

Program til beregning af gamma spektral logs fra borer

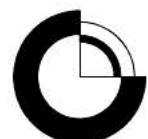
Version 1.0

Gert Andersen

Program til beregning af gamma spektral logs fra boringer

Version 1.0

Gert Andersen



Indhold

1. Introduktion	5
2. Program beskrivelse	6
2.1 Generelt	6
2.2 Logberegninger	6
2.3 Kalibreringer	6
2.3.1 Time mode i 256 kanaler med G256 driveren:	7
2.3.2 5 vinduer i time eller dybde mode med SGW5 driver:	7
2.3.3 Generering af en kalibreringsfil:	7
2.4 Inddata og uddata ved logberegning	8
2.4.1 *.MRG uddata filen	8
2.4.2 *.PRN uddata filen	8
2.4.3 *.TXT uddata filen	8
2.4.4 senstable.prn sensitivitets filen	9
3. Beregningsmetode	10
3.1 Beregningsmodel	10
3.2 Sondens indstillinger	11
4. Udførte kalibrerings målinger	12
4.1 DTU den 9. november 1999	12
4.2 RISØ	12
5. Analyse af sondens funktion	14
5.1 Sammenligning mellem forskellige logoperatører	14
5.2 Undersøgelse af stabiliteten	17
5.3 Effekten af centrering i ø150mm forerør	19
5.4 Effekten af diameter korrektioner	21
6. Eksempler på programanvendelse	23
6.1 Generere nye kalibreringsfiler	23
6.1.1 Trin 1, at konvertere time mode datafiler (*.spc, *.log)	23
6.1.2 Trin 2, Generere ny kalibreringsfil (*.kal)	24
6.2 Beregning af spektral log	25
7. Referencer	29
8. Program dokumentation og CD-ROM	30

	4
8.1 Udviklingsmiljø og source kode	30
8.2 Installation af programmet	30
8.3 Brug af medfølgende datafiler	30
9. Bilags liste	31

1. Introduktion

Til generelt brug ved logging af hydrogeologiske borer blev der indkøbt en spektral gamma sonde ved DGU i midten af 1990'erne. Sonden er en "Natural Gamma Spectroscopy Probe" fra "Robertson Geologging Limited", og detektoren er en 38mm*150mm NaI(Tl) Scintillator.

Sonden mäter intensiteten af gammastrålingen i 5 forskellige energi vinduer der er defineret af leverandøren, og det er tilsyneladende ikke længere muligt for leverandøren at justere denne definition i sonden.

Sammen med sonden blev der leveret software ("Kalman filter") i form af en eksekverbar fil, og en kort vejledning til den daglige brug. Softwaren beregner de spektrale logs på baggrund af en anden medfølgende ASCII fil. Denne fil indeholder et sæt reelle tal i form af 9 sensitiviteter individuelt bestemt for DGU's sonde.

Der er ingen program dokumentation for koden til denne software, og der findes ikke vejledninger til procedurer for rekalibrering af sonden, og leverandøren har uhældigvis ikke længere kendskab til denne software.

Ved brugen af programmet er der ikke mulighed for at tage hensyn til effekten af borehulsvæsken, centeringsform, boringsdiameter eller forerørets masse. Dette, sammen med et krav om produktion af dokumenterede data, skaber derfor et behov for at udvikle software til beregning af spektrale logdata. En første grundlæggende programmering er hermed gennemført ved denne programmering hvor programmet "Kalib.exe" er udviklet og beskrevet.

Ved udviklingen af denne software er der i den nuværende version taget hensyn til følgende faciliteter:

- Brugervenlig windows interface
- Kalibrering med mulighed for at tilpasse disse til forskellige boringstyper
- Mulighed for at læse indholdet af alle binære datafiler
- Dokumentation og beskrivelse af beregningsprocessen i en GEUS rapport.

Program dokumentation og egen udvikling af software giver mulighed for efterfølgende at udvide med andre beregningsmetoder end den metode der lige netop er indført i denne programversion.

Program version 1 anvender sondens vinduer nr 3, 4 og 5 til beregningerne. Beregningsmetoden er 3 vindues metoden sådan som den i forvejen kendes fra GEUS spektral gamma skanner, og sådan som den desuden findes beskrevet andre steder i litteraturen. F.eks. /1/, /2/ og /4/.

Der er desuden udført kalibreringsmålinger i en modelbrønd på RISØ samt i standarder på DTU. Disse målinger rapporteres for fuldstændighedens skyld sammen med programmet, således at brugeren umiddelbart kan anvende disse data til logberegninger. - På det nuværende niveau for kalibrering og diameter korrektioner forudsættes det, at der anvendes loggemetoden "Centreret logging".

Programmet er desuden anvendt til en analyse af sondens aktuelle funktion m.h.p. afklaring af tvivlsspørgsmål omkring datakvaliteten ved aktuelle efterforsknings- og rådgivningsprojekter på GEUS.

2. Program beskrivelse

2.1 Generelt

Programmet kan både benyttes til at beregne logdata ud fra allerede etablerede kalibreringsfiler, og det kan benyttes til at generere nye kalibreringsfiler ud fra målinger i nye standarder.

2.2 Logberegninger

Ved logberegninger skal der altid indlæses en kalibreringsfil der er genereret i forvejen.

Ved beregningerne skal brugeren først indlæse en fil med kalibrerings rådata. Derpå har brugeren mulighed for interaktivt at editere i såvel disse kalibreringskonstanter, som de deraf beregnede sensitiviteter og stripfaktorer. Og endelig vises de beregnede logs på skærmen samtidig med udførelsen af selve logberegningen. Editeringsfaciliteten er en tiltænkt analysefunktion, således at en eventuel trimming kan finde sted. Til denne trimning er der desuden mulighed for at indlæse et andet logdatasæt for at sammenligne mellem logberegningen og logs fra andre instrumenter og logoperatører.

Resultatet kan også skrives til en printer. På dette print tilføjes diverse informationer om beregningen. Hvis brugeren ikke har editeret i data fra kalibreringsfilen, så vil indholdet fra kalibreringsfilen også blive vist på plottet. Ellers vil der være en note om bruger editerede sensitiviteter.

Brugeren har mulighed for at tilpasse grafikken ved at justere aksernes begrænsninger, og ved at tænde og slukke de logs der skal vises på skærmen og printet. Der er også mulighed for at indlæse en ASCII fil med 4 logs til brug for at sammenligne med et evt. kendt resultatet. Disse logspor kan derpå tændes og slukkes, og bliver også skrevet ud på printet hvis den funktion vælges.

Programmet arbejder kun med én datafil. Og der genereres først en binær søsterfil når det afsluttes. Der vises et stort kryds på skærmen mens denne fil skrives til disken.

Ved logberegninger konverteres de optagne tælltal til ækvivalente tælltal svarende til optagelse i en 50mm boring. Konverteringen sker ved algoritmer fra leverandøren af sonden. Samme konvertering finder sted ved kalibreringen af sonden.

2.3 Kalibreringer

Kalibreringer sker på basis af logs udført i velkendte standarder. Data fra denne dataopsamling kan ske i 2 forskellige mode's, og brugeren skal derfor først konvertere de optagne datafiler, og tilføje nødvendige oplysninger om standardernes kendte koncentrationer og standardernes geometri. Herunder selve standardens konstruktion, sondens centrerering i standarden og borehulsvæskens. Ved konverteringen bliver de binære datafiler omdannet til ASCII filer, og data formatteres hensigtsmæssigt for både brugeren og programmet.

Konverteringen sker i flere trin.

- Først konverteres de binære filer til ascii filer. (parvise sæt af binære *.hdr og *.spc til *.spk ascii filer, samt parvise sæt af binære *.hdr og *.log til *.tim ascii filer)

- Dernæst udvælges 4 af disse ascii filer til at sammensætte den kalibreringsfil som programmet skal bruge i beregningerne. (*.kal)

De to forskellige mode's kendetegnes ved optagelserne i h.h.v 5 vinduer eller 256 kanaler. Og ved 5 vinduer kan der evidere logges i time mode og i dybdemode. Ved time mode udlæses tælletal med bestemte tidsrum, mens tælletal ved dybdemode udlæses for hver centimeter sondekablet har passeret over et løbehjul. Optagelse i 256 kanaler kan kun ske i timemode.

2.3.1 Time mode i 256 kanaler med G256 driveren:

Ved konvertering af filer med data for alle 256 kanaler (binære *.hdr og *.spc robertson filer) vil ASCII datafilen indeholde såvel data for de definerede vinduer, som data for hver enkelt kanal. Under konverteringen skal brugeren først acceptere sondens default vindues setting, eller editere i den om nødvendigt. Denne valgte setting bliver vist i ASCII filen *.SPK som dokumentation. Programmet tilføjer en asterisk (stjerne) foran alle de dataværdier der senere skal genindlæses af programmet. Og programmet forudsætter at dette ASCII tegn hverken tilføjes eller slettes fra datafilerne. ASCII filen indeholder først et resume af de data der er nødvendige senere at overføre til den egentlige kalibreringsfil. Dernæst indeholder den også alle de bagvedliggende data. D.v.s. hele det optagne spektrum i 2 kolonner, h..h.v. kanalnummer og tilhørende målte tælletal.

2.3.2 5 vinduer i time eller dybde mode med SGW5 driver:

Ved konvertering fra 5 vindues time mode optagelser vil programmet generere en time mode ASCII fil på formatet *.TIM. Uddata formatet fra Robertson er desværre *.hdr, *.log præcis ligesom ved SGW5 dybdemode logging, og brugeren må selv holde regnskab med hvilke filer der skal konverteres. Selv om dybdemode filer ikke kan benyttes til generering af kalibreringsdata, så sker der dog ingen skade ved at forsøge at konvertere en dybdemode fil som en time mode kalibreringsfil. - Programmet vil opdage dette og der vil så i de tilfælde ikke blive genereret nogen filer. Det samme er gældende hvis en time mode logfil senere forsøges anvendt til beregning af en log.

Som ved *.SPK filen, så indeholder ASCII filen i *.TIM formatet først et resume af de data der er nødvendige senere at overføre til den egentlige kalibreringsfil. Dernæst alle de bagvedliggende data. I dette tilfælde 8 kolonner med de integer data som sonden har optaget i logfilen: "id, slots, counts[0], counts[1], counts[2], counts[3], counts[4], counts[5]". Den nærmere betydning af disse data kan studeres i bilagsmaterialet.

2.3.3 Generering af en kalibreringsfil:

Når 4 optagelser er konverteret, så kan resultaterne importeres til den egentlige ASCII kalibreringsfil *.KAL. Filen indeholder de reelle tal som programmet indlæser til brug for beregningerne. Tallene er markeret med en asterisk (*), og det er vigtigt ikke at fjerne dette tegn eller at tilføje andre i filen. Alle andre tegn kan anvendes, og filen indeholder i forvejen en del anden prosatekst til beskrivelse af kalibreringen. Dette for at tage hensyn til sporbarheden af logprocesseringen.

Programmet navngiver selv den nye kalibreringsfil ud fra dato og tidspunkt med extension *.KAL. Brugeren kan omdøbe denne fil til mere sigende filnavne, eller blot beholde navnet for at holde regnskab med seneste udførte kalibrering.

2.4 Inddata og uddata ved logberegnning

Programmet åbner generelt de binære datafiler der fås som uddata fra GEUS's Robertson logudstyr, og lagrer dem derefter i ASCII filer som er umiddelbart tilgængelige for standard programmellet på enhver computer.

2.4.1 *.MRG uddata filen

Ved afslutningen af en beregning producerer programmet dog en binær merge fil i formatet *.MRG. Denne indeholder data der direkte kan læses ind i programmet Viewlog (Viewlog er et kommersIELT program der anvendes på GEUS). Filen indeholder kun en del af de data der i forvejen bliver udlæst til en anden ASCII fil, og den er beregnet til hurtig, bekvem og sikker indlæsning i Viewlog af de data der er mest interessante for de fleste kunder.

2.4.2 *.PRN uddata filen

Alle øvrige beregnede data kan indlæses i Viewlog, eller andre grafiske præsentationsprogrammer ved læsning fra ASCII filen med samtlige data. Filen har filnavnet *.PRN. M.h.t. Viewlog programmet er dette en noget mere tids- og opmærksomkrævende proces for brugeren. Samtidig er der risiko for tastefejl under indlæsningen, og dermed risiko for ombytning af lognavnene samt forkert angivelse af måleenheder.

Det har vist sig, at logfilerne i dybdemode indeholder oplysninger om loghastigheden som funktion af dybden. Denne information har ikke været tilgængelig tidligere, og er derfor lagret i uddata.

Desuden lagres de målte tælletal for de 5 vinduer. Tælletalene er dog først blevet korrigeret svarende til diameteren 50mm.

Datafilen indeholder også beregninger for forholdene mellem de spektrale komponenter. Ved beregningen af disse forhold er det taget hensyn til at der ikke er divideret med værdier mindre end 0.05 koncentrationsenheder. Og at der alternativt blot defineres værdien -9999.99. D.v.s. at disse relative logs enten altid er positive, eller -9999.99.

2 af de beregnede relative logs har hver især en søsterlog som blot indeholder de reciproke værdier. Dette skyldes at kunder har forskellige traditioner eller ønsker m.h.t. præsentationen af forholdene mellem de spektrale komponenter. Og at det er langt nemmere at importere den ønskede log end at skulle udføre beregningen selv. Specielt når der også bør tages hensyn til ikke at vise usikre værdier der er fremkommet ved division med meget små værdier, og i det hele taget at tage hensyn til ikke at dividere med nul i sine beregninger.

Rækkefølgen af de enkelte logspor fremgår af datafilen.

Øverst i datafilen er det desuden valgt at oplyse om de beregningsmæssige forudsætninger ved den aktuelle datafil. D.v.s. anvendt boringsdiameter, midlingsinterval og sensitiviteter.

2.4.3 *.TXT uddata filen

Ved konvertering af SGW5 (5 vindues logging) genereres desuden en ASCII fil i formatet *.TXT. Denne indeholder de oplysninger der ligger gemt binært i header filen *.hdr. Dette gælder for header filer optaget såvel i dybdemode som i timemode.

2.4.4 senstable.prn sensitivitets filen

Sensitivitetsfilen genereres eller opdateres hver gang der udføres en genberegning, eller et plot. Den indeholder de 9 sensitiviteter, samt stripfaktorerne, som er beskrevet nedenfor i afsnittet om "Beregningssmetode".

Eksempel på indholdet af "senstable.prn":

Vindue 3	Vindue 4	Vindue 5	
Kalium faktorer	$Sk,3 = 3.140842$	$Sk,4 = 0.802236$	$beta*Sth,5 = Sk,5 = 0.171370$
Uran faktorer	$g*Sk,3 = Su,3 = 0.057384$	$Su,4 = 0.262940$	$alfa*Sth,5 = Su,5 = 0.101824$
Thorium faktorer	$b*Sk,3 = Sth,3 = -0.002863$	$a*Su,4 = Sth,4 = 0.069216$	$Sth,5 = 0.162000$
Alfa : 0.628541			
Beta : 1.057840			
Gamma : 3.051029			
A : 0.263241			
B : -0.000912			
G : 0.018270			

3. Beregningsmetode

3.1 Beregningsmodel

Ved 3 vindues metoden anvendes en massebalance på tælletallene fra 3 forskellige energi intervaller fra gamma-strålingsdetektoren i sonden. Det antages at tælletallene udelukkende skyldes den strålingsaktivitet der stammer fra radioaktive datter produkter fra henfald af komponenterne Kalium, Uran og Thorium. Det er en forudsætning for såvel kalibrering som logberegning, at der er tale om ligevægt i henfaldene i de radioaktive systemer. Og derved kan der iflg. /4/ opstilles nedenstående model for hvert af de 3 intervaller (eller vinduer):

$$r_{Th,5} - r_5 = s_{Th,5} * (c_{Th} - c_{Th,0}) + a * s_{U,5} * (c_U - c_{U,0}) + b * s_{K,5} * (c_K - c_{K,0}), \quad ("Thorium" \text{ vinduet})$$

$$r_{U,4} - r_4 = \alpha * s_{Th,4} * (c_{Th} - c_{Th,0}) + s_{U,4} * (c_U - c_{U,0}) + g * s_{K,4} * (c_K - c_{K,0}), \quad ("Uran" \text{ vinduet})$$

$$r_{K,3} - r_3 = \beta * s_{Th,3} * (c_{Th} - c_{Th,0}) + \gamma * s_{U,3} * (c_U - c_{U,0}) + s_{K,3} * (c_K - c_{K,0}), \quad ("Kalium" \text{ vinduet})$$

Hvor

c_{Th} , c_U og c_K er standardens koncentration (K %, U ppm og Th ppm)

$c_{Th,0}$, $c_{U,0}$ og $c_{K,0}$ er reference koncentrationerne for baggrundsstrålingen (K %, U ppm og Th ppm)

r er tællehastigheder fra de radioaktive komponenter i boringen, måles f.eks. i cps.

r_3 , r_4 og r_5 er tællehastighederne for baggrundsstrålingen fra materialerne i selve sonden.

s er sensitiviteter som tælletal i forhold til koncentration, f.eks. cps/pct eller cps/ppm.

a, b, c, α, β og γ er stripforholdene.

