af TEM målinger, GeoFysikSamarbejdet, 2001
- /3/ Protem 47D operating manual, Geonics Limited,1994



Appendiks A: Test af temperaturrens indflydelse på TEM målinger

Det transiente udstyr er opbygget af en række elektroniske kredse. Disse kredses parametre er mere eller mindre temperaturafhængige. I dag er det muligt at fremstille SMD kredse (Surface Mounted Devices), som på grund af deres konstruktion og lille fysiske størrelse er uhyre temperaturstabile.

Geonics Protem47 er hovedsageligt opbygget af traditionelle komponenter, som har en større temperaturfølsomhed. For at undersøge denne temperaturafhængighed er der med den analoge modtager fra Geofysisk Afdeling, Aarhus Universitet, foretaget en række kalibreringsmålinger.

Kalibreringsmålingerne foregår på den analoge modtager, ved at der påtrykkes modtageren en fast spænding på indgangsterminalerne, som er synkroniseret med referencesignalet. Ud fra måleværdierne for modtagerens gates, er det nu muligt for hver enkelt gate at beregne en kalibreringsfaktor

For at kunne verificere temperaturens indflydelse, blev der foretaget målinger med udstyret placeret inde i en opvarmet bygning og udenfor i læ og skygge. Målingerne er udført i januar måned. Temperaturen i bygningen var ca. 20 grader, mens temperaturen udenfor var omkring 3-4 grader.

Resultaterne fra målingerne fremgår af Figur A1. Spændingen, der sættes ind over modtageren er på 500 mV. Ifølge Geonics er der en usikkerhed på de enkelte gates. Således respekteres værdier fra 480 mV til 520 mV. Af figuren fremgår det at samtlige gates ligger inden for dette interval.

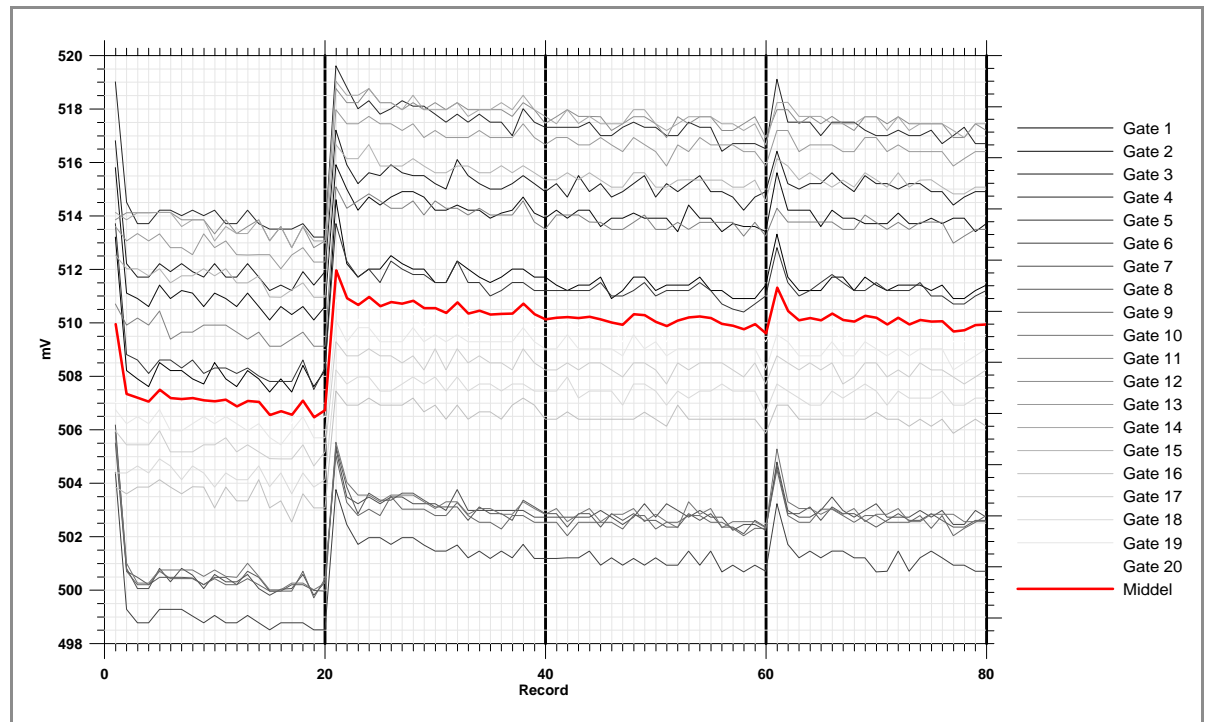
Det viser sig, at de absolute værdier af målingerne foretaget udenfor ligger knap 1 pct. højere end værdierne af målingerne foretaget indenfor.

Den ved forsøget relative store temperaturforskel ude og inde, sammenholdt med en dataafvigelse på data på mindre end 1 pct. verificerer, at temperaturvariationer har lille betydning for måledata.

Bemærk, at der ved de to - tre første målinger efter at modtageren tændes, er en positiv anomali.

Dette gælder hvad enten modtageren er uden for eller inde i bygningen, og da anomalien antages at have samme værdi ude som inde, er den relativt større ved målingerne indenfor.

Disse anomalier er store og vil kunne forvrænge datasættene. For at undgå disse anomalier, anbefales det, at modtageren er tændt hele feltdagen eller ihverfald har en opvarmningstid, der svarer til 2 - 3 records.



Figur A2. Testkalibreringsmålinger foretaget med en analog Protom 47 modtager. Record 1-20 er foretaget inden for umiddelbart efter instrumentet blev tændt. Record 21-60 er foretaget uden for efter instrumentet havde været slukket i ca. 2 timer. Record 60-80 er foretaget uden for, efter at modtageren har været slukket i 15 min.

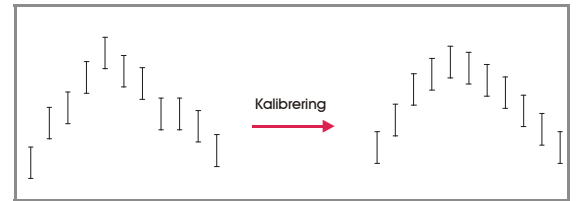


Kalibrering af modtagere

Det absolute niveau for kalibreringen for den analoge Protem 47 modtager kan benyttes til at beregne kalibreringsfaktorer. Disse kalibreringsfaktorer kan indkorporeres ved processeringen af måledata, og korrigerer herved de enkelte gateværdi Figur A2.