Og hvor

$$s_{U,5} = \alpha * s_{Th,5}$$

$$s_{K,5} = \beta * s_{Th,5}$$

$$s_{K,4} = \gamma * s_{U,4}$$

$$s_{Th,4} = a * s_{U,4}$$

$$s_{Th,3} = b * s_{K,3}$$

$$s_{U,3} = g * s_{K,3}$$

Hvis man derpå har 4 standarder med nøje bestemte koncentrationer af K, U og Th, så kan den ene af disse standarder udpeges som baggrunds standard. Typisk den standard med lavest mulige indhold af Kalium, Uran og Thorium, som f.eks. en standard bestående af kvarts eller ren kalk. Efter subtraktion af såvel koncentrationer som tælletal, så fås et linært ligningssystem med 9 forskellige sensitiviteter:

$$s_{K,K}, s_{K,U}, s_{K,Th}, s_{U,K}, s_{U,U}, s_{U,Th}, s_{Th,K}, s_{Th,U} \text{ og } s_{Th,Th}$$

Disse sensitiviteter kan benyttes til at definere 6 forskellige stripfaktorer:

$$\alpha, \beta, \gamma, a, b \text{ og } g.$$

Ved spektre fra helt rene prøver vil stripfaktorerne være et udtryk for forholdet mellem tællingerne i det dominerende vindue, og så de to øvrige vinduer.

Stripfaktorerne beregnes og vises på programnets brugerflade ved logberegringerne. Og der er mulighed for at editere og analysere disse. Der gælder dog, at brugeren kun kan editere i enten stripfaktorerne eller sensitiveterne. Hvis en editering af det ene datasæt indledes, så spærres adgangen til det andet indtil der er sket en opdatering. - Dette for at undgå ringslutning i beregningerne.

Ved kalibreringen af sonden måles spektre fra 3 forskellige standarder med kendte koncentrationer af Uran, Kalium og Thorium. Og der dannes således 3 systemer bestående af 3 ligninger med 3 ubekendte parametre ved kalibreringsprocessen. De 9 sensitiveter fås ved løsningen af disse 3 ligningssystemer.

Når sensitiveterne er fundet ved hjælp af denne kalibrering, kan koncentrationerne af Kalium, Uran og Thorium bestemmes ud fra målte tælletal fra 3 vinduer og kendskabet til baggrundsstrålingen. Dette sker ved blot at løse et enkelt ligningssystem bestående af 3 lineære ligninger med 3 ubekendte på de baggrundskorrigerede tælletal. - Og dette gøres så for hvert eneste af de spektre der er logget i boringen.

3.2 Sondens indstillinger

Ved logging i G256 mode, lagres tælledata for alle 256 kanaler svarende til hele energispektret (kanal nr 255 indeholder tællingerne med ekstremt høje energiniveauer). Ved logging i SGW5 mode fås der imod kun de tælletal der er integreret op over de 5 definerede vinduer.

Den fabriksdefinerede vindues sætning er vist nedenfor, og det skal især bemærkes, at summen af vindue 1...4 ikke er lig med summen af de 256 kanaler:

Kanal	Log	Kanaler	Energi niveau KeV
0	Vindue 1	11-36	180-
1	Vindue 2	37-85	500-
2	Vindue 3	86-127	1088-
3	Vindue 4	128-161	1588-
4	Vindue 5	162-250	2000-3035
5

4. Udførte kalibrerings målinger

4.1 DTU den 9. november 1999

GEUS har udført kalibrering på DTU den 9. november 1999 i nedennævnte standarder. Alle PVC rør har været vandfyldte under kalibreringerne. Filerne findes på installationsdisken, og kan læses med det tilhørende program.

Standard navn	Koncentrationer			Rørdiametre (mm)	Standard diameter (cm)	Standard højde (cm)	Bund af sonde over bund af standard (cm)	SGW5 fil	G256 fil
	K (pct)	U (ppm)	Th (ppm)					*.hdr og *.log	*.hdr og *.lspc
Zirkon og silt	1,12	21,6	26,2	58,8-63,0	56	74	15	991109c.*	991109a.*
Monasit og silt	0,8	3,6	64,0	58,8-63,0	56	93	15	991109e.*	991109d.*
Kvarts	0,3	0,0	0,0	58,8-63,0	56	72	13	991109g.*	991109f.*
Tungsand	0,06	58	236	58,8-63,0	56	72	15	991109l.*	991109h.*
KNO ₃	38,7	0,0	0,0	58,8-63,0	56	75	12	991109k.*	991109j.*
Fri luft	-	-	-	-	-	-	-	991109p.*	991109L.*

4.2 RISØ

Risø råder over en model af en boring bestående af 4 stk. ø125mm/ø145mm x 1m cementrør der er udstøbt med kendte standarder, stablet oven på hinanden og med et ø82mm centreret borehul. Nærmere beskrivelse findes i [3].

Modelbrønden er beregnet til at blive vandfyldt, men er blevet defekt i tidens løb p.g.a. frostskader. Standarderne, og cementringene benævnes fra oven og nedefter som Blank, Mellem, Blank og Kraftig.

Standarderne har følgende oplyste koncentrationer:

Standard	K(pct)	U(ppm)	Th(ppm)
Blank/lav	0,41	0,96	2,3
Mellem	0,76	76,5	157
Kraftig	1,9	324	660

Der er målt nedenstående data fra denne brønd. Filerne findes på den medfølgende installationsdisk. Ved logging i vand, er det forsøgt at pumpe vand ned i boringen fra oven. Men p.g.a. de mange sprækker, så skal data tages med et vist forbehold. Særligt ved den øverste del af boringen hvor det var svært at bibeholde vandstanden tilstrækkeligt høj. Det kan således ikke udelukkes, at der er trængt luftbobler ned i boringen ved det høje flow af vand. Det skal bemærkes, at time mode data fra 3 forskellige niveauer findes i den samme fil. Sonden er blot blevet flyttet mellem disse 3 positioner under loggingen. Hvis man ønsker at udnytte disse resultater til kalibreringsformål, er det derfor nødvendigt først at konvertere filerne til ASCII format, og derefter udlede de korrekte værdier v.h.a. et regneark.

Logmode	Fil	Logdybder	Medie
SGW5 dybdemode	ii.hdr ii.log	(Interval)	Vand
SGW5 tidsmode	990518b.hdr 990518b.log	1,5m 2,5m 3,5m	Vand
G256 tidsmode	990518d.hdr 990518d.spc	1,5m 2,5m 3,5m	Vand
G256 tidsmode	990518e.hdr 990518e.spc	1,5m 2,5m 3,5m	Luft
SGW5 dybdemode	990518f.hdr 990518f.log	(Interval)	Luft
SGW5 tidsmode	990518g.hdr 990518g.log	1,5m 2,5m 3,5m	Luft

5. Analyse af sondens funktion

Programmet er anvendt til en analyse af sondens funktion, idet det er observeret, at Thorium og Uran ofte har modsatte udsving på logmønsteret. Disse udsving burde ikke forekomme for naturligt forekommende materialer.

GEUS råder over en kalibreringsboring der stadig er åben til 65m under terræn. Den er boret gennem de øverste 20m moræne, og foret med ø150mm PVC rør i dette interval. Anulus mellem forerør og moræne er udstøbt med cement i flere etaper, og der kan være forekommeth vis sortering og lagdeling under sedimentationen og hærdningen af dette forseglingsmiddel.

Det kan ikke udelukkes at dette vil kunne give stærkt forstyrrede og uventede logmønstre. Bl.a. fordi lavenergi strålingen i Kalium vinduet bremses kraftigere gennem passagen af cementen end strålingen fra de to andre mere energirige vinduer.

Efter hærdning er boringen først udført som kærneboring til 66m med kernedimensionen ø76mm/ø56mm gennem Københavns Kalken og til toppen af Bryozokalken. Efterfølgende er boringen forsøgt reamet til bunden med ø101mm traditionelt reameudstyr. Forsøget måtte dog opgives i ca 34m dybde, og den videre reamning til 66m er udført med ø101mm/ø83mm kernebore udstyr. Herved er der opstået et "side track" i boringen, hvor divergensen påbegyndes fra 41m og hvor der er fuld divergens fra 50m og ned til 66m.

Der er derefter udført spektral kerne skanning på kernen i GEUS's kerneanalyse laboratorie, og DTU v. Uffe Korsbech har udført en tilsvarende spektral gamma logging i selve boringen.

GEUS kernelaboratorie råder over certificerede standarder, og kerneskanerne er kalibreret op imod disse standarder. Standarderne er formet som kernestykker, og skanningen er udført i en temperaturstabiliseret blytunnel.

DTU råder over et andet sæt standarder der er udformet som modelbrønde bestående af cirkulære cylindre med et centreret forerør.

Der er med andre ord tale om dokumentation ud fra både to forskellige målemetoder, h.h.v. kerneskanning og borehulslogging, og ud fra to forskellige og uafhængige standard referencer (h.h.v. Risø og DTU).

5.1 Sammenligning mellem forskellige logoperatører

Det er derfor nærliggende at sammenligne Robertson sondens resultater med resultaterne med DTU's wireline logging og GEUS's kerneskanning for at kunne konstatere i hvilken grad der er overensstemmelse. På figuren nedenfor ses sådan en sammenligning sammen med en kaliberlog.

På figuren er resultatet fra Robertson sonden vist som den røde og blå graf. Den røde kurve viser resultatet for logging med et ø120mm centeringsstyr, og efterfølgende beregning med indtastet boringsdiameter ø120mm. Tilsvarende stammer den blå kurve fra et logrun med et ø150mm centeringsstyr og efterfølgende beregning som en ø150mm boring.

På figuren viser DGam summen af tællertallene fra de 3 vinduer der benyttes til beregningerne, mens TGam, DGam og Int viser integral tællertallene. DGam er dog kun integraltællertallene for

vindue 3, 4 og 5. DTU og Skan hentyder til h.h.v. log udført af DTU og kerneskanning udført af GEUS.

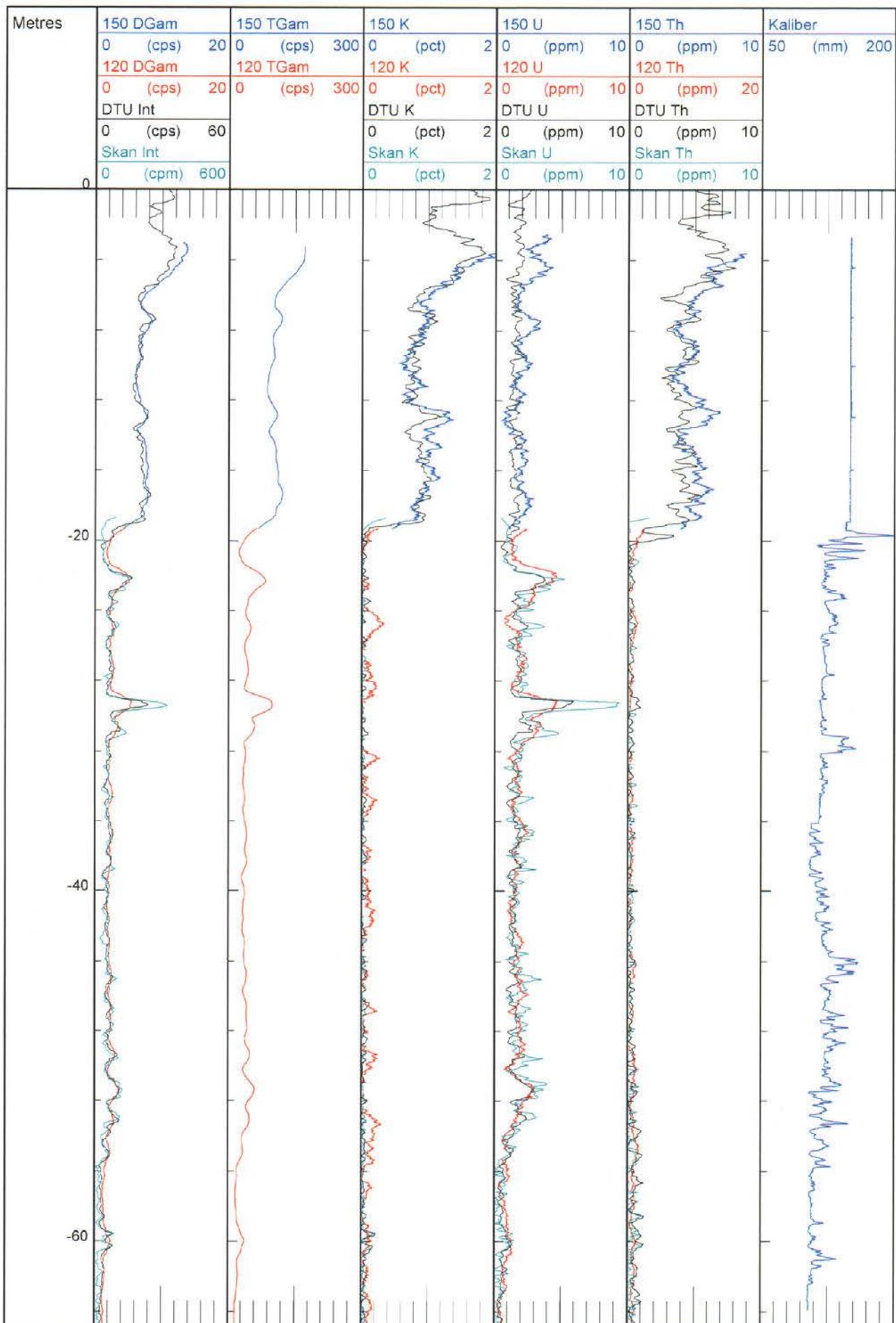
Når der tages hensyn til at der er anvendt forskellige loghastigheder og detektor størrelser ved de forskellige, så kan det ved sammenligning mellem de sorte logs (DTU logs) og de grønne logs (GEUS kerneskanning) at

- der er overensstemmelse mellem resultatet fra de 3 instrumenter/målemetoder.
- der ikke umiddelbart kan konstateres voldsomme modsatte udslag på Thorium og Uran loggene.

Centrerede GEUS logs(blå+rød), samt DTU log(sort), samt GEUS skanning(grøn) og kaliber.

150: Beregning v.h.a. diameteren 150mm.

120: Beregning v.h.a. diameteren 120mm.



5.2 Undersøgelse af stabiliteten

Det er derpå undersøgt hvorvidt Robertson sonden kan reproducere loggene. Til det formål har der været udført 4 logruns i forerøret med samtidig anvendelse af ø150mm centreringsstyr.

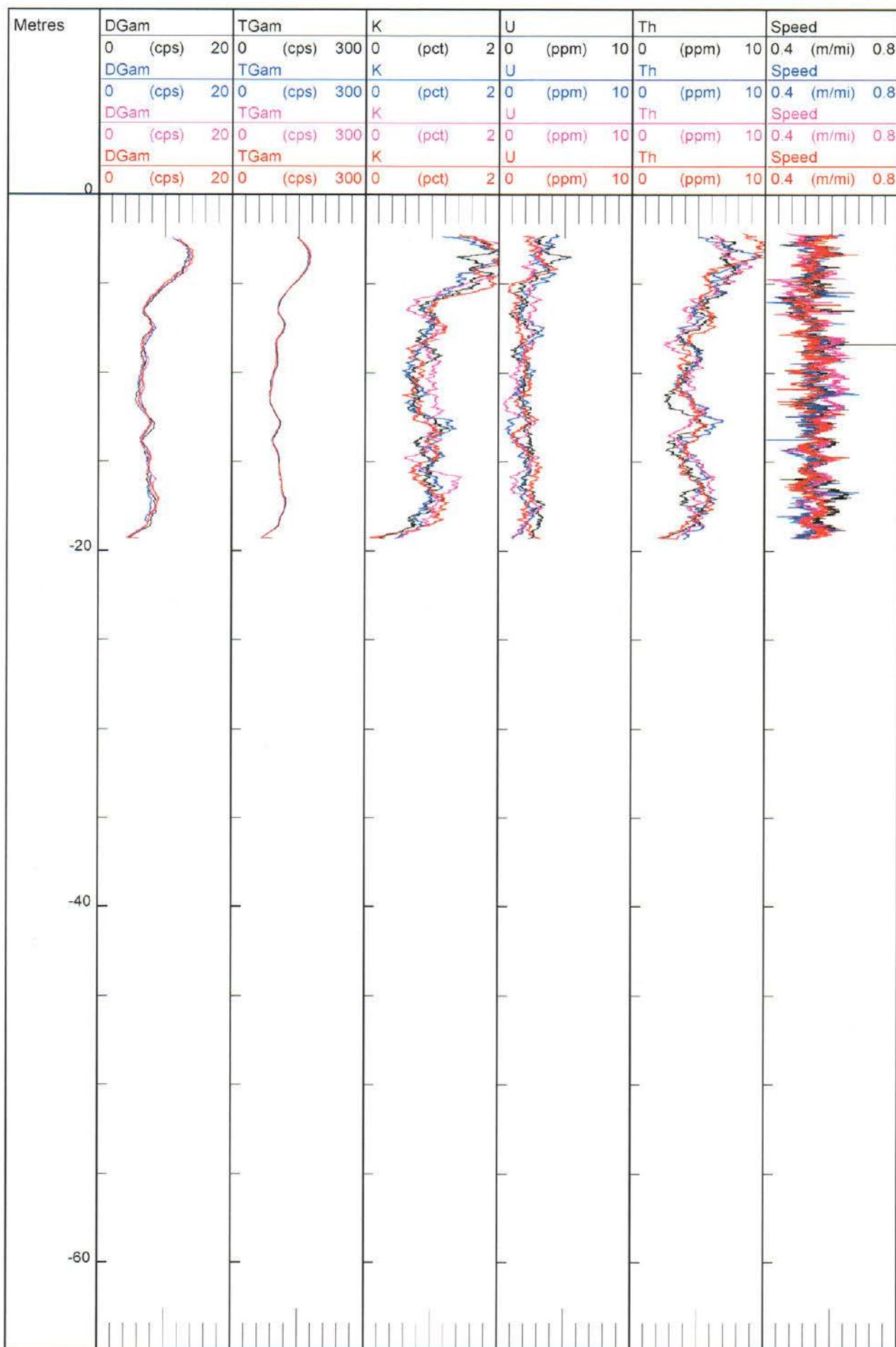
Resultatet heraf fremgår af loggene der er vist nedenfor, og det kan ses at :

- sonden reproducerer loggene med kun mindre afvigelser som må skyldes den almindelige statistiske usikkerhed på strålingsaktiviteten.
- Det kan også ses, at der er variationer der svinger regelmæssigt som funktin af dybden. Antageligvis som følge af fysiske spændinger i kablet, og den rotation og skævhed der måtte være i sondens kobling.
- (loghastigheden varierer ens fra logging til logging)
- Modsatte udsving mellem Uran og Thorium synes ikke at kunne ses i dette tilfælde.

Der er således ikke tale om at sonden giver anledning til pludselige fejlagtige målinger.

Sondens stabilitet, og usikkerhed.

Fuld centerret log i ø150mm forør. Ialt 4 gentagne logruns.



5.3 Effekten af centrering i ø150mm forerør

Det er derefter undersøgt om centrering kunne have indflydelse på logmønsteret, og evt. også generelt for de beregnede værdier. Dette er sket ved at supplere med et logrun fra boringsbunden og til terræn uden overhovedet at anvende centreringsudstyr, og at afbilde dette logrun i følgende kombination (loggene er vist som de er optaget, og der er en mindre dybdeforskydning mellem loggene som der skal ses bort fra):

- Log uden centrering, ved ø150mm beregning (benævnt som "150-u" i diagrammet).
- Log med ø120mm centrering ved ø150mm beregning (benævnt som "150-c" i diagrammet).
- Log med ø150mm centrering ved ø150mm beregning (benævnt som "150-C" i diagrammet).

Resultatet af denne sammenligning kan ses nedenfor, og det kan heraf ses at:

- Centrering generelt giver de højeste tælletal for summen af vindue 3, 4 og 5.
- Manglende centrering tilsyneladende giver for store værdier for K og for små værdier for U og Th i kalken.
- Manglende centrering generelt giver for små værdier for K og Th i forerøret.
- Manglende centrering kan give anledning til modsatte udslag for Uran og Thorium såvel i kalken som i forerøret.

Når der tages hensyn til at boringsvæggen er ujævn med kaviteter, som vil påvirke sondens reelle centrering i borehullet, kan det ses, at centrering har stor indflydelse på kvaliteten af logresultaterne.

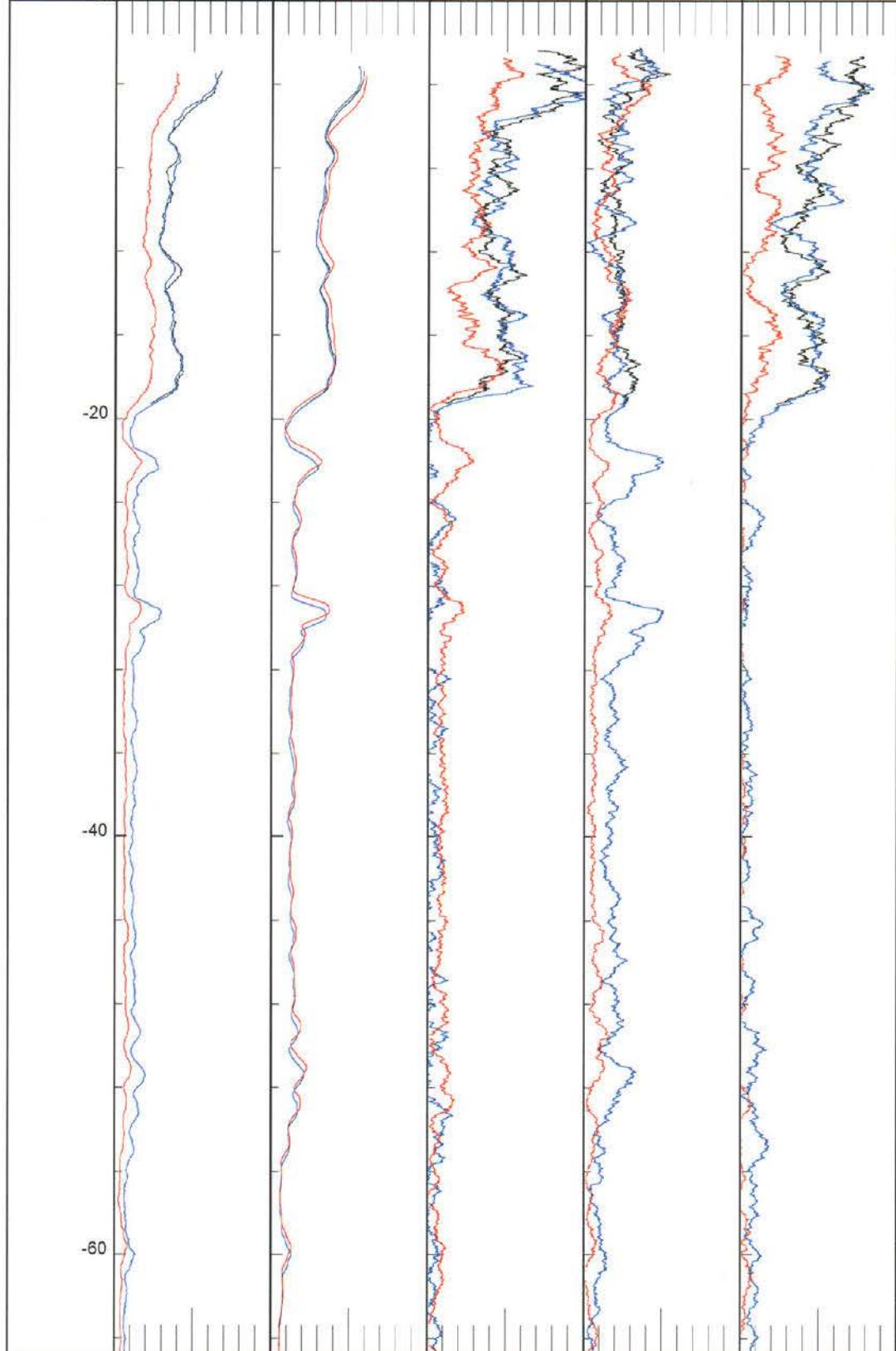
Effekten af centrering, - stabilitet

u=uden centreringsstyr.

C=med 150mm centreringsstyr. c=med 120mm centreringsstyr.

150=Beregning med 150mm diameter.

Metres	150-C DGam		150-C TGam		150-C K		150-C U		150-C Th						
	0	(cps)	20	0	(cps)	300	0	(pct)	2	0	(ppm)	10	0	(ppm)	10
	150-c DGam		150-c TGam		150-c K		150-c U		150-c Th						
	0	(cps)	20	0	(cps)	300	0	(pct)	2	0	(ppm)	10	0	(ppm)	10
150-u DGam			150-u TGam		150-u K		150-u U		150-u Th						
0	(cps)	20	0	(cps)	300	0	(pct)	2	0	(ppm)	10	0	(ppm)	10	



5.4 Effekten af diameter korrektioner

Det er til sidst undersøgt i hvilken grad diameter korrektionerne har indflydelse på logresultatet, at sammenholde dette med effekten af at centrere sonden under loggingen.

Til brug for denne undersøgelse er der udvalgt de 2 logruns der er udført fra bund til top af boringen med h.h.v. ø120mm centrering og ø150mm centrering. Derpå er der gennemført nedennævnte logberegninger ved brug af såvel ø120mm og ø150mm diameter i beregningerne.

De 4 logberegninger er vist i figuren nedenfor med følgende nomenklatur:

- "120-c", ø120mm beregning på ø120mm centreret logrun, vist blå og kontinuert.
- "150-c", ø150mm beregning på ø120mm centreret logrun, vist blå og stiplet.
- "120-u", ø120mm beregning på ucentreret logrun, vist rød og kontinuert.
- "150-u", ø150mm beregning på ucentreret logrun, vist rød og stiplet.

Ved sammenligningerne på figuren kan det ses at der er langt større forskel mellem de røde (ucentrerede) og blå (centrerede) kurver end internt mellem de kontinuerte (120mm beregning) og de stiplede (150mm beregning), svarende til at effekten af centrering er langt mere dominerende end effekten af diameter variationerne.

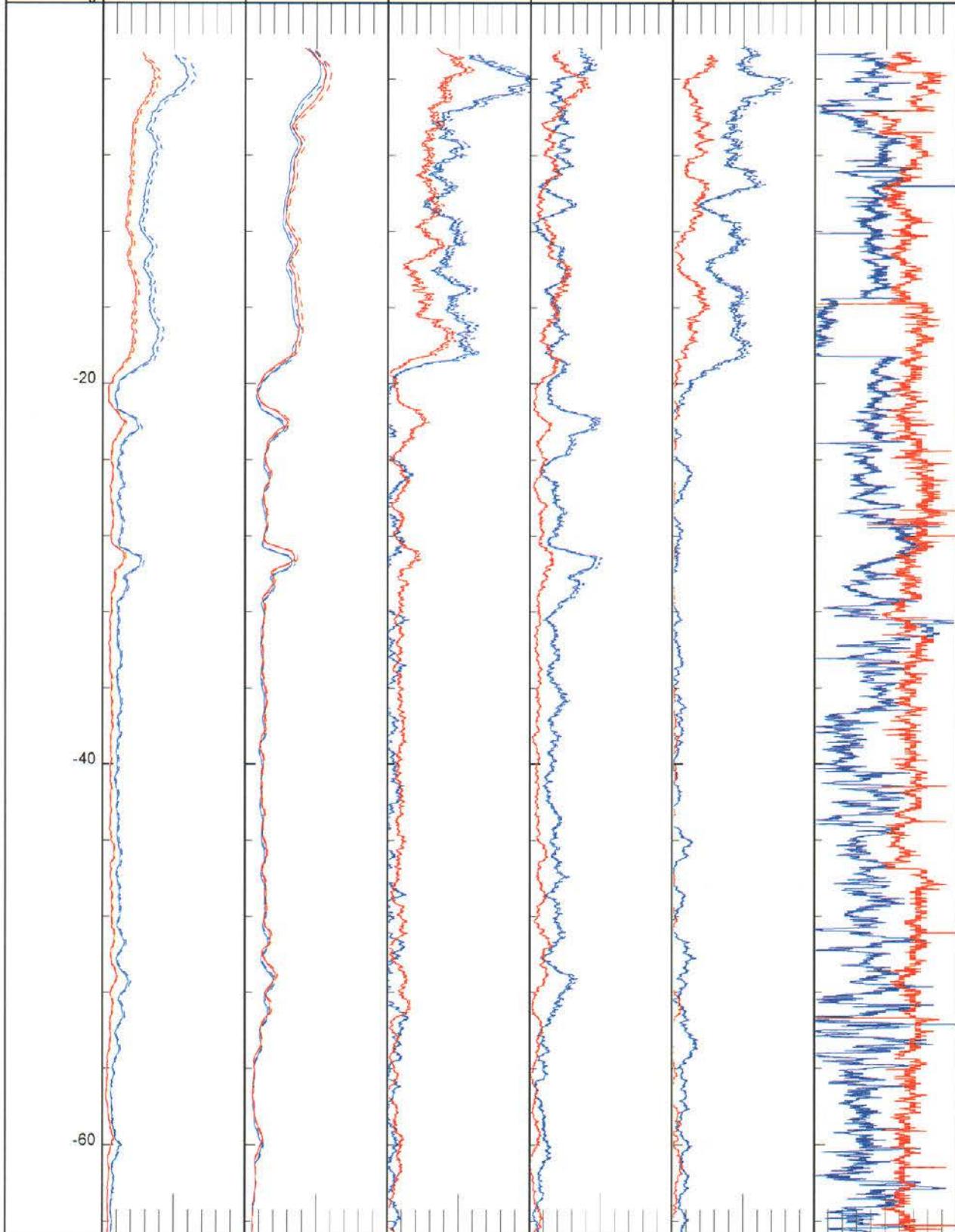
(Der skal ses bort fra en mindre dybdeforskydning mellem loggene).

Effekten af centrerings sammenlignet med diameter korrektion.

u=uden centreringsstyr. c=med 120mm centreringsstyr.

120=Beregning v.h.a. 120mm diameter. 150=Beregning v.h.a. 150mm diameter.

Metres	120-c DGam		120-c TGam		120-c K		120-c U		120-c Th		120-c Speed	
	0 (cps)	20	0 (cps)	300	0 (pct)	2	0 (ppm)	10	0 (ppm)	10	0.4 (m/min)	0.8
	150-c DGam		150-c TGam		150-c K		150-c U		150-c Th		150-c Speed	
	0 (cps)	20	0 (cps)	300	0 (pct)	2	0 (ppm)	10	0 (ppm)	10	0.4 (m/min)	0.8
	120-u DGam		120-u TGam		120-u K		120-u U		120-u Th		120-u Speed	
	0 (cps)	20	0 (cps)	300	0 (pct)	2	0 (ppm)	10	0 (ppm)	10	0.4 (m/min)	0.8
	150-u DGam		150-u TGam		150-u K		150-u U		150-u Th		150-u Speed	
	0 (cps)	20	0 (cps)	300	0 (pct)	2	0 (ppm)	10	0 (ppm)	10	0.4 (m/min)	0.8



6. Eksempler på programanvendelse

6.1 Generere nye kalibreringsfiler

Hvis man har behov for rekalibrering af sonden, eller at lave filer til brug for specielle situationer skal man først konvertere 4 kalibreringsmålinger. De kan være G256 time mode med 256 kanaler, eller de kan være SGW5 time mode med 5 vinduer. Når det er gjort skal de sættes sammen til en ny kalibreringsfil. I denne sidste del er det meget vigtigt at have fundet alle standardens koncentrationer frem. Og det er også en god ting at have en beskrivelse af standarde og forsøgsopstillingerne.

6.1.1 Trin 1, at konvertere time mode datafiler (*.spc, *.log)

Start programmet. Og gå til menupunktet "Generer ny kalibreringsfil".

Ved konvertering af filen 991109L.hdr og 991109L.log vælges undermenuen "Konvertere G256 fil (*.hdr, *.spc) til ASCII fil (*.spk)".

Derpå klikkes "OK" til dialogboksen "Vindues setting" for at acceptere den default vindues setting.