Dette er som nævnt kun gældende for de analoge Protem 47. Den digitale Protem 47 har en auto-kalibrering, der automatisk kalibrerer samtlige gates.

For her at negligere temperaturafhængigheden, bør autokalibreringen for de digitale modtagere



Figur A2. Kalibreringen kan have indflydelse på data, således at "hak" rettes op.

altid foretages under samme temperaturforhold, som sonderingerne foretages under, og efter at instrumentet har været tændt i tilstrækkelig lang tid til at man kan påregne, at forstærkerkæderne er temperaturstabile.

Appendiks B: Test af senderudlæggets nøjagtighed

Nøjagtigheden af senderudlægget er en betydende faktor ved måling med TEM metoden. Lægges senderspølen ikke nøjagtigt ud, dvs som et kvadrat, kan der opstå store afvigelser fra det ønskede og derved modellerede senderareal.

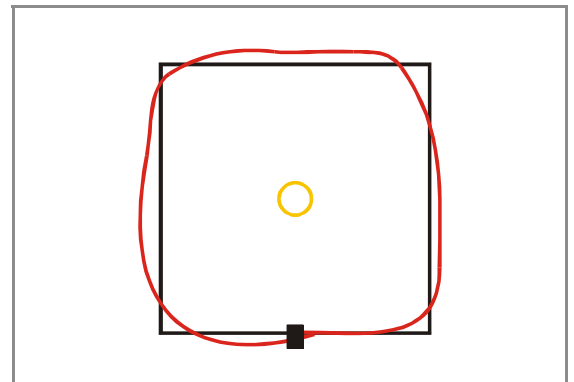
For at undersøge udlæggets indflydelse på målingerne, blev der på Testlokaliteten ved Århus foretaget to målinger i umiddelbar forlængelse af hinanden.

Ved den første måling blev senderspølen, som det ofte er normal praksis i felten, lagt ud på øjemål og ved hjælp af afstandsmærker på sender-spølen.

Senderspølen blev ved den efterfølgende måling lagt ud som et kvadrat med kantlængde på 40 meter ved hjælp af udmålte hjørnepløkke Figur B1.

Modtagerspølen og placeringen af sender og modtager blev ikke ændret ved de to målinger.

I Tabel B1 ses en tydelig parallelforskydning i måleværdierne, således at disse fra den første måling ligger betragteligt over værdierne fra den anden måling. Da alle parametre på nær senderarealet er uændret mellem de to målinger, må



Figur B1. Skitse over de to benyttede udlæg.

forskellen mellem måleværdierne stamme fra forskellene i senderudlæggene. Der blev under hele måleforløbet holdt øje med senderstrømmen og med at denne ikke varierede.

Af tabellen over den relative forskel på de to målinger fremgår, at der gennem hele måleforløbet er en forskel på omkring en faktor 1.07 dvs 7 %.

Konklusionen er, at det er vigtigt at senderspølen bliver lagt nøjagtigt ud. Man kan med fordel benytte pløkke eller lignende til fiksering af hjørnepunkterne og dermed undgå "runde hjørner" og "bølgede" sider i senderspøleudlægget.

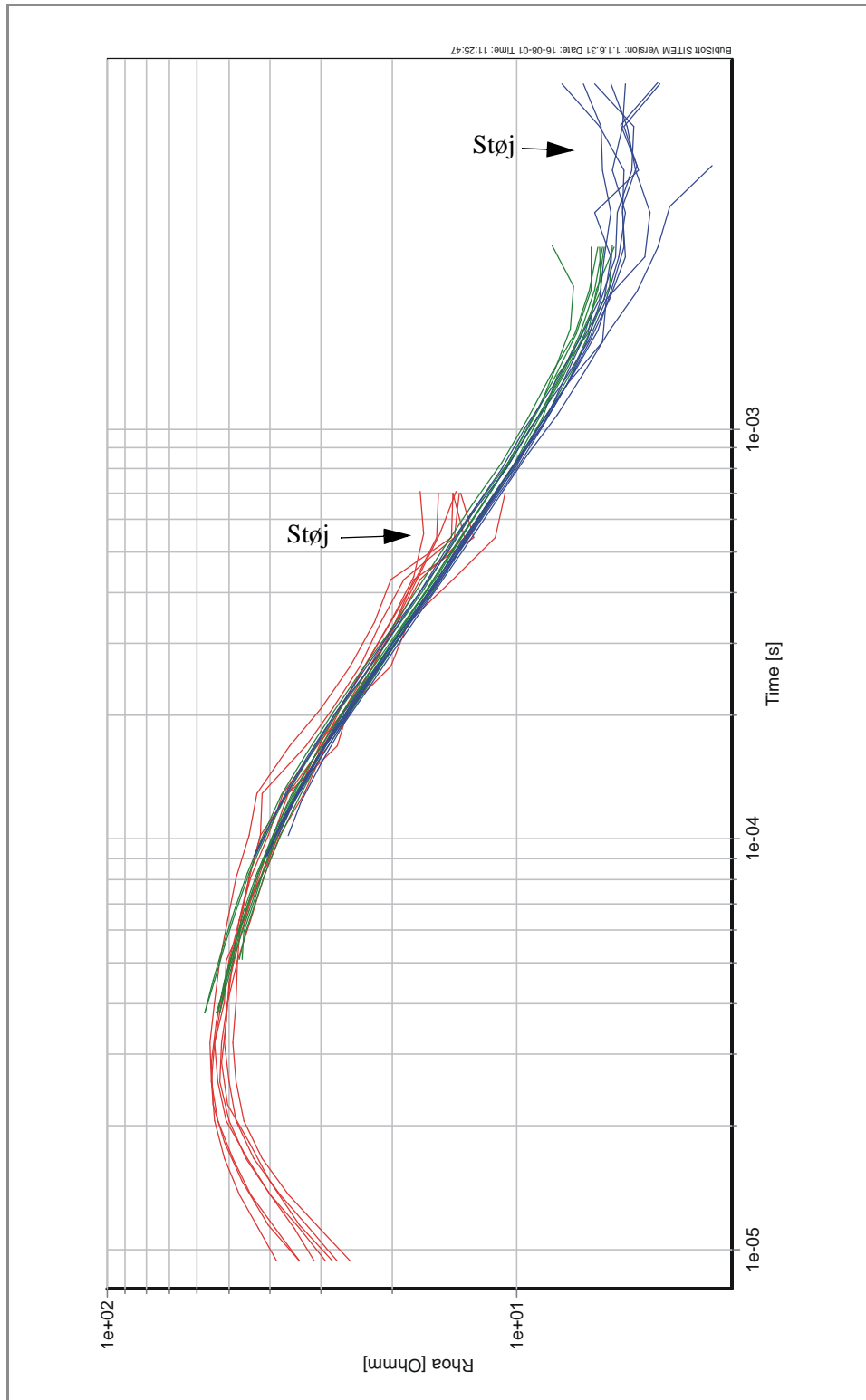


Gate	Tid [sek]	Relativ forskel i db/dt
1	9.35E-6	1.05
2	1.15E-5	1.05
3	1.46E-5	1.06
4	1.82E-5	1.06
5	2.26E-5	1.07
6	2.87E-5	1.07
7	3.60E-5	1.08
8	4.46E-5	1.07
9	5.66E-5	1.09
10	7.07E-5	1.07
11	8.63E-5	1.06
12	1.07E-4	1.08
13	1.38E-4	1.07
14	1.75E-4	1.07
15	2.17E-4	1.08
16	2.78E-4	1.08
17	3.52E-4	1.07
18	4.39E-4	1.09
19	5.58E-4	1.08
20	7.04E-4	1.16

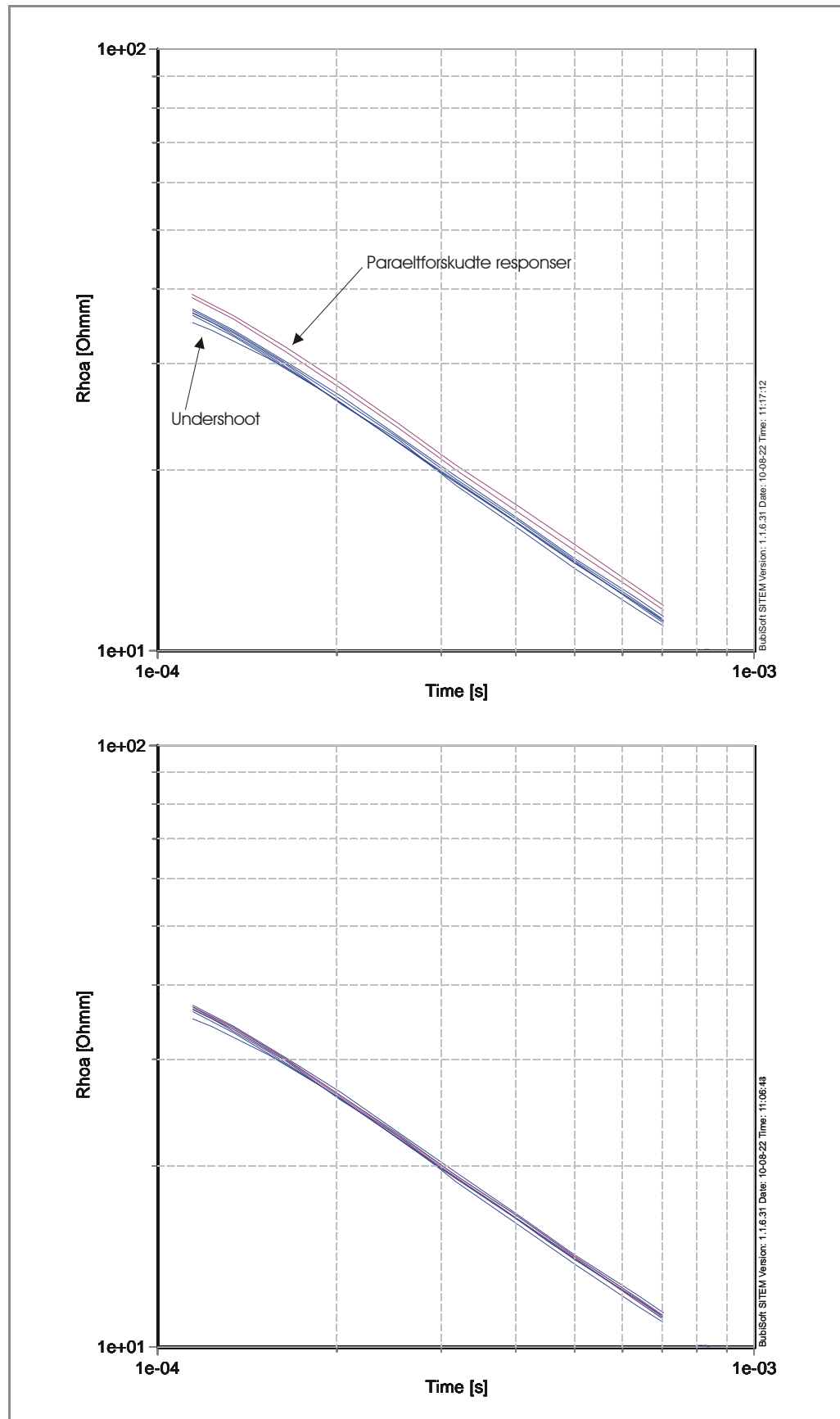
Tabel B1. Relativ forskel på målinger med henholdsvis unøjagtigt og nøjagtigt udlæg af senderpolen.