Der vælges så filen "991109L.SPC" og dermed også indirekte headerfilen "991109L.hdr".

Og hermed er filen konverteret til "991109L.SPK", og den kan allerede ses med en editor:

```
File name: C:\Kalib\SGW3_10\Kalibreringsdata DTU 9-november-1999\991109A.SPK
Input file name: C:\Kalib\SGW3_10\Kalibreringsdata DTU 9-november-1999\991109A.SPC
Dybde(m): 0.000000
Tid(s): 1914.260000
Dac: 135.000000
Temperature: 17.100000
Window1 channel 11-36: *483.881989 cps
Window2 channel 37-85: *112.629425 cps
Window3 channel 86-127: *26.019449 cps
Window4 channel 128-161: *8.731310 cps
Window5 channel 162-250: *6.022172 cps
LowSpectrumTotal channel 0-254: 1109.007568 cps
HighSpectrumTotal channel >=255: 0.643068 cps
TotalSpectrum channel 0-255: 1109.650637 cps
Kanal Tælletal(cps)
0 0.052240
1 7.121290
2 24.855036
3 29.446365
(2 kolonner med i alt 256 datalinier)
251 0.001567
252 0.002090
253 0.002612
254 0.003134
255 0.643068
```

Ved konvertering af SGW5 time mode filen 991109C.hdr vælges undermenuen "Konvertere SGW5 timemode fil (*.hdr, *.log) til ASCII fil (*.tim)"

Der vælges så filen "991109C.HDR" og dermed også indirekte logfilen "991109L.log". (Der kommer ikke noget resultat hvis det forsøges at åbne en dybde mode SGW5 fil).

Og hermed er filen konverteret til "991109C.TIM", og den kan allerede ses med en editor:

```

File name: C:\Kalib\SGW3_10\Kalibreringsdata DTU 9-november-1999\991109C.TIM
Input file name: C:\Kalib\SGW3_10\Kalibreringsdata DTU 9-november-1999\991109C.HDR
Antal datasæt i logfilen: 13499
Tid(s): 1738.420000
Kanal 1(cps): *484.859815
Kanal 2(cps): *112.174273
Kanal 3(cps): *26.018454
Kanal 4(cps): *8.625649
Kanal 5(cps): *6.057224
Kanal 6(cps) (Åbenbart hele spektret fra 0 til uendelig): 1109.507484

id,slots,counts[0],counts[1],counts[2],counts[3],counts[4],counts[5]
137 6 62 9 4 0 0 157
137 7 62 15 3 1 1 127
137 6 62 21 3 1 0 145
137 7 65 17 3 0 0 149
137 6 51 11 6 2 0 138
137 6 58 16 4 0 1 141

(6 kolonner med ialt 13499 datalinier)

137 7 51 16 0 2 0 121
137 6 62 21 2 2 1 146
137 7 72 8 2 1 0 131
137 6 64 13 2 3 1 154
137 6 64 13 2 3 1 154

```

6.1.2 Trin 2, Generere ny kalibreringsfil (*.kal)

Undermenuen "Ny kalibreringsfil (*.kal)" ved kombination af 4 konverterede filer (*.spk, *.tim) med data for K,U og Th." vælges. Der vælges en fil ad gangen. Og for hver fil skal brugeren indtaste et sæt oplysninger. Som minimum skal der oplyses om rørdiameteren og koncentrationen af Kalium, Uran og Thorium.

Felterne for disse 4 parametre bliver røde hvis de ikke er korrekt udfyldt. Og dialogboksen slukker ikke før end der er tilstrækkeligt med data. Kalibreringsfilen med filnavnet "2001-12-4-11-47-13.kal" (yyyy-mm-dd-hh-mm-ss-ss/100) er genereret, og kan ses med en editor:

```

Data for baggrund:
Tælletal beregnet fra denne fil: M:\Kalib\SGW3_8\Kalibreringsfiler\991109f.SPK
K. U. Th. W1. W2. W3. W4. W5. Diameter(mm)//// Tekst
*0.300000 0.000000 0.000000 25.389254 6.673539 1.809125 0.377340 0.334674 63.000000////

Oprettet af: Gert Andersen
Koncentrationer oplyst af: Uffe Korsbech
Standardens navn, dato: *Kvarts
Rørmaterialer/åbent hul: PVC
Rørtypkelse: 1.2
Tørt eller vådt hul: Vandfyldt PVC rør i tør standard
Boremudder eller vand: Postevand
Andre bemærkninger: Udført ved stuetemperatur

Data for standard 1:
Tælletal beregnet fra denne fil: M:\Kalib\SGW3_8\Kalibreringsfiler\991109a.SPK
K. U. Th. W1. W2. W3. W4. W5. Diameter(mm)//// Tekst
*1.120000 21.600000 26.200001 483.881989 112.629425 26.019449 8.731310 6.022172
63.000000////

Oprettet af: Gert Andersen
Koncentrationer oplyst af: Uffe Korsbech
Standardens navn, dato: *Zirkon+silt
Rørmaterialer/åbent hul: PVC
Rørtypkelse: 1.2
Tørt eller vådt hul: Vandfyldt PVC rør i tør standard
Boremudder eller vand: Postevand
Andre bemærkninger: Udført ved stuetemperatur

Data for standard 2:
Tælletal beregnet fra denne fil: M:\Kalib\SGW3_8\Kalibreringsfiler\991109d.SPK

K. U. Th. W1. W2. W3. W4. W5. Diameter(mm)//// Tekst
*0.800000 3.600000 64.000000 412.472534 98.094292 17.118723 7.833457 10.857594
63.000000////

Oprettet af: Gert Andersen
Koncentrationer oplyst af: Uffe Korsbech
Standardens navn, dato: *Monazit+silt
Rørmaterialer/åbent hul: PVC
Rørtypkelse: 1.2
Tørt eller vådt hul: Vandfyldt PVC rør i tør standard
Boremudder eller vand: Postevand
Andre bemærkninger: Udført ved stuetemperatur

Data for standard 3:
Tælletal beregnet fra denne fil: M:\Kalib\SGW3_8\Kalibreringsfiler\991109j.SPK
K. U. Th. W1. W2. W3. W4. W5. Diameter(mm)//// Tekst
*38.700001 0.000000 0.000000 559.818237 221.928207 121.508919 2.570332 0.226305
63.000000////

Oprettet af: Gert Andersen
Koncentrationer oplyst af: Uffe Korsbech
Standardens navn, dato: *KNO3
Rørmaterialer/åbent hul: PVC
Rørtypkelse: 1.2
Tørt eller vådt hul: Vandfyldt PVC rør i tør standard
Boremudder eller vand: Postevand
Andre bemærkninger: Udført ved stuetemperatur

```

Programmet afsluttes. Kalibreringsfilen kan evt. editeres m.h.p. at tilføje ekstra kommentarer, eller at rette forkert indtastede koncentrationer m.v., og programmet kan derpå startes igen med henblik på at beregne en spektral log.

6.2 Beregning af spektral log

Efter programstart vælges "Åbne *.hdr/*.log fil", og der vælges en SGW5 dybdemode fil. (Husk først at kopiere datafilerne fra CD-rom og til harddisk inden beregningerne. Alternativt vil programmet forsøge at skrive på CD-rom mediet, og der vil fås en fejlmeldelse fra Windows) Der vil fremkomme en række felter med oplysninger fra de binære dele af *.hdr filen. Og typisk vil diameteren for boringen mangle. Feltet vil være farvet gult, og skal være udfyldt med et reelt tal.

Ved tryk på return, eller ved at vælge menupunktet "Indlæs kalibreringsfil", skal der vælges en kalibreringsfil (*.kal), og data fra denne vil straks fremkomme på skærmen. Her har brugeren mulighed for en sidste editering inden data bliver anvendt til beregning af sensitiviteter og stripfaktorer.

Det bemærkes, at felterne for boringsdiameteren og for diameterne for standarderne alle er gule. Dette er blot for at gøre opmærksom på om boringsdiameteren passer nogenlunde til den anvendte kalibrering. Eller om der måske er behov for kalibrering i en anden og mere passende størrelse boring. Alle data, såvel fra standarderne som fra boringen, vil blive justeret til data svarende til en Ø50mm boring inden de anvendes i selve beregningerne. Data bliver således diameter korrigert efter de oplyste diametre.

Ved tryk på OK vil den første beregning blive gennemført. Herved fremkommer de beregnede data grafisk på skærmen. Og samtidig vises de beregnede sensitiviteter, stripfaktorer, aktuelt midlingsinterval og nogen felter til justering af grafikken.

Hvis data er tilfredsstillende, så vælges menupunktet "Afslut", og programmet slukker efter en kortvarig filhåndtering. Og herved er filerne *.prn, *.txt og *.mrg blevet dannet.

Inden denne afslutning kan der dog gøres følgende fra menuen:

- **Print**, hvorved et plot af de aktuelle data plottes på en printer samtidig med en opdatering af skærmen. På plottet er der desuden anført data til dokumentation af beregningen, og det er tanken at dette plot skal kunne opbevares sammen med GEUS's øvrige rapport materiale.
- **Tegn og beregn**, hvorved filerne genbereges og skærbilledet opdateres

Og på selve skærbilledet er der mulighed for følgende justeringer:

- **Juster af grafikken**. Hvorfra logsporene kan tændes og slukkes, og limit på akserne kan justeres.
- **Juster af sensitiviteter og baggrundsværdier**. Denne funktion er tiltænkt analyseformål, idet brugeren har mulighed for at afprøve andre datasæt for sensitiviteter, eller at justere de allerede indlæste datasæt. Hvis dette finder sted, så vil basisdata ikke blive udprintet på et eventuelt plot. I stedet vil der blot blive printet en kommentar "User modified calibration data". Efter editeringen skal der trykkes enten på Opdater, Tegn og beregn eller Print for at se resultatet. Og derved opdateres de tilhørende stripping faktorer, skærbilledet og beregningerne. Baggrundstællingerne i boringen (r3,r4,r5) svarende til aktiviteten fra sondens egne materialer er foreløbig default sat til 0, men kan justeres ved indtastning i rubrikerne på skærbilledet. De målte tælletal reduceres for baggrundstællingerne inden der korrigeres for diameter effekten.
- **Juster af stripping faktorer**. Funktionen svarer til "Juster af sensitiviteter og baggrundsværdier". Der kan kun justeres på den ene af disse to funktioner mellem hver opdatering. I stedet for at justere på sensitiviteterne, så kan brugeren i stedet justere på stripping faktorerne. Dog ikke samtidig med justering af sensitiviteterne. Der skal også vælges **Opdater**, **Tegn og Beregn** eller **Print** for at se resultatet.
- **Juster af intervallet for den glidende midling**, giver mulighed for at ændre på midlingsintervallet ved den glidende midling i antal datapunkter. Programmet ændrer selv eventuelle lige antal datasæt til et ulige antal a.h.t. at midlingen skal være symmetrisk om det datapunkt der skal repræsentere de midlede data.
- **Evt. indlæse et sæt testdata, og valg af print/plot data**, giver mulighed for at indlæse en ASCII datafil (*.prn) med dybder og 4 kolonner for data (typisk total tælletal, K, U, Th). Filen skal være mellemrumsløs eller tabulator separeret, og data skal være med punktum foran decimalværdier. Første linie bliver ikke betragtet som data, og kan godt indeholde overskrifter m.m. Der er mulighed for at justere udslaget for total gamma sporet, og for at dybdeskifte og

strække dybderne. Testdata bliver plottet sammen med data hvis en datafil er indlæst, og hvis logsporene er mærket af i dette felt.

- **Justering af intervallet for den glidende midling**, giver mulighed for at justere det interval over dybden (målt i centimeter) hvor logdata først bliver midler inden beregningen af K, U og Th. Skærmen skal opdateres inden resultatet kan ses.

Indholdet af en *.txt fil (200411a.txt):

```
Log file: M:\Kalib\SGW3_11\Logfiler\200411a.hdr
Sonde type: SGW5
Log mode: Uphole
Bitsize:
Logname: SPECTRAL WINDOW MODE
Datanames: W1 W2 W3 W4 W5 CH6
Data units: CPS CPS CPS CPS CPS CPS
Sonde length: 1.96
Start depth: -65.51
Stop depth: -1.96
Loggers date: 200410
Ground elevation:
Comment line 1: MP= terraen
Comment line 2:
Comment line 3:
Comment line 4:
File name:
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 200 66 21 0 18 0
1 0 1 0 2 0 0 0 0 0 0 72 66 21 0 18 0
3 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 160 64 21 0 18 0
4 0 1 0 2 0 0 0 0 0 0 0 64 21 0 18 0
5 0 1 0 3 0 0 0 0 0 0 0 128 63 21 0 18 0
6 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 64 28 70 11 0 0 0
Beregnde offset: 105 105 103 103 102 81 0
Reviderede offset: 0 0 -2 -2 -3 -24 105
StartDepth: -65.340004
```

Indholdet af en *.prn fil (200411a.prn):

```
Midling over dybde: 31 cm, Anvendt diameter: 120.00 mm
Anvendte sensitiviteter: Vindue 3; Vindue 4; Vindue 5;
Kalium faktorer : Sk,3=3.141000 ;gam*Su,4= Sk,4=0.802000 ;beta*Sth,5= Sk,5=0.171000
Uran faktorer : g*Sk,3= Su,3=0.057000 ; Su,4=0.263000 ;alpha*Sth,5= Su,5=0.102000
Thorium faktorer: b*Sk,3=Sth,3=-0.003000; a*Su,4=Sth,4=0.069000; Sth,5=0.162000

Stripfaktorer:
Alfa : 0.629630
Beta : 1.055556
Gamma : 3.049429
A : 0.262357
B : -0.000955
G : 0.018147

Anvendte baggrunde:
r3:0.000000, r4:0.000000, r5:0.000000

Dybde(m) DGam(cps) TGam(cps) Kalium(pct) Uran(ppm) Thorium(ppm) Speed(m/min) U/Th Th/K U/K Th/U K/Th W1(cps) W2(cps)
W3(cps) W4(cps) W5(cps)
-65.16 1.134 15.145 0.128 0.564 0.195 0.545 2.888 1.527 4.410 0.346 0.655 10.467 3.545 0.888 0.176 0.070
-65.15 1.162 14.971 0.147 0.538 0.192 0.526 2.809 1.306 3.669 0.356 0.766 10.324 3.486 0.925 0.169 0.068
-65.14 1.190 14.935 0.158 0.436 0.441 0.517 0.987 2.797 2.761 1.013 0.357 10.276 3.469 0.920 0.169 0.101
-65.13 1.187 15.028 0.108 0.601 0.368 0.545 1.631 3.413 5.567 0.613 0.293 10.481 3.361 0.884 0.202 0.101
-65.12 1.188 14.972 0.108 0.601 0.369 0.484 1.631 3.413 5.567 0.613 0.293 10.422 3.362 0.885 0.202 0.101
-65.11 1.159 15.040 0.097 0.607 0.369 0.526 1.646 3.805 6.264 0.607 0.263 10.503 3.378 0.855 0.203 0.101
-65.10 1.163 14.730 0.097 0.609 0.370 0.625 1.646 3.805 6.264 0.607 0.263 10.177 3.390 0.858 0.204 0.102
-65.09 1.172 14.674 0.098 0.516 0.626 0.545 0.825 6.365 5.249 1.212 0.157 10.155 3.348 0.830 0.205 0.137
(o.s.v.)
```

Eksempel på et print af loggen 204011a.log. Logsporet for testdata for Uran fra filen DTU.prn er vist som den lilla kurve:

Filename: M:\SNG sonde\Thoravej Logfiler\200411a.hdr

Date and time for processing: 31-01-2002 17:28:22

Sensitivity:

Sk: 3.141 gam*Su: 0.802 beta*Sth: 0.171
g*Sk: 0.057 Su: 0.263 alfa*Sth: 0.102
b*Sk: -0.003 a*Su: 0.069 Sth: 0.162