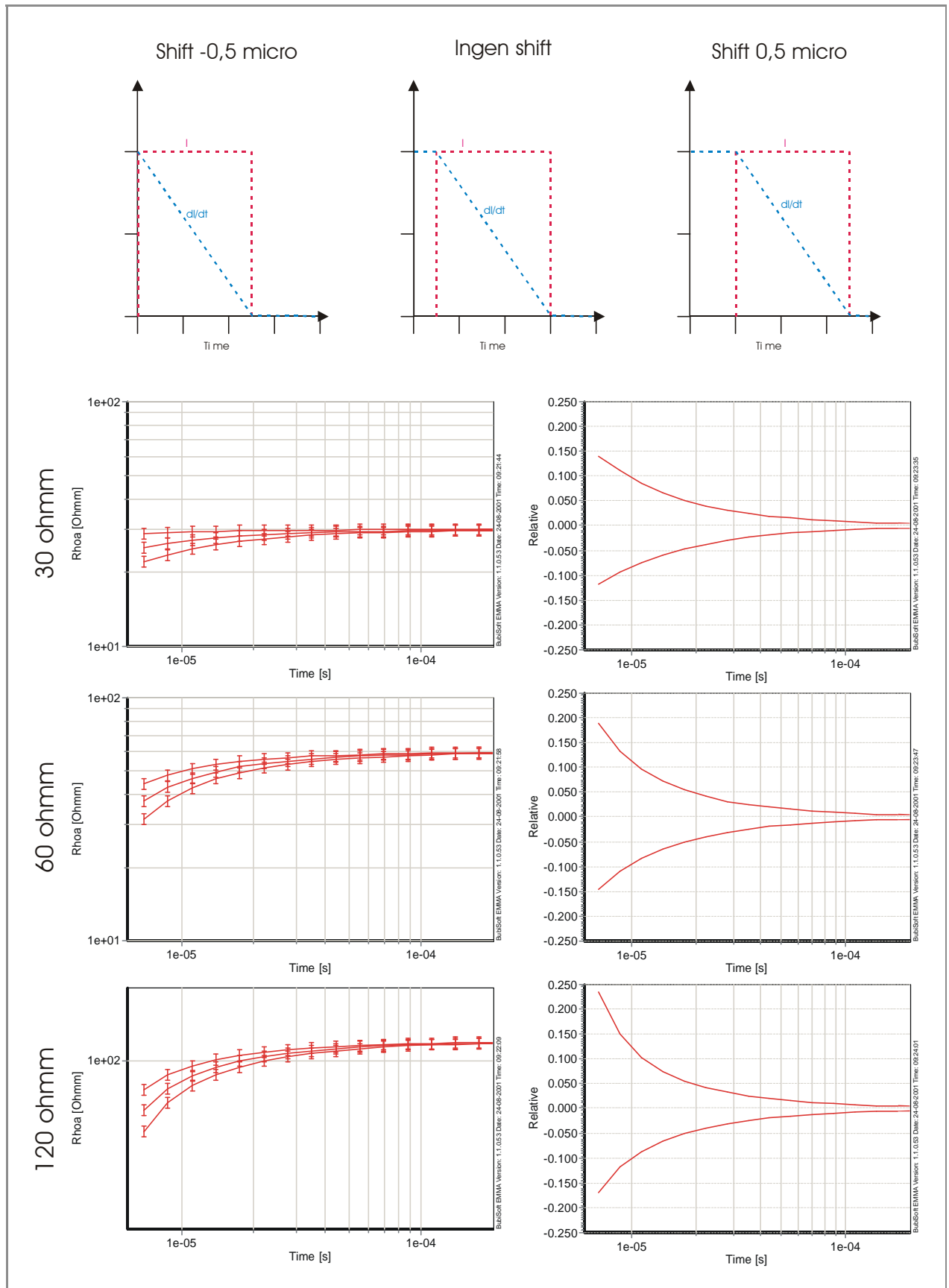
Bilag



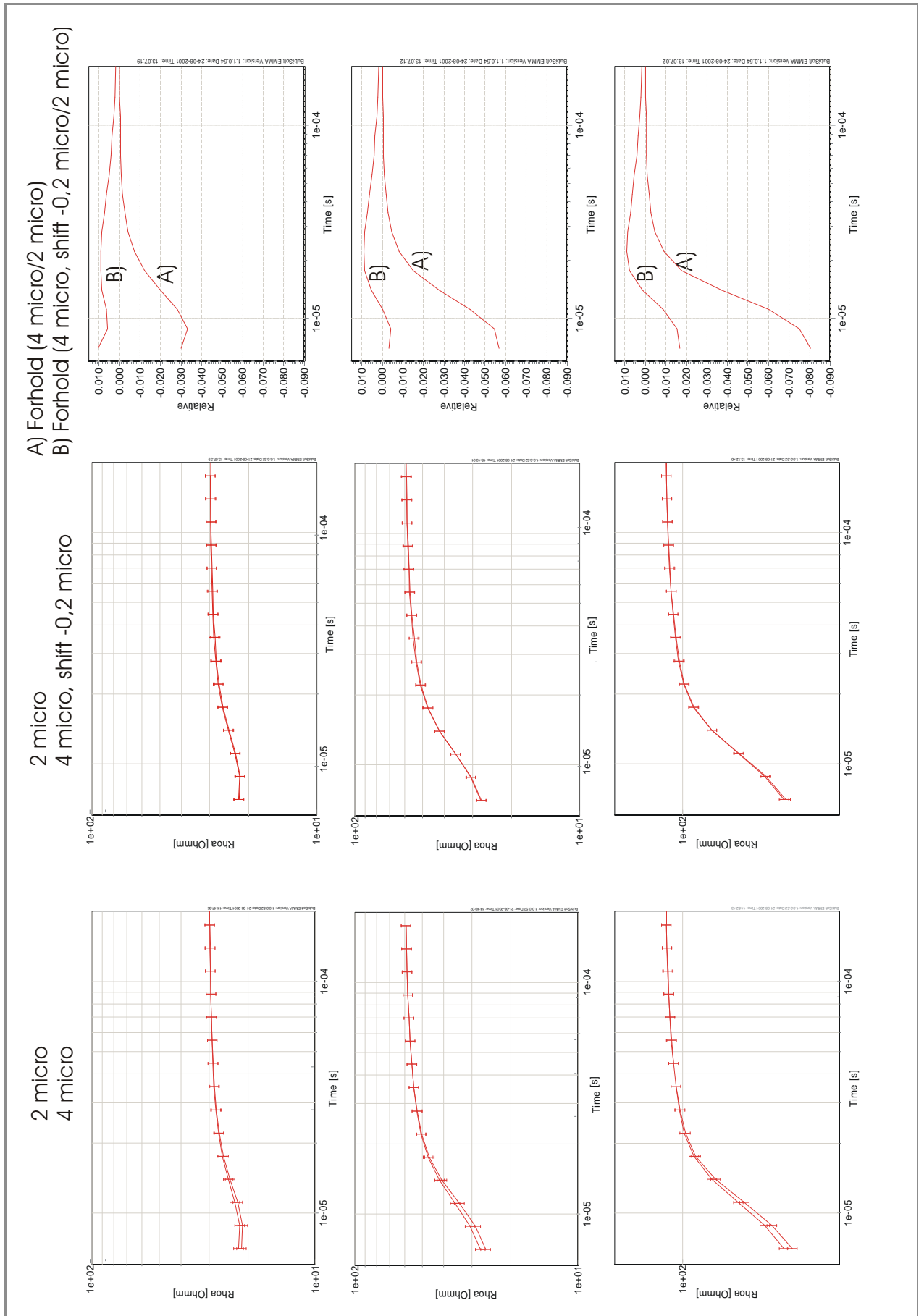
Bilag 1. Responser fra samtlige instrumentkombinationer fra Testlokaliteten ved Århus. UH segmenterne er røde, UH segmenterne er grønne og HI segmenterne er blå.



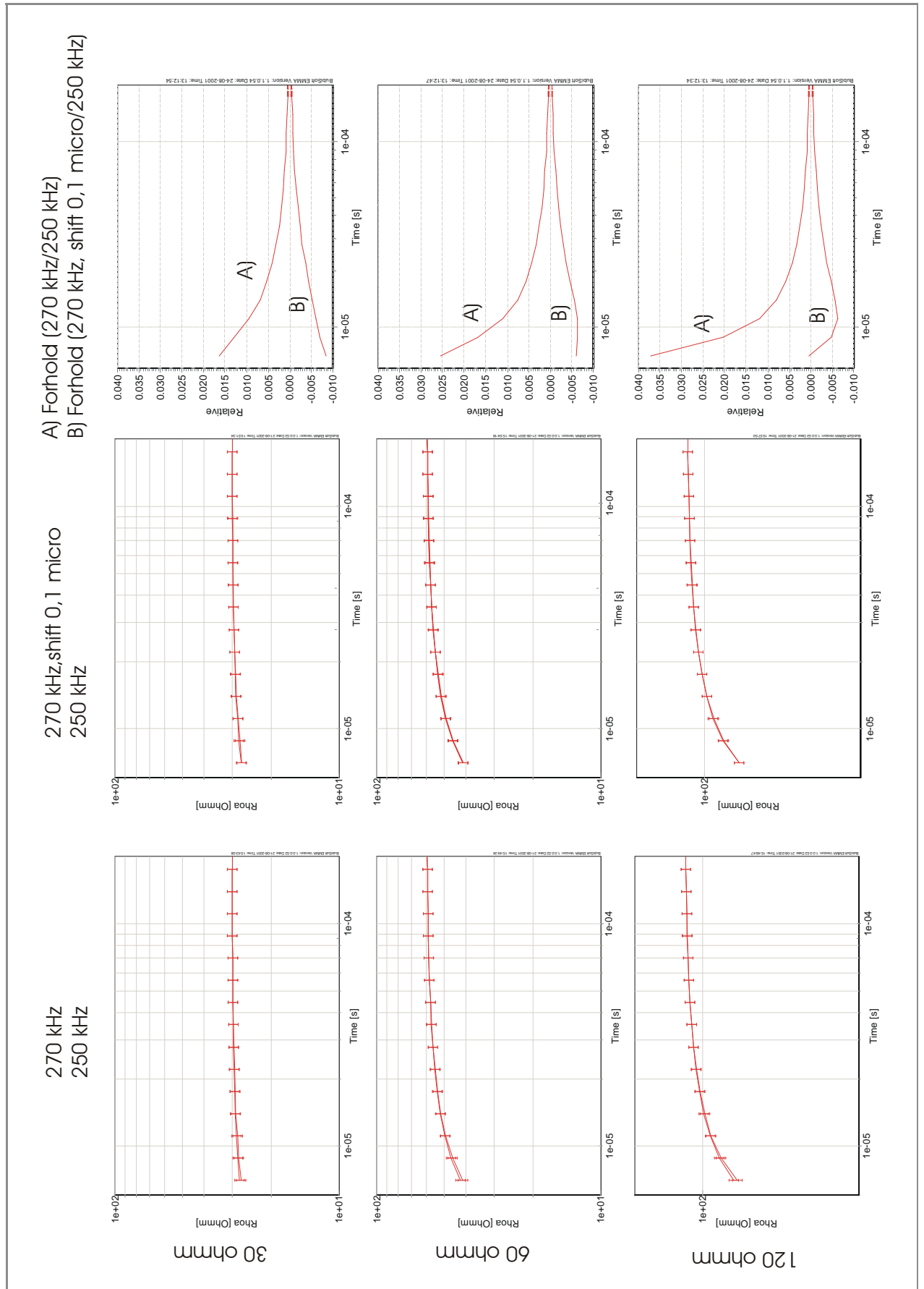
Bilag 2. HI segmenterne henholdsvis før og efter shiftning. Bemærk at det enkelte undershoot tidligt i responses stammer fra et lavpasfilter, der er på det pågældende udstyr