Strip factors:

alfa: 0.6296 beta: 1.0566 gam: 3.0494
a: 0.2624 b: -0.0010 g: 0.0181

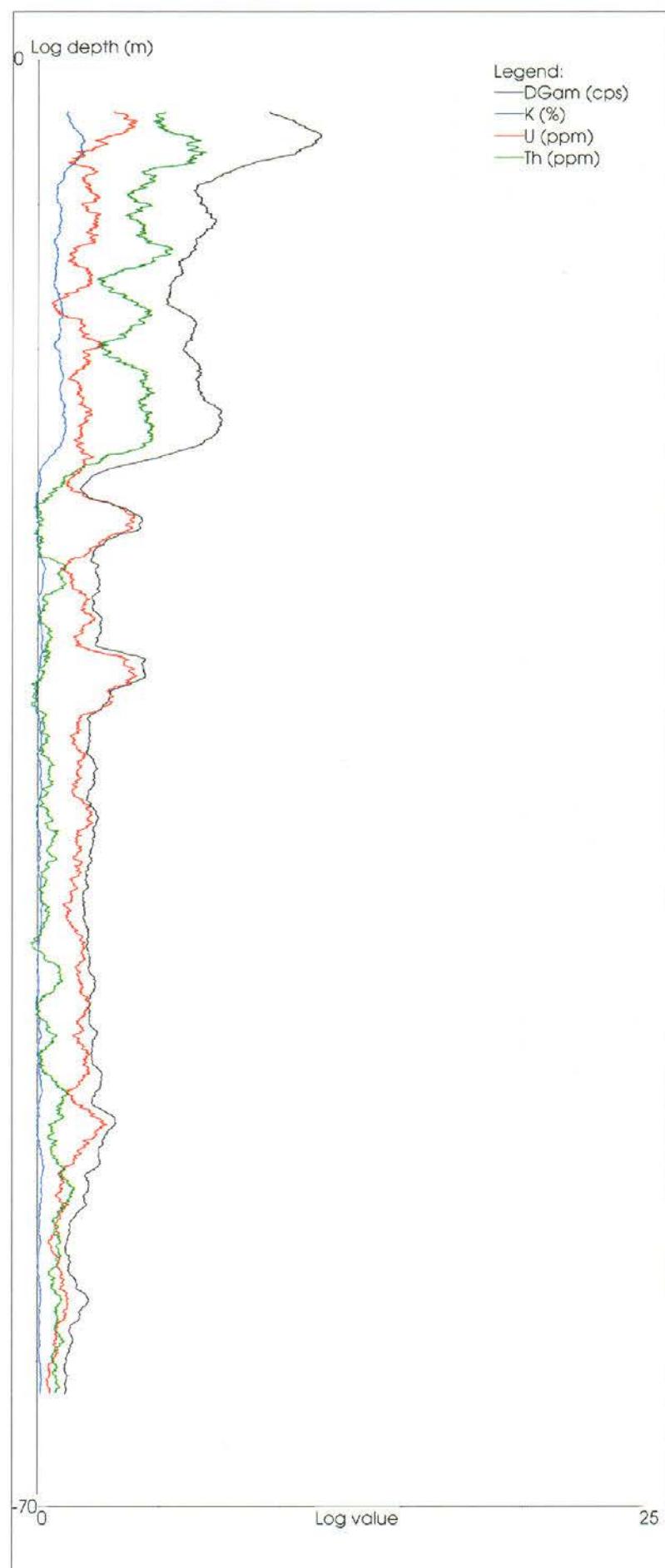
User modified calibration data

User defined borehole diametre: 120

User defined average interval (cm or no. of points): 151

Original content of headerfile:

Sonde type SGW5
Mode Up hole
Name SPECTRAL WINDOW MODE
Data names W1 W2 W3 W4 W5 CH6
Data units CPS CPS CPS CPS CPS CPS
Sonde length 1.96
Start depth(m) -65.51
Stop depth(m) -1.96
Date 200410
Ground elevatio
Comment line 1 MP=terraen
Comment line 2
Comment line 3
Comment line 4



7. Referencer

- /1/ Veichert, M.: Undersøgelse og kalibrering... Institut for automation. Danmarks Tekniske Universitet, august 1998.
- /2/ Veichert, M.: Undersøgelse og kalibrering af naturlig spektral gamma sonde. Institut for automation. Danmarks Tekniske Universitet, juni 1998.
- /3/ Løvborg, L.: Total-count calibration blocks for use in uranium exploration. Research Contract EXU-030-DK(G) between the Commission of the European Communities and Risø National Laboratory. Final report, august 1983.
- /4/ Korsbech, U.: Behandling af data fra strålingsdetektorer. Forelæsningsnoter og opgaver IAKM (Kursus nr. 4033). Afdelingen for Elektrofysik, Danmarks Tekniske Højskole, april 1986.

8. Program dokumentation og CD-ROM

8.1 Udviklingsmiljø og source kode

Programmet er udviklet med Borland C++ Builder Professional Version 5.0, og installationsdisken er fremstillet v.h.a. InstallShield Express Version 2.12 (62).

Source koden til programmet findes på CD-rom under biblioteket "Kalib source kode", og et print af *.cpp filer (c++ kode) findes i bilag 2. (Øvrige filer til kompilering af programmet findes kun på CD-ROM.)

8.2 Installation af programmet

Installationsprogrammet er generet i 2 versioner. Begge versioner installeres og afinstalleres med Windows faciliteterne på normal vis.

CD-ROM versionen findes i rodren "Spektr~1\650mb\Disk1", og som startes med Setup.exe.

Diskette versionen findes i rodren "Spektr~1\144mb*". Underbibliotekerne kopieres over på 1.44mb disketter til brug for installation på computere uden CD-ROM drev. Installationen startes med Setup.exe fra Diskette 1.

8.3 Brug af medfølgende datafiler

Kalibreringsdata fra DTU og Risø findes på den medfølgende CD-ROM, ligesom der findes allerede udførte kalibreringer. Inden brug skal disse filer kopieres over på harddisken, og skrivebeskyttelsen skal eventuelt fjernes. - Programmet vil forsøge at skrive på CD-ROM hvis man forsøger at indlæse datafiler direkte fra CD-ROM, og vil dermed give anledning til fejlmeddelelser.

9. Bilags liste

Bilag 1: Dokumenter vdr. sonden

Bilag 2: CD-ROM m. installationsprogram,source kode, kalibreringsfiler fra Risø og DTU, samt denne rapport.

Bilag 1: Dokumenter vdr. sonden

Mail 20. nov. 1998 vdr. vindues sætning og energi kalibrering

Mail 26. nov. 1999 vdr. ændret vindues sætning

Mail 17. nov. 1999 vdr. nødvendighed af firmware controller chip for at ændre energi kalibreringen.

Mail 19. nov. 1999 vdr. beskrivelse af binære filer.

Rapport "RG Spectral Gamma Sonde. Calibration & Environmental Corrections".

Rapport "RG Spectral Gamma. Processing With Kalman Filter".

Klitten, Kurt

Fra: Johansen, Finn Preben
Sendt: 20. november 1998 08:43
Til: Klitten, Kurt
Cc: Jensen, Susanne Rome; Spang, Charlotte
Emne: Email til KK - journaliseres ikke! VS: Spectral Gamma

-----Oprindelig meddelelse-----

Fra: Geraint Simpson [SMTP:gsimpson@geologging.com]
Sendt: 19. november 1998 16:35
Til: GEUS
Emne: Spectral Gamma

Dear Kurt,

Please find the information on the Window boundaries and Energy peaks.
We don't allocate a specific window to one peak. The windows contain proportional amounts from each the sources. Simultaneous equations are carried out on the window count rates, to obtain individual source peaks.

Source	Isotope	Energy Level	Channel Number
Uranium	Bi-214	609 keV	46
Test Source	Cs-137	661 keV	50
Britholite	Ac-228	911 keV	71
Uranium	Bi-214	1120 keV	88
Potassium	K-40	1460 keV	117
Uranium	Bi-214	1760 keV	142
Britholite	Ti-208	2614 keV	215

Energy (keV)	180	500	1100	1600	2000	3000	
Channel Number		11	37	87	129	162	248
Error of fit	0.11%						

If you require further information please don't hesitate to contact me.
Best regards,

Geraint

Andersen, Gert

Fra: Jonathan Wilkins [jwilkins@geologging.com]
Sendt: 26. november 1999 17:47
Til: 'Andersen, Gert'
Emne: RE: Repair and calibration of spectral gamma sonde



Gert,

Thank you for your mail regarding the comparison of 5 window and Spectral logs.
The report that the results differ is of concern.

I have examined your code and would like to make the following observation:

The software for reading the spectra looks fine. I have to assume that the logic of integrating the counts between the window boundaries is correct, but it looks OK at first reading. Since the integration of counts in the individual spectra is done by the logging software, there is no obvious reason for error. Where I do find a problem is in the boundaries of the energy windows which you are using. The difference is not great, but perhaps it is significant. The boundaries that are recorded for your sonde after its last calibration are:

11 37 86 128 162 251

I am concerned that the code for reading the time-mode log files is inaccurate, even if it does produce results which are close to correct. To convert from counts in each channel to counts per second you have ONLY to multiply by 50 (the number of timeslots in one second) and divide by the number of timeslots which have elapsed. The conversion to cps on a packet-by-packet basis is inaccurate because the sample time is short, and the sample periods do not coincide with the timeslot boundaries.

HOWEVER, this is a time mode log, and what we require is an integrated count rate over the entire log period. Therefore, just add up the counts AND the windows in every packet and perform exactly the same normalisation to counts per second as given above. This method will avoid the staistical problem of averaging the short-term readings by synthesising a long acquisition period. Make sure that you use long integers for the integration variables!!!!

Remember also that the count rate in channel 6 is the total determined by the sonde before classification into windows, and is not the same as the total of the windowed counts rates.

Without running and modifying your software I can not say if this will improve the comparison, but I believe that you are introducing noise into the situation and degrading the results by performing repetitive, inaccurate mathematics.

Please try the investigation of the results again using the above suggestions and see if it improves (or worsens) the results. I attach the code for my utility for integrating any normal log file.

Best regards,
Jonathan Wilkins

Andersen, Gert

Fra: Jonathan Wilkins [jwilkins@geologging.com]
Sendt: 17. november 1999 18:51
Til: 'ga@geus.dk'
Cc: 'Derek'; 'Vince'
Emne: Spectral gamma calibration



Dear Gert,

I have examined your data with our calibration tools and the LogCAD spectral gamma software.

The data from your core models was used to check the energy calibration. The data was only of value for checking the characteristic peaks since the count rate from adjacent cylinders is low and cannot be compensated for use as standards for K, U, Th content. The energy calibration is not perfect, but the results are not far from the ideal values, e.g. 204Bi reads 617KeV (609) and 208Tl reads 2636KeV (2614). The energy calibration of your sonde is not easy to perform and requires the firmware of the controller chip to be replaced.

Our calibration model requires four standards with predominantly K, U, Th and blank contents. The blank is a mixture of white portland cement and clean quartz sand, exactly as used for the other standards which have admixed ores. Your mineral standards do not fit this requirement well, in particular the 'matrix' of your standards is different and thus contributes a variable 'background'. Finally the 'pits' are of much smaller effective radius than the ideal 'depth of investigation' of the natural gamma measurement, which will affect the basic count rate in the standards.

I chose to use the Zircon standard for U since it has the highest U/Th ratio.
The Heavy mineral was used for Th as it had the highest Th content.
KNO₃ was used for K, and Quartz for the 'blank'.

One problem was the extreme concentration of K, which is geologically unreasonable and the use of K-Feldspar would be preferred.

New SGC and EQN files were generated for the 4-window solution (preferred), which are attached.

The spectra from the standards were then treated using the new sensitivity matrix, and the results compared with your assay values. Not surprisingly, the results for the standards used in the calculation compare well but the monazite compares very badly for all emitters, which is disappointing. The spectrum in air clearly shows the K content of your concrete walls!

There is probably scope for refining the mathematics of our calibration method, but the papers on the subject are extraordinarily complex and do not permit a rapid implementation for comparative purposes.

We look forward to hearing the results of your own investigation of this matter.

Best regards,
Jonathan Wilkins.

Andersen, Gert

Fra: Jonathan Wilkins [jwilkins@geologging.com]
Sendt: 19. november 1999 10:10
Til: 'Andersen, Gert'
Emne: RE: Spectral gamma calibration

Gert,
Thanks for your advice. Let us know how you progress.

Here is the extract from the PCL2 Log Processing manual which describes the file structure.

As an alternative, for your spectral gamma time mode logs we have a DOS utility which will integrate time and counts through the length of the log and present an average. Let me know if this would be of use.

Jonathan.

>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

The <>.HDR file is 4096 bytes long and is considered in two equal (2048 byte) sections. The first half consists of encoded information relating to the operational parameters at the time of logging.

First 2k block - logging parameters etc.

Offset	length	Name	Description
2	1	Mode	Log recording mode (0=down,1=up,2=time).
4	1	Interval	Log sample interval - Units / 1000 i.e. mm, mfeet.
8	1	V106	1 = V106 format 4096 byte header, other contents e.g. space = not V106.
10	1	Logunits	Unit of measure, 0=metres, 1=feet.
12	1	Cal Flag	Log was run with calibration enabled.
13	1	Diff Flag	Log was run with differential enabled, value of byte gives interval, 0-255cm, 0-255ins.
200	48		12 * IEEE floating point numbers, borehole parameters Offset zero = Bitsize, others undefined as yet. Used in the user defined function in PCL2.
254	4	Mnemonic	4 character Sonde identifier e.g. BDVS.
258	20	Log Name	20 character Log name e.g. BOREHOLE DEVIATION.
614	24	DataNames	6 X 4 character data name e.g. AZIM.
638	24	UnitNames	6 X 4 character data units e.g. OHMM.
662	192	Coeffs	Image of 6X4 IEEE Double Coefficients.
1050	8		Used defined function name
1058	2		Checksum for user defined function whose name is in 1050/8
1060	2	Length	16 bit integer Sonde Length (cms/ins).
1062	1	Process	Process applied 0=none,1=log scales,2=user function
1064	6	ProcFlags	6 X byte flags indicate channels for processing.
1084	4	Start	Log start depth, Units / 1000 i.e. mm, mfeet.
1088	4	Finish	Log finish depth, Units / 1000 i.e. mm, mfeet.
1092	108	Graphics	6 X structure image for graphical parameters

The second half is the Ascii data entered by the user using the RG on screen graphical editors.

When a file is converted to merge structure, the first half of the <>.HDR file is discarded. It is no longer required. The second half of the <>.HDR file is written as the first 2048 bytes of the <>.MRG file. The second 2048 bytes of the merge file are currently undefined, reserved for future use. These 4096 bytes are then followed by the merge file data map as usual. This has not changed.

Second 2k block

The table below indicates the position of each data item in the header, as accessed by the RG header editors.

The byte offsets start from the first byte, which has an offset of zero. Consequently the client name field has a byte offset of 62, which means that this data item starts at the 63rd byte.

In the <>.HDR file an offset of 2048 must be added to each of the byte offsets, as this data is written to the second half of the header area. This offset is not required when dealing with <>.MRG files.

Note that some fields, marked as 'unused', do not contain useful information. These will contain the space character. All data is stored as Ascii codes.

Byte Offset	Field Length	Contents Description
0	1	Zero in 'virgin' merge file set by header editors.
1	5	unused
6	2	run #, column 1
8	54	unused
62	20	client name
82	10	permanent datum
92	2	unused
94	20	borehole name
114	44	unused
126	20	site name
158	20	region/field
178	12	unused
190	20	country
210	12	unused
222	9	date (of column 1 on log header)
232	6	Kelly Bushing elevation
238	6	drill floor elevation
244	6	ground elevation
250	4	unused
254	12	sonde type (of column 1 on log header)
258	28	unused
286	12	engineer name (column 1 of log header)
298	20	unused
318	12	witness name (column 1 of log header)
330	20	unused
350	40	main log title
390	56	unused
414	20	unit
446	20	latitude
466	12	unused
478	20	longitude
498	12	unused
510	20	other services (5 lines of 4 char each)
530	12	unused
542	6	log depth reference
548	6	drillers depth reference
552	18	unused
572	10	borehole fluid (column 1 of log header)
582	10	fluid density, column 1
592	358	unused
950	6	casing record line 2 'to' depth
956	94	unused
1050	2	borehole record line 1 run number
1052	2	borehole record line 2 run number
1054	2	borehole record line 3 run number
1056	6	borehole record line 1 bitsize
1062	6	borehole record line 2 bitsize
1068	6	borehole record line 3 bitsize
1173	1	unused
1074	6	borehole record line 1 'from' depth
1080	6	borehole record line 2 'from' depth
1084	4	start of log, long integer
1086	6	borehole record line 3 'from' depth
1088	4	end of log, long integer
1092	6	casing record line 1 'to' depth
1098	6	casing record line 2 'to' depth
1104	6	casing record line 3 'to' depth
1110	5	casing record line 1 casing size
1115	5	casing record line 2 casing size
1120	5	casing record line 3 casing size
1125	6	casing record line 1 weight
1131	6	casing record line 2 weight
1137	6	casing record line 3 weight
1143	6	casing record line 1 'from' depth
1146	6	casing record line 3 'to' depth
1149	6	casing record line 2 'from' depth
1155	6	casing record line 3 'from' depth
1161	6	casing record line 1 'to' depth
1167	6	casing record line 2 'to' depth
1174	6	permanent datum elevation
1180	10	depth logger, column 1
1190	10	bottom logged interval, column 1
1200	10	top logged interval, column 1
1210	10	salinity, column 1
1220	10	fluid level, column 1

1230	10	max temperature, column 1
1240	10	rig time, column 1
1250	10	depth driller, column 1
1260	10	date, column 2
1270	2	run #, column 2
1272	4	log type, column 2
1276	10	depth driller, column 2
1286	10	depth logger, column 2
1296	10	bottom logged interval, column 2
1306	10	top logged interval, column 2
1316	10	fluid in hole, column 2
1326	10	fluid salinity, column 2
1336	10	fluid density, column 2
1346	10	fluid level, column 2
1356	10	max temperature, column 2
1366	10	rig time, column 2
1376	14	recorded by, column 2
1388	8	unused
1396	14	witness, column 2
1408	208	unused
1616	10	date, column 3
1626	2	run #, column 3
1628	4	log type, column 3
1632	10	depth driller, column 3
1642	10	depth logger, column 3
1652	10	bottom logged interval, column 3
1662	10	top logged interval, column 3
1672	10	fluid in hole, column 3
1682	10	fluid salinity, column 3
1692	10	fluid density, column 3
1702	10	fluid level, column 3
1712	10	max temperature, column 3
1722	10	rig time, column 3
1732	14	recorded by, column 3
1744	8	unused
1752	14	witness, column 3
1764	2	unused
1766	68	comments, line 1
1834	2	unused
1836	68	comments, line 2
1904	2	unused
1906	68	comments, line 3
1974	2	unused
1976	34	comments, line 4
2012	32	filename, inserted by header editor, not editable by the user.
2042	6	unused

Special Byte Positions.