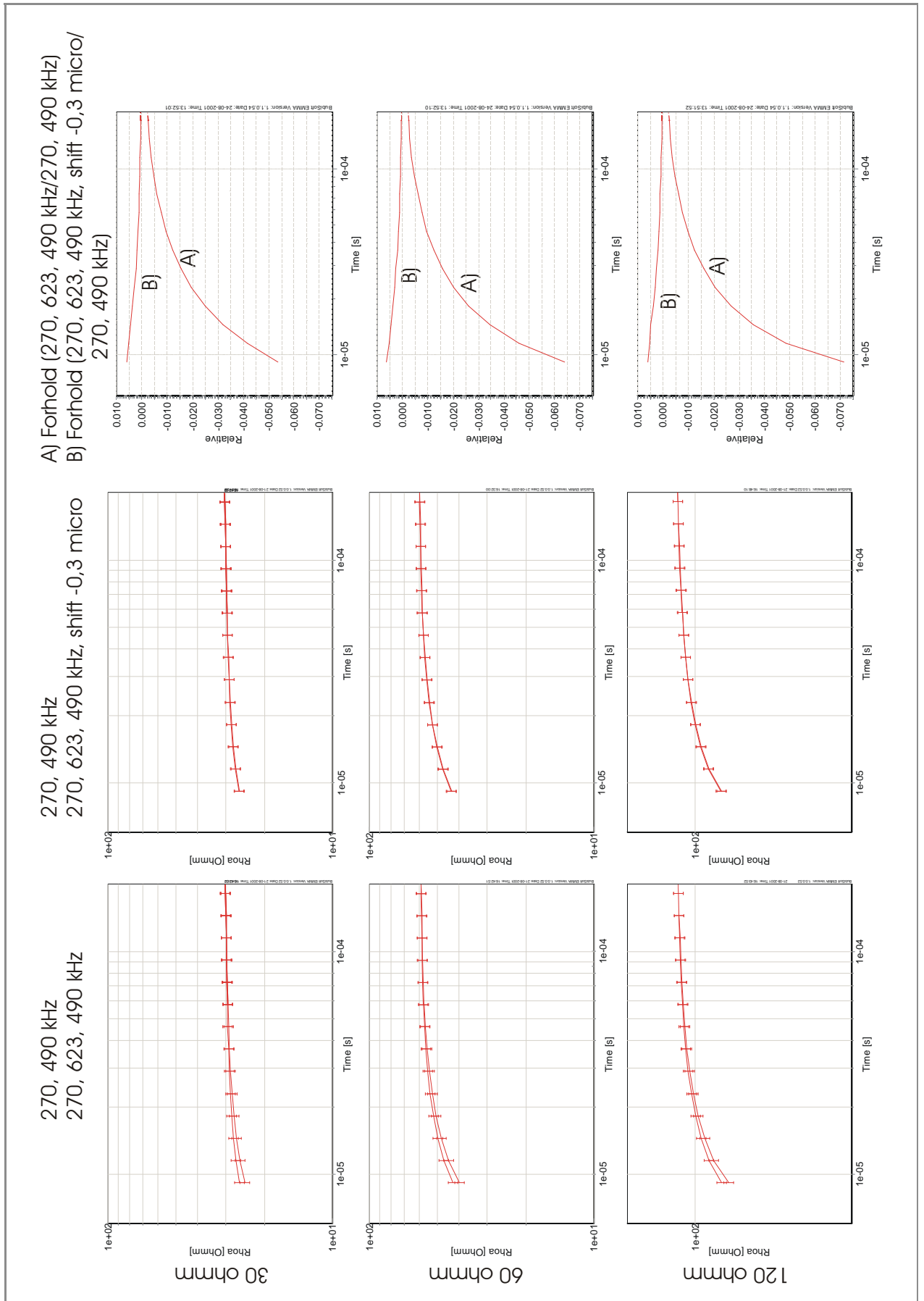
Bilag 3. Modellering af variationer i synkronisering mellem sender og modtager. Modelleringerne er lavet for forskydninger på henholdsvis 0,5 og -0,5 microsec iforhold til udgangsreponset.



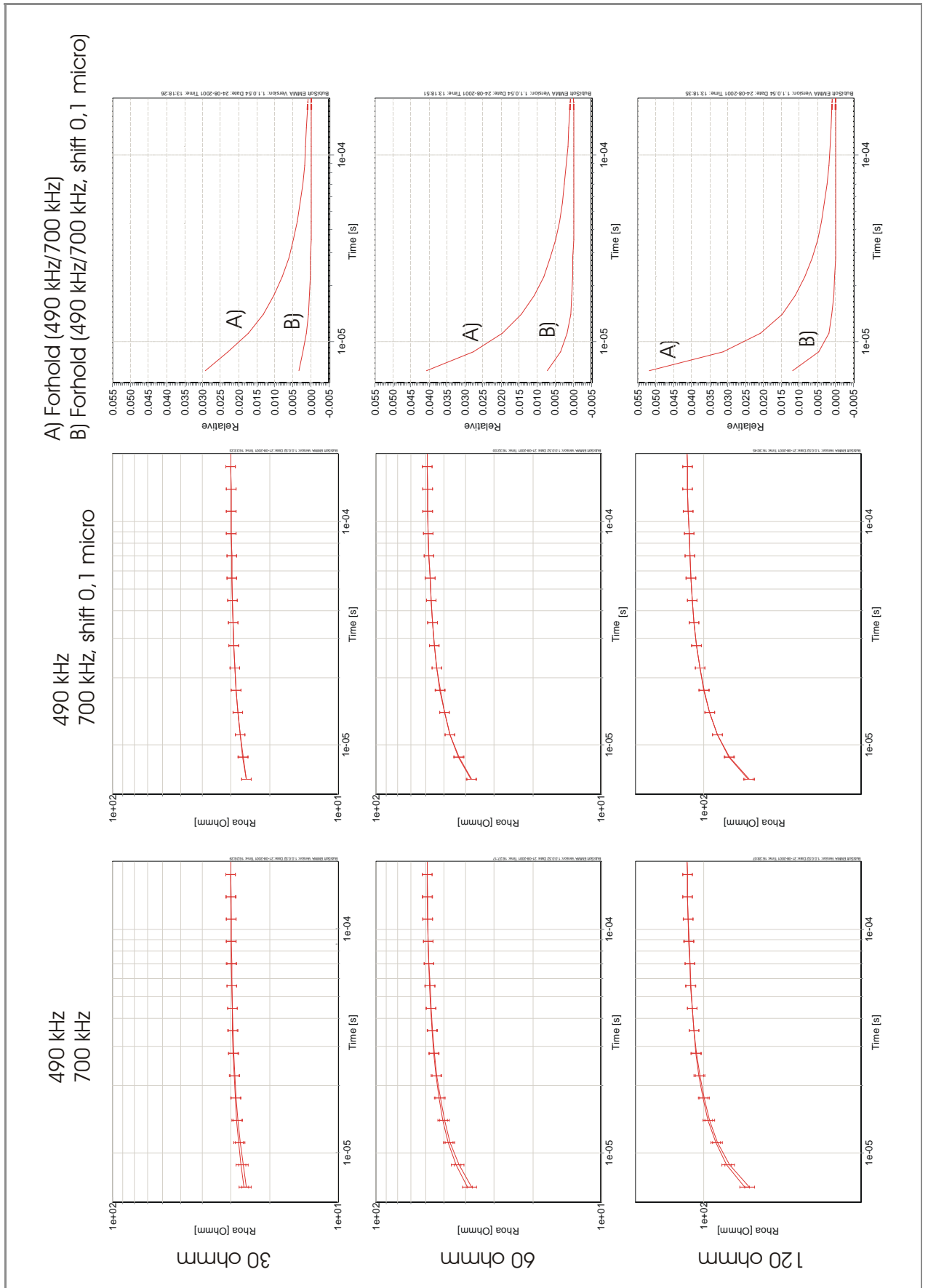
Bilag 4. Analyse af variationer i senderens slukkeforløb. Modelleringerne er lavet for en linear rampe på 2 og 4 micro.



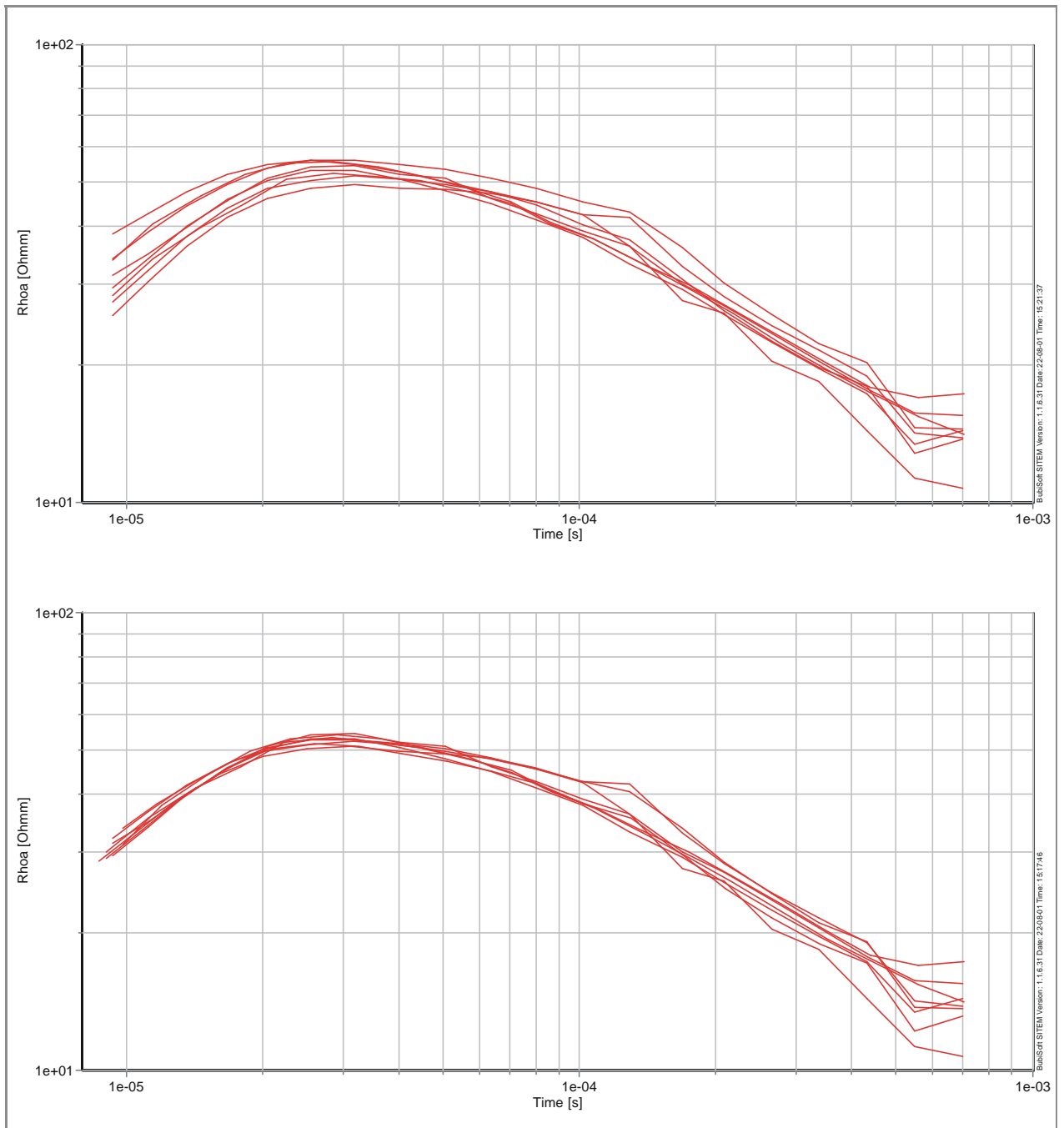
Bilag 5 Analyse af variationen af lavpasfiltre. Modelleringer for henholdsvis et 250 og 270 kHz filter med og uden tidsforskydning



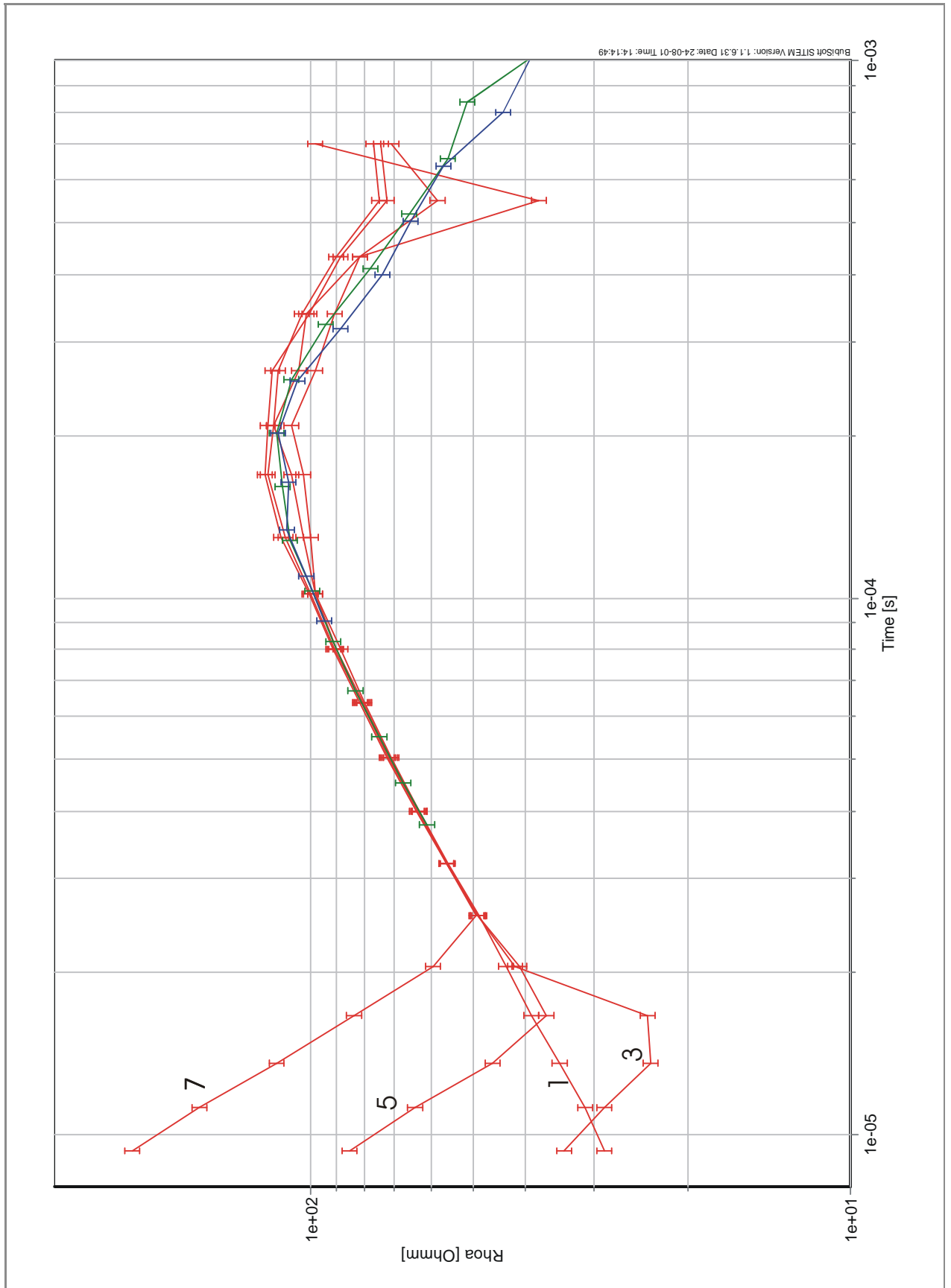
Bilag 6. Analyse af variationen af antal modellerede lavpassfiltre.