The first byte of the merge file (byte offset zero) has a special use. This is to indicate to software using these headers what type of file is being processed. Backwards compatibility with older MERGE files is maintained. The meaning of this byte is:

Byte offset 0 Value	Meaning
00	Merge file with 2048 byte header area before any header editor has been used.
Hex AA	Merge file with 2048 byte header area after editing with a header editor.
Hex AB	Merge file with 4096 byte header editor, and the header data in the first 2048 bytes.

6.2 The LOG File.

The LOG file contains nothing but a binary representation of the log data received from the tool controller. It does not contain any depth information since this is wasteful of space and storage space is always at a premium. Any depth-related function can be achieved by moving a file pointer since the data records are of constant length throughout the file. The data is recorded exactly as logged, no transformation has been applied except that bad blocks arising from communication failures have been substituted by the last good data packet. These packets are not flagged, since this would be wasteful of space when the error rate is extremely low.

The data format is as follows:

Byte 0	Tool Identifier	Byte Data (RGL use only)
Byte 1	Count Windows	One Byte Integer
Byte 2,3	Counts Channel 1	Two Byte Integer

Byte 4,5 Counts Channel 2
Byte 6,7 Counts Channel 3
Byte 8,9 Counts Channel 4
Byte 10,11 Counts Channel 5
Byte 12,13 Counts Channel 6

The whole packet is 14 bytes long, so a binary read of 14 bytes into a buffer will pick up one logical record. The data content can be reconstructed in the same way as outlined above. It is important to note that the counts registered by the tool must be normalised using the count windows in order to read counts per second. A count window lasts 20 milliseconds, so the following formula is used to derive cps:

$$(\text{Channel Counts} * 50) / \text{windows}$$

Clearly the Count Windows will vary according to logging speed. Some tools operate on a fixed counting basis, producing a calibrated response. In this case the windows field will read 50 as a constant value and the above normalisation is not necessary.

The following structure definition may be used in the C language as a buffer for a binary read operation:

```
struct log_rec { byte id;  
    byte windows;  
    unsigned int counts[6];  
} log_data;
```

The components may then be individually addressed e.g. log_data.counts[5];

RG Spectral Gamma Sonde

Calibration &

Environmental Corrections

Table Of Contents

Topic	Page No.
Summary	3
The RG Sonde.....	3
Energy Windows Applied	3
Primary Calibration Standard	4
Calibration Procedure	4
Conversion Between Results On Pads To Borehole Equivalents.....	5
Borehole Size Corrections	9
Casing Correction	12
Comparison Of Borehole Correction Theoretical Results With Practice.....	12
The Raw Data Available.....	12
Data Presentation.....	13
Window Comparison.....	13

Calibration And Environmental Correction Of RG Spectral Gamma Ray Sondes.

Summary

This paper describes the techniques used to calibrate spectral gamma sondes manufactured by Robertson Geologging Ltd. The method of obtaining the borehole corrections used and the results obtained are presented.

Interesting aspects of the procedure involve the use of the AEA MCBEND software package to simulate sonde response in different conditions. The results of this package, along with practical verification where possible, represent the basis of the results presented here.

The RG Sonde

The RG sonde is designed for borehole logging applications. The scintillation detector used is a Sodium Iodide crystal of external dimensions 150mm long by 38mm diameter. This is closely coupled to a Thorn-Emi 9102 photomultiplier tube. This tube has an active area of 34mm, corresponding to the diameter of the scintillator. The sonde electronics digitises each gamma ray into one of 256 channels in the sonde. Data transmission from the sonde is digital and can either be the full 256 channels or 5 predefined windows.

Temperature stability is achieved by heat cycling at manufacture and the high voltage changes required to maintain the same system gain is monitored. This information is loaded into the sonde microprocessor which then, by means of measuring the scintillator temperature, controls the high voltage automatically. The scintillator and PM tube are assembled in a thermal sleeve to minimise the temperature gradient across the detector system. No reference sources are used within the sonde.

Energy Windows Applied

Continuous logging is usually performed with the sonde in 5 window mode. Here, each gamma ray is assigned to 1 of 5 windows, depending on the energy. The energies used are in table 1.

	Lower Energy (KeV)	Upper Energy (KeV)
Window 1	180	500
Window 2	500	1,100
Window 3	1,100	1,600
Window 4	1,600	2,000
Window 5	2,000	3,000

Table 1: Sonde 5 Window Energy Boundaries

Primary Calibration Standard.

The primary standard used for sonde calibration are the pads built by the Geological Survey Of Canada and now housed on the premises of the British Geological Survey in Keyworth, England. The Geological Survey Of Canada published paper 90-23 describing the manufacturing process used in the construction of these pads.

These pads were constructed for use as portable calibration standards for use by airborne spectral gamma systems. There are four pads, with radioactive constituents as in table 1, of dimensions 1 metre square by 0.30 metres thick.

Pads	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	ρ gm/cc
B Pad	1.43 ± 0.01	0.94 ± 0.02	2.32 ± 0.06	2.28
K Pad	7.57 ± 0.05	1.22 ± 0.09	1.40 ± 0.12	2.23
U Pad	1.07 ± 0.01	46.93 ± 0.32	2.75 ± 0.07	2.24
T Pad	1.43 ± 0.02	1.74 ± 0.16	121.6 ± 1.66	2.28

Table 2 Pad Concentrations

Calibration Procedure.

The practical procedure adopted by RG in calibrating the sondes is to place the sonde flat on the pads with the centre of the scintillator on the geometric centre of the pad surface and parallel to the sides of the pad. A spectrum is recorded, in 256 channel mode, for 1,000 seconds. Examples of the spectra recorded on the four pads are shown in figures 1 to 4 inclusive.

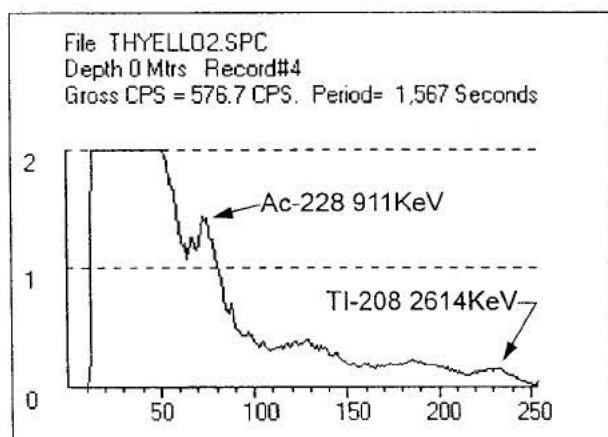


Fig 1 Sonde Response On Thorium Pad

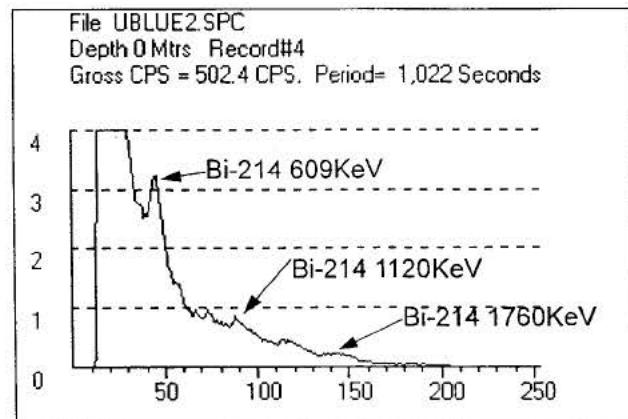


Fig 2 Sonde Response on Uranium Pad

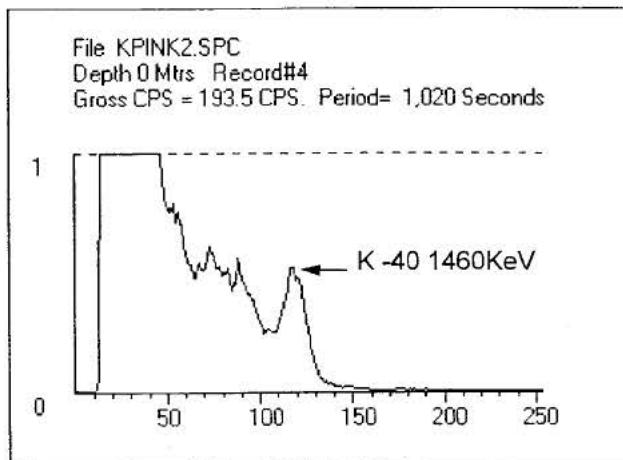


Fig 3 Sonde Response On Potassium Pad

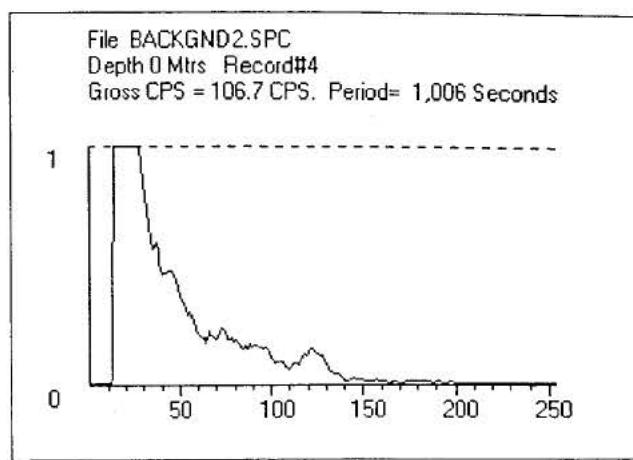


Fig 4 Sonde Response On Background Pad

Conversion Between Results On Pads To Borehole Equivalents

As stated previously, the calibration blocks are flat pads. The sonde is designed for logging boreholes, which is geometrically quite different from a flat pad. To enable a borehole equivalent calibration to be computed from the pad results, the response of the sonde was modelled using the AEA MCBEND software.

The first model simulated was that of the sonde while lying on the four calibration pads. A model of the pad material, for each pad, was created. The results in the five windows used were recorded.

Then the response in a borehole of 60mm diameter was simulated, the material of the model being that of the four pads as used in the first part of the simulation. The modelled borehole was water filled.

The results then comprised a simulated response on each pad and a simulated response in a borehole of each material, eight simulations in total. The results are as in tables 3 to 6.

Background Pad				
	CPS + ST DEV	CPS	CPS - ST DEV	
Window 1	1.548E+01	1.57E+01	1.53E+01	
Window 2	6.102E+00	6.16E+00	6.04E+00	
Window 3	2.562E+00	2.60E+00	2.52E+00	
Window 4	1.313E-01	1.38E-01	1.24E-01	
Window 5	1.221E-01	1.31E-01	1.13E-01	
Background 60mm hole				Ratio Of Counts To Background Pad, Hole/Pad. Max,Mean,Min
	CPS + ST DEV	CPS	CPS - ST DEV	
Window 1	4.39E+01	4.317E+01	4.24E+01	2.86 2.75 2.74
Window 2	1.34E+01	1.319E+01	1.29E+01	2.22 2.14 2.11
Window 3	5.47E+00	5.298E+00	5.12E+00	2.17 2.03 2.00
Window 4	3.15E-01	2.810E-01	2.47E-01	2.54 2.03 1.88
Window 5	2.56E-01	2.219E-01	1.88E-01	2.66 1.69 1.54

Table 3: Comparison Of The 5 Windows In The Background Material

Potassium Pad				
	CPS + ST DEV	CPS	CPS - ST DEV	
Window 1	5.24E+01	5.178E+01	5.12E+01	
Window 2	2.38E+01	2.361E+01	2.34E+01	
Window 3	1.25E+01	1.231E+01	1.22E+01	
Window 4	1.58E-01	1.436E-01	1.29E-01	
Window 5	1.32E-01	1.140E-01	9.60E-02	
Potassium 60mm hole				Ratio Of Counts To Background Pad, Hole/Pad. Max,Mean,Min
	CPS + ST DEV	CPS	CPS - ST DEV	
Window 1	1.50E+02	1.473E+02	1.45E+02	2.93 2.85 2.77
Window 2	5.42E+01	5.326E+01	5.23E+01	2.32 2.26 2.20
Window 3	2.67E+01	2.591E+01	2.52E+01	2.19 2.10 2.02
Window 4	2.97E-01	2.520E-01	2.07E-01	2.30 1.75 1.31
Window 5	1.61E-01	1.239E-01	8.69E-02	1.68 1.09 0.66

Table 4: Comparison Of The 5 Windows In The Potassium Material

Uranium Pad				
	CPS + ST DEV	CPS	CPS - ST DEV	
Window 1	2.52E+02	2.488E+02	2.46E+02	
Window 2	7.92E+01	7.816E+01	7.71E+01	
Window 3	1.30E+01	1.262E+01	1.23E+01	
Window 4	3.61E+00	3.451E+00	3.30E+00	
Window 5	1.42E+00	1.302E+00	1.19E+00	
Uranium 60mm hole				Ratio Of Counts To Background Pad, Hole/Pad. Max,Mean,Min
	CPS + ST DEV	CPS	CPS - ST DEV	
Window 1	6.96E+02	6.817E+02	6.67E+02	2.83 2.74 2.65
Window 2	1.80E+02	1.758E+02	1.71E+02	2.33 2.25 2.16
Window 3	2.88E+01	2.723E+01	2.57E+01	2.34 2.16 1.98
Window 4	8.65E+00	7.888E+00	7.13E+00	2.62 2.29 1.98
Window 5	2.80E+00	2.364E+00	1.93E+00	2.35 1.82 1.36

Table 5: Comparison Of The 5 Windows In The Uranium Material

Thorium Pad				
	CPS + ST DEV	CPS	CPS - ST DEV	
Window 1	1.48E+02	1.461E+02	1.44E+02	
Window 2	4.07E+01	4.012E+01	3.96E+01	
Window 3	8.67E+00	8.475E+00	8.28E+00	
Window 4	3.26E+00	3.159E+00	3.05E+00	
Window 5	5.78E+00	5.576E+00	5.38E+00	
Thorium 60mm hole				Ratio Of Counts To Background Pad, Hole/Pad. Max,Mean,Min
	CPS + ST DEV	CPS	CPS - ST DEV	
Window 1	4.02E+02	3.926E+02	3.83E+02	2.79 2.69 2.59
Window 2	8.45E+01	8.243E+01	8.04E+01	2.13 2.05 1.98
Window 3	1.82E+01	1.718E+01	1.62E+01	2.20 2.03 1.87
Window 4	6.85E+00	6.331E+00	5.82E+00	2.25 2.00 1.79
Window 5	1.21E+01	1.117E+01	1.02E+01	2.25 2.00 1.76

Table 6: Comparison Of The 5 Windows In The Thorium Material

The data presented is the count rates in each of the five windows. The count rate plus and minus the standard deviation is also presented. The ratio of the count rate in the equivalent borehole and on the pad is also presented. This is the multiplier which should be applied to pad count rates to get the equivalent count rate response in a borehole of the same material.