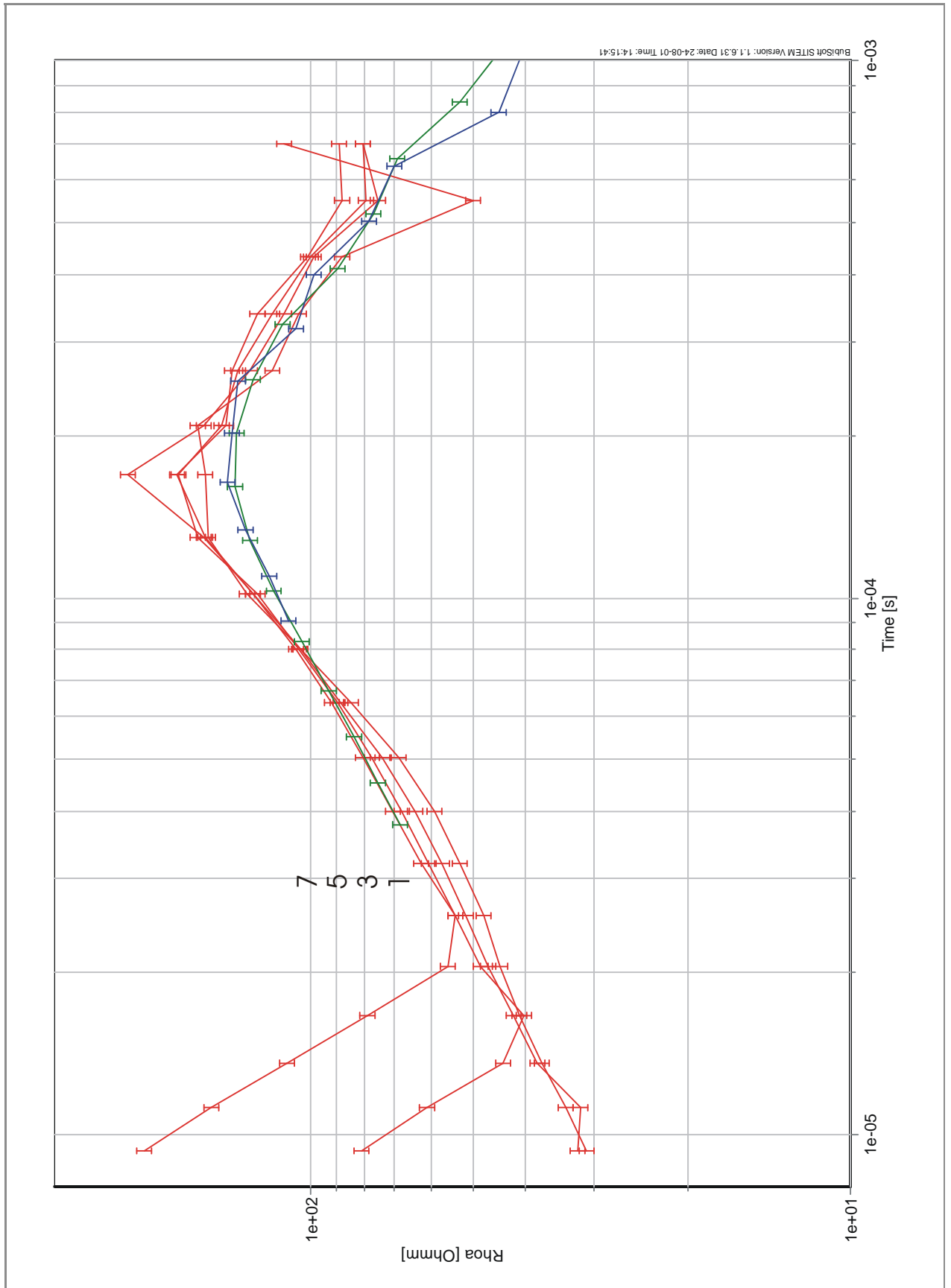
Bilag 7. Analyse af variation af afskæringsfrekvensen for modtagerspøle. Modelleringerne er lavet for dels et 490 kHz og et 700 kHz filter.



Bilag 8. UH segmenterne henholdsvis før og efter tidsforskydning.



Bilag 9. Sondering foretaget ved Hammel. Fordelingen af gain er som givet på figuren



Bilag 10. Sondering foretaget ved Hammel. Fordelingen af gain er som givet på figuren