To demonstrate the statistical significance of the results, three ratios are presented in each case. These are;

Borehole(CPS + ST DEV) / Pad(CPS - ST DEV)

Borehole(CPS) / Pad(CPS)

Borehole(CPS - ST DEV) / Pad(CPS + ST DEV)

As all radiation measurements are statistical in nature, the accuracy of the results are subject to the actual count rates measured. Note that the ratios computed in windows 4 and 5 for the Potassium material show wide variations. These variations are of little practical consequence as the count rate in these windows is so small.

These ratios can be automatically applied when the RG software packages are used to generate the calibration files for the sonde.

Borehole Size Corrections.

The procedures followed above will yield a correct calibration for using the sonde in a 60mm water filled borehole. Further simulations were performed to model the effects of increasing the borehole diameter to allow corrections to be applied. The modelled formation material used for this simulation is a sum of the four materials used in the calibration pads. Borehole diameters between 60 and 200 mm were simulated. The attenuation for each of the five windows is presented graphically below. The X axis is in mm and the Y axis is counts per second.

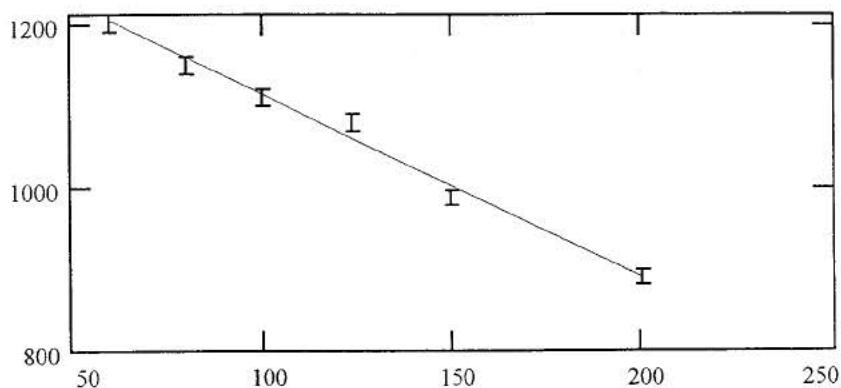


Fig 5 Window 1 Count Rate Attenuation With Increasing Borehole Diameter

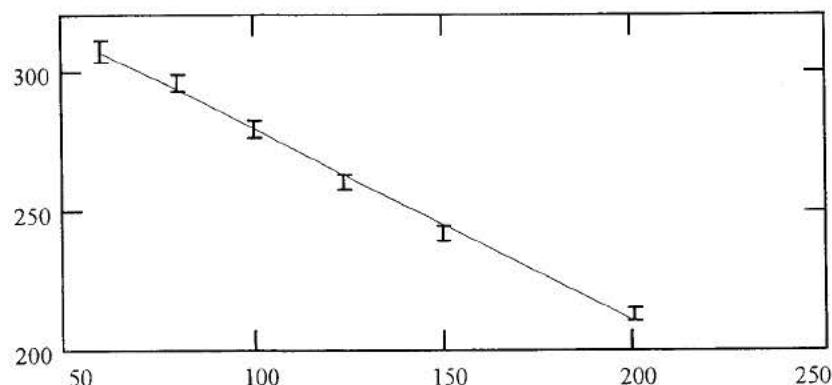


Fig 6 Window 2 Count Rate Attenuation With Increasing Borehole Diameter

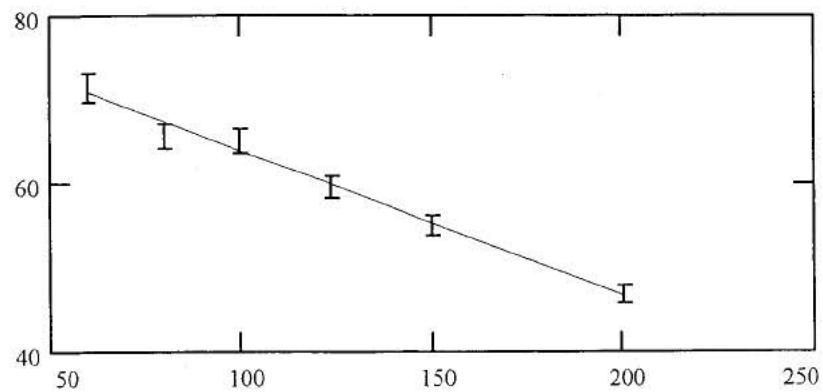


Fig 7 Window 3 Count Rate Attenuation With Increasing Borehole Diameter

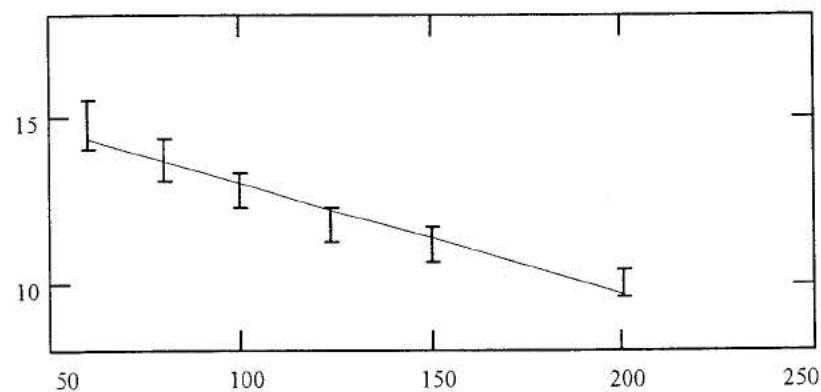


Fig 8 Window 4 Count Rate Attenuation With Increasing Borehole Diameter

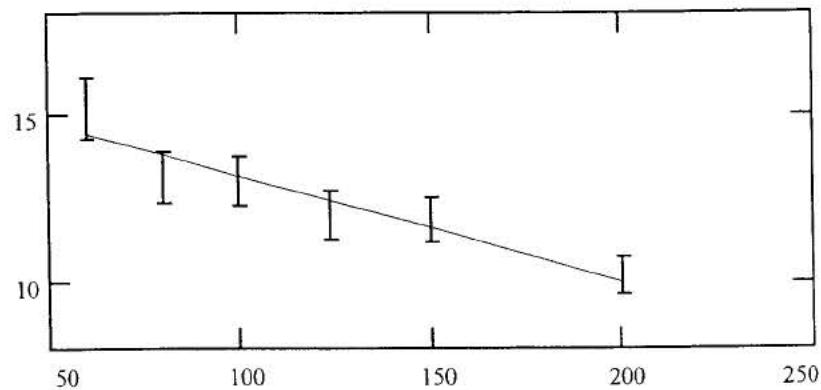


Fig 9 Window 5 Count Rate Attenuation With Increasing Borehole Diameter

The error bars drawn represent the count rate plus and minus one standard deviation. The straight line drawn through the points (where possible) represents the best fit.

By normalising the count rates, correction coefficients for each window can be obtained. The correction is applied as;

$$CPS_{-60} = \frac{Kn}{(Mn * D + Cn)} * CPS_D (1)$$

where

CPS_{-60}	is the equivalent count rate in a 60 mm borehole
CPS_D	is the measured count rate in a borehole of diameter D mm
Kn	is a constant for window n
Mn	is a constant for window n
Cn	is a constant for window n

The values of these constants is presented in table 7.

	K	M	C
Window 1	1204	-2.245	1338
Window 2	306.9	-0.691	348.4
Window 3	70.78	-0.171	81.02
Window 4	14.36	-0.033	16.37
Window 5	14.42	-0.032	16.31

Table 7: Borehole Correction Coefficients.

The application of equation (1) allows the measured count rate in the borehole diameter D to be converted to the equivalent count rate in a 60mm diameter borehole. As the calibration coefficients are generated for the sonde in a 60mm borehole, then these borehole corrections should be applied prior to the application of the calibration coefficients.

Casing Correction

The results presented so far are for open hole logging. The spectral gamma sonde can be operated in cased hole, if corrections are applied to the measured count rates before the calibration coefficients are applied.

The effect of casing of 140mm outside diameter with thickness of 10mm placed in a hole of 150mm diameter has been modelled. The results are presented as a correction factor for each window which will convert the measured count rate to the count rate which would have been observed if the casing were not present.

	Ratio (Open Hole CPS/Cased Hole CPS)
Window 1	1.494
Window 2	1.406
Window 3	1.151
Window 4	1.309
Window 5	1.396

Table 7: Cased Hole Correction Factors

The conclusion has been reached that the predominant effect on the gamma response is the thickness of the casing, not the diameter of the casing. The modelled results to date represent the effect of a casing of 10mm thickness.

Comparison Of Borehole Correction Theoretical Results With Practice

All the data presented so far is theoretical, as produced by the AEA MCBEND computer software. An example of the sonde has now been run in the spectral gamma calibration pits in the University Of Houston, USA.

The Raw Data Available.

The pit used for the comparison of the sonde performance in different size pits is the 90 ppm Thorium pit, with boreholes of 6", 8.5" and 12". The sonde was logged in continuous logging, 5 window mode, at a speed of between 7 and 8 feet per minute. This is rather fast, particularly when the thickness of the radioactive sections is only 5', the peaks in the gamma deflection do not give a discernable flat response due to these factors and the statistical nature of the measurement.

Data Presentation.

The method of presenting the data is to plot the response of each window in the three different borehole diameters (now converted to millimetres for compatibility) along with the straight line interpolation. To compare with the theoretically computed responses, the count rate in the different boreholes is computed from the equation (1) in the section 'Borehole Size Corrections'. An artificial value of the count rate is introduced for the 60mm borehole size, chosen so that the computed values lie close to the measured values to allow evaluation of the responses. This is quite valid, as equation (1) shows, the correction is effectively a multiplier which is a function of diameter.

Window Comparison

The data is presented graphically. The X axis is borehole diameter, in mm, and the Y axis is count rate, in counts per second. The raw data has X at the data points, the interpolated line has '+' at the data points and the computed response has no identifiers.

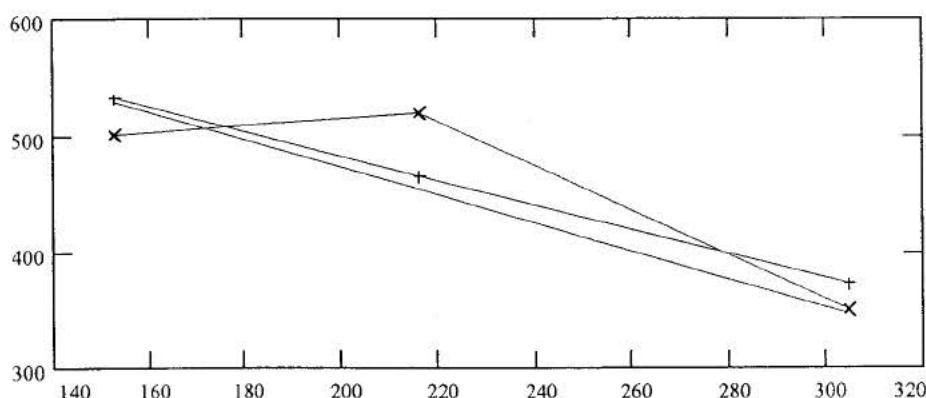


Fig 10 Window 1 Response With Borehole Size, Theoretical & Practical

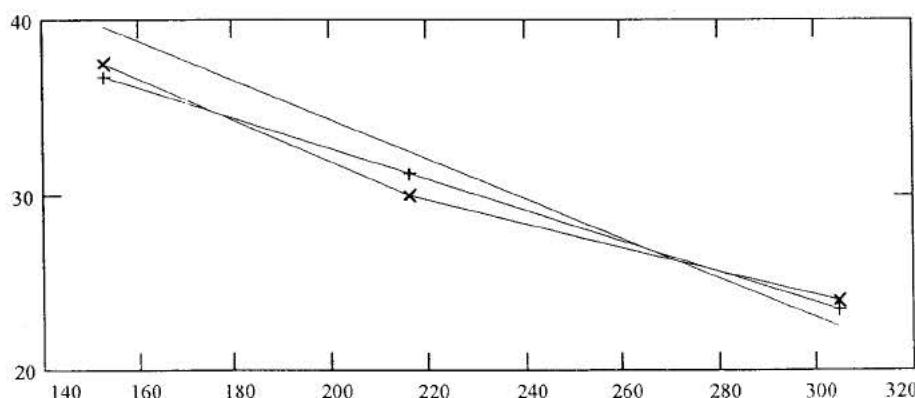


Fig 11 Window 2 Response With Borehole Size, Theoretical & Practical

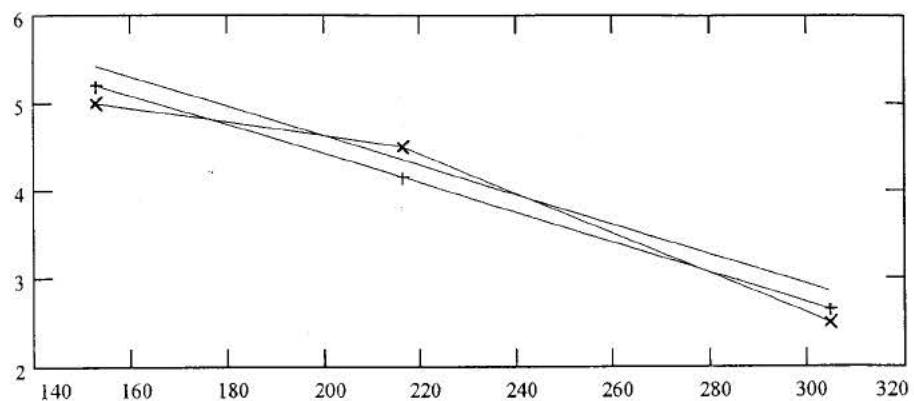


Fig 12 Window 3 Response With Borehole Size, Theoretical & Practical

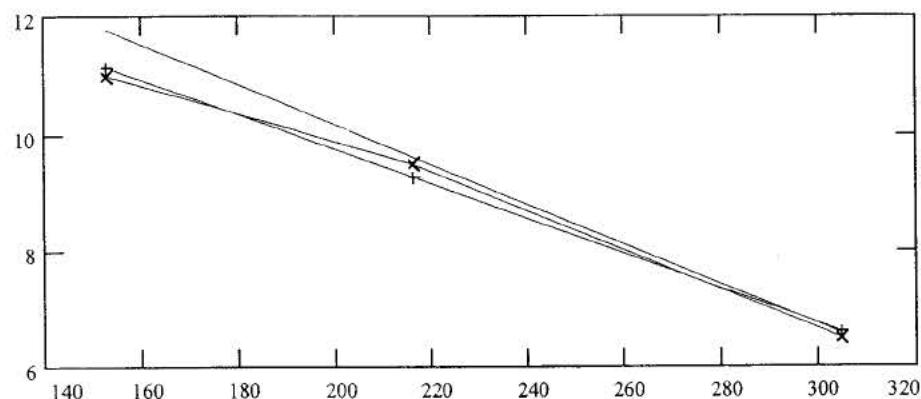


Fig 13 Window 4 Response With Borehole Size, Theoretical & Practical

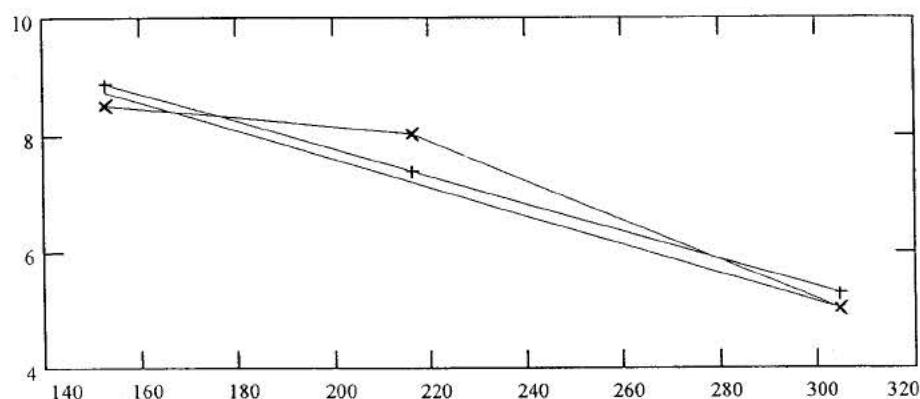


Fig 14 Window 5 Response With Borehole Size, Theoretical & Practical

RG Spectral Gamma

*Processing With
Kalman Filter*

Table Of Contents

Topic	Page #
Introduction	3
The Software Installation	3
Operating Procedures	3
The Merge File Created	5
Software Release Information.....	6

Kalman Filtering Of Spectral Gamma Data

Introduction

The data recorded from the spectral gamma ray sonde, operating in five window mode, is subject to statistical variations, due largely to the statistical nature of radioactive decay but also aggravated by the low count rates encountered in the higher energy windows. The computation of the spectral constituents is influenced by the presence of these statistical variations.

When the user computes the spectral constituents using the user function provided with RG logging systems a simple 'box-car' filter is used, where the arithmetic average over a set of samples is taken as the data value prior to computation.

An improved type of filter is available, the Kalman filter. This is an adaptive filter which is capable of following trends, without distortion, in a data set while at the same time being largely unaffected by rapid statistical variations.

RG supplies a software package which will take the raw data from the sonde and compute the spectral constituents while simultaneously applying the Kalman filter. This manual describes the software package and its use.

The Software Installation

The software is supplied on a single disc and will contain two files;

KALMAN.EXE	the Kalman filter program
LMS <i>nnnn</i> .REF	the sonde, serial number <i>nnnn</i> , calibration file for use with kalman.exe

The recommended installation procedure is to place both these files into the PCL2 directory of the working drive, with the logged data files in a sub-directory of PCL2. This is the usual convention for RG logging systems.

Operating Procedures

From the MS-DOS prompt, in directory \PCL2, or where the installation is made, type

C:\PCL2>kalman

The program will announce the version number and invite the user to press a single key to continue.

The data has a simple averaging filter applied prior to the application of the Kalman filter algorithm. The user has options to apply this as;

Select Required Input Filter:

- 1 Short
- 2 Medium
- 3 Wide

These options relate to an averaging over 3, 7 and 11 samples respectively. In a metric, depth based system then this corresponds to input filters over 3, 7 and 11 centimetres. When choosing an input filter, the user should be aware that the length of the detector crystal used in the sonde is 15 centimetres. The use of the wide option is reasonable.

Select the required input filter width by pressing 1, 2 or 3.

After this selection, the system requests the name of the logged data file to be processed. This must be a log file generated in the log up direction on a metric RG logging system. Two files are required, the <filename>.LOG and the <filename>.HDR. They must both be stored in the same directory of the disc drive.

The response made to the system is as in the example below;

Input File Selection

Enter File Drive & Path, No Extension: c:\pcl2\sond1544\sgamrgbh

Note that no file extension is given. This is appended automatically by the system.

The system responds as below, with a display of the depth limits of the data file and an opportunity to process either over the whole interval or over a restricted section of the log file. Note that on a 486 PC with a 25Mhz clock speed, the processing speed is typically 30 metres per minute.

Input File Selection

Enter File Drive & Path, No Extension: c:\pcl2\sond1544\sgamrgbh

File <c:\pcl2\sond544\sgamrgbh.HDR>
Deepest Depth Is 95.19 Metres, Shallowest 49.19 Metres
Is Processing Over Whole Interval required [Y/N]:

The data computed by the program is output as a merge file, conforming to the RG standards for merge files. The system requires the name of the file as;

Merge File Selection.

The Spectral Gamma Program Cannot Append
To An Existing File.

Enter Merge Filename Required, No Extension c:\pcl2\sgamrgbh

Here the user has elected to generate a merge file with the same name and directory as the log file. The merge file will be distinguished from the data file as the extension will be <>.MRG.

Note that if the merge file name chosen exists then the program will not allow this and will request another name to be entered until a name which does not exist is entered.

The program requires the calibration data to be input to the program. This is supplied by RG, as a disc file, and is unique to each sonde. The user should not modify the contents of this file as this will destroy the accuracy.

The request is made for the file as;

Enter Filename For Sonde Coefficients: c:\pcl2\ms1544.ref

Here the user has chosen the file for sonde number 1544.

Enter Filename For Sonde Coefficients: c:\pcl2\ms1544.ref

Sensitivity Matrix From File <c:\pcl2\ms1544.ref> Is ;

8.50	20.1	31.5
1.1	2.6	6.9
0.18	0.64	3.0
0.12	0.22	0.09
0.15	0.03	-0.0006

Is This OK [Y/N]:

After the system has read the file, the contents are displayed as above. The user should confirm that the contents are correct.

After the confirmation, the system will begin processing. The current processing depth is displayed on the screen. No user interaction is required until the process completes.

The Merge File Created

The computed results are placed into a merge file, the name of which is entered in one of the start-up steps as described.

This file can be replayed using the standard RG software. The contents is;

Channel Name	Channel Units
GR	CPS
POT	PCNT
URAN	PPM
THOR	PPM

Software Release Information

Issues prior to Version 3.0 are for 4 window processing. New sondes do not conform to this standard.

To Version 3.0 Implemented 5 window solution.

SPECTRAL GAMMA SGAM

Log Applications:

- Shale/Clay Typing
- Correlation in Complex Situations
- Radioactive Waste Pollution Measurement

Measurements made by this sonde:

Channel number	Description of sonde measurement	Channel mnemonic	Measurement Offset (cms)
1	Window 1	CPS	20
2	Window 2	CPS	20
3	Window 3	CPS	20
4	Window 4	CPS	20
5	Window 5	CPS	20
6	Diagnostics	NULL	-

Operating ranges:

- 100 KeV To 3MeV in 5 windows

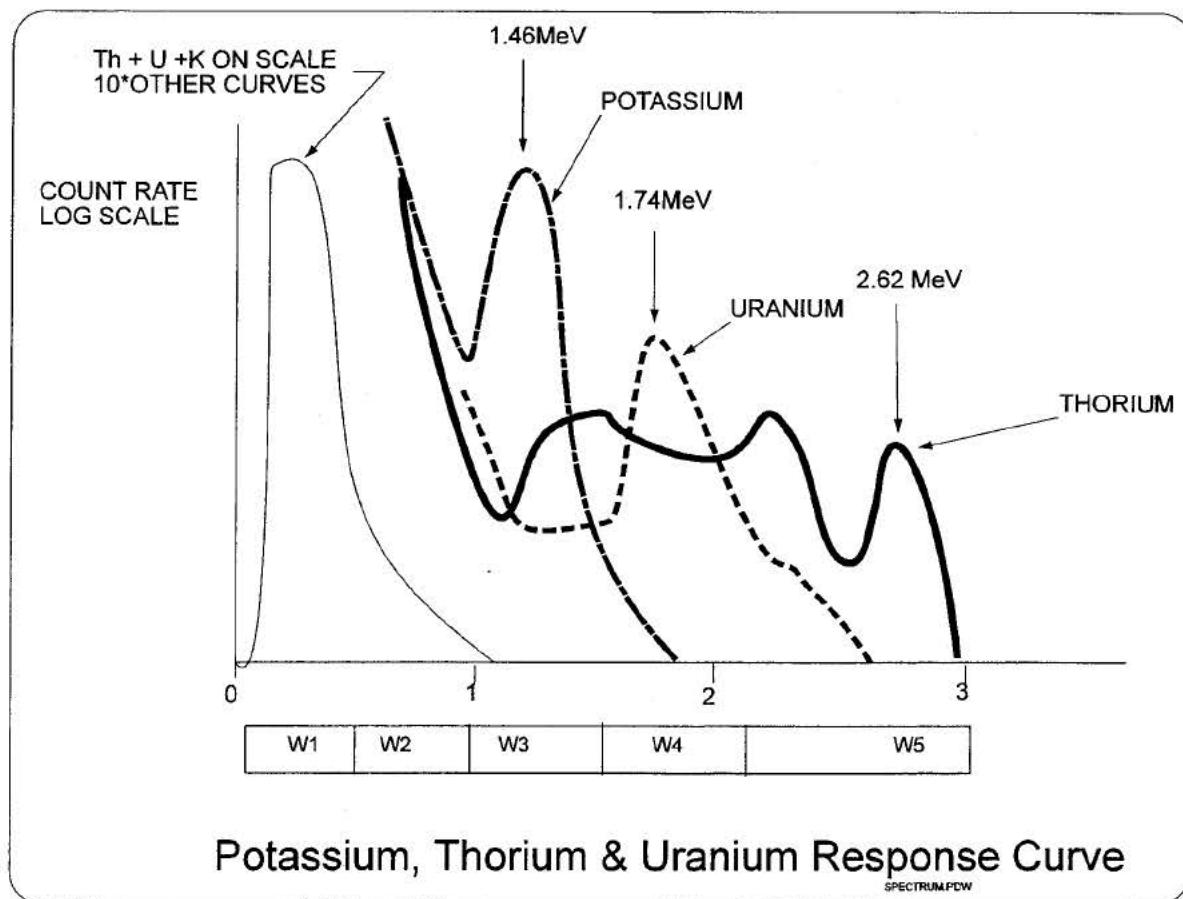
Physical specifications:

- Length 1.88 metres
- Diameter 38 mm - 50 mm across detector. Refer to sonde sketch in maintenance section.
- Pressure rating 3000 psi
- Temperature rating 0-70 Celsius

Operating principles:

Natural radiation, as encountered in borehole environments, is generated from Thorium, Uranium and Potassium (Th, U and K) and their daughter products. Both Th and U have a large number of daughter products.

These are shown schematically below;



The principle peaks for the main isotopes are identified. The spectral gamma sonde operates by placing each detected gamma ray into one of 5 windows, W1 to W5 as above, according to its energy.

Note that there is a large count rate at the lower energy levels. These gammas are those that have experienced both Compton scattering and pair production, resulting in significant energy loss. These losses occur in the formation, borehole fluid and the scintillation crystal itself.

The sonde transmits these values in channels 1 to 5 of the communications system. Channel 6 is a system performance channel, the user cannot usefully display the data in channel 6.

Calibration:

Calibration is performed in the calibration pits stored on RG's premises in North Wales. Each sonde is supplied with a calibration record.

Conversion from raw count rates to ratiometric concentrations is achieved using a user function on PCL2 systems (Pro-Logger and PC-Logger). Portalog systems only have the option of recording and displaying the 5 channels, 1 to 5.

On PCL2 systems, the option exists to operate the sonde in 256 channel mode. Here each of the 256 channels is recorded, allowing more detailed gamma analysis. This mode of operation has an operations manual and will not be discussed here further.

The calibration record is supplied with each sonde, and the user function is supplied on a disc for direct application.

The application of the user function is to solve the following three equations;

$$K(\%) = K_1 \cdot W_1 + K_2 \cdot W_2 + K_3 \cdot W_3 + K_4 \cdot W_4 + K_5 \cdot W_5 \dots \dots \dots (1)$$

$$U(ppm) = U_1 \cdot W_1 + U_2 \cdot W_2 + U_3 \cdot W_3 + U_4 \cdot W_4 + U_5 \cdot W_5 \dots \dots \dots (2)$$

$$T(ppm) = T_1 \cdot W_1 + T_2 \cdot W_2 + T_3 \cdot W_3 + T_4 \cdot W_4 + T_5 \cdot W_5 \dots \dots \dots (3)$$

Where Kn,Un and Tn are a set of 15 calibration coefficients.

Testing sonde functions:

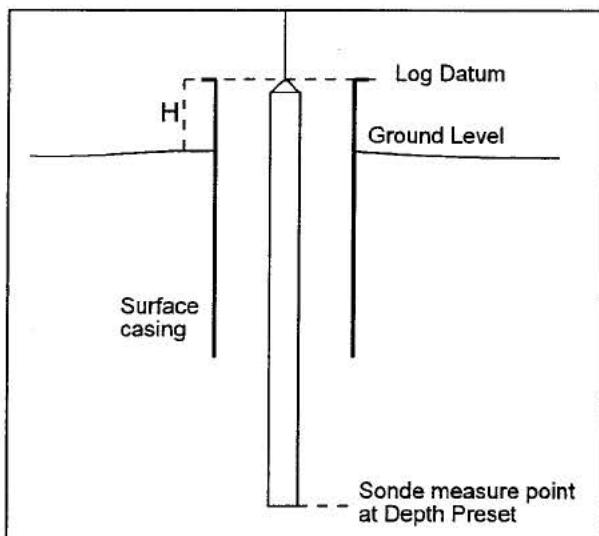
If a known reference source is already available (e.g. Cs137 or Ra226) then placing the sonde within the vicinity of the source to give a total count of approximately 2000 CPS then recording a log and comparing with previous performance will check stability of response.

If the user has access to calibration pits, then RG can supply further information to enable these pits to be used as calibration points.

Logging Procedure:

These instructions should be used in conjunction with the full, or quick reference guide to logging with your surface system.

Owing to the low natural gamma count rate normally encountered, and the statistical nature of gamma disintegration, a low logging speed is required, typically 1 metre per minute.



Attach the sonde to the logging cable. Use the winch to align the top of the sonde with your logging datum. Set the depth preset - 1.88 metres. If you wish to use ground level for your datum you must subtract the height H from the preset.

Run into the hole until the bottom of the required section is reached. Power on the sonde.

If you wish to produce a log with ratiometric values you should select the user function process (PCL2 systems only). This will give a log plot in the chosen units. Winch uphole and observe the data, checking for correct operation.

The sonde selection SGAM assumes which user function is in place, with assignments;

Channel 1 Potassium (% concentration)

Channel 2 Uranium (PPM)

Channel 3 Thorium (PPM)

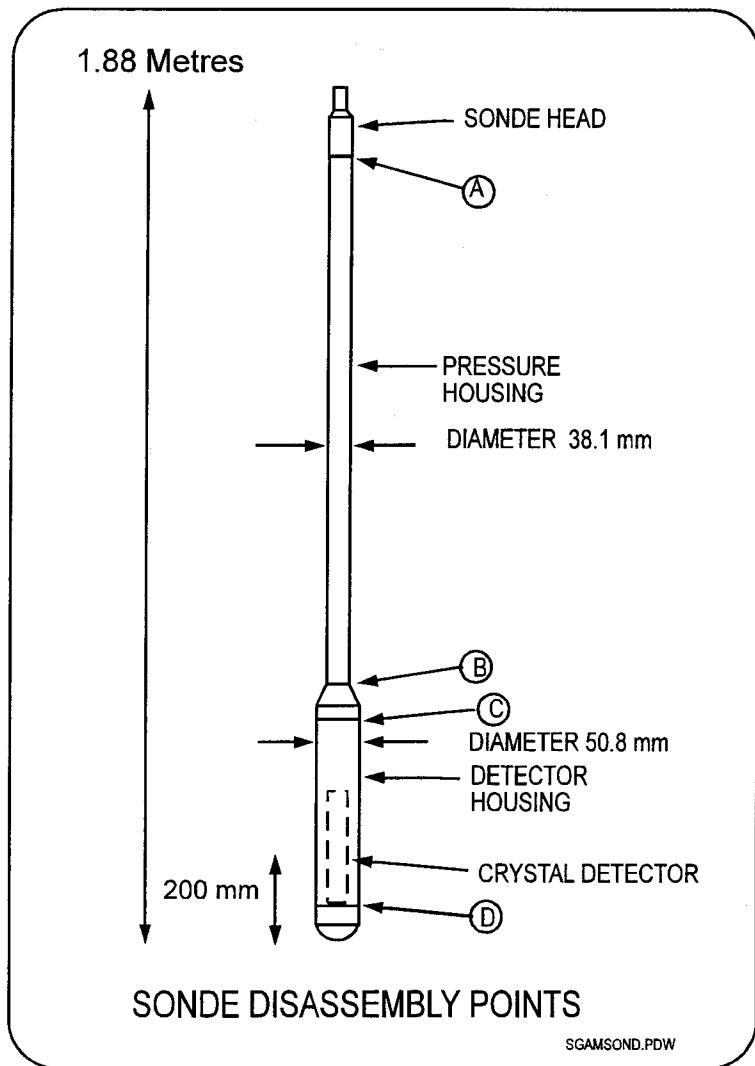
If different curves are required, then you must edit both the user function and the sonde description. Both these procedures are described in the PCL2 software operations manual.

When at the surface, wash the sonde with fresh water and dry it off. Stow it securely to prevent damage.

Maintenance:

There are no specific maintenance requirements for this sonde. The user may require access to the sonde electronics. This is achieved by unscrewing the sonde at the thread marked B in the sketch below. The sonde head can be removed by unscrewing at the point marked A.

Refer to the sketch below and the warnings associated with sonde disassembly.



The assembly containing the detector assembly is complex, requiring a special disassembly sequence to avoid damage to the internal components. The only reasons for disassembly here are replacement of the photomultiplier tube or the scintillation crystal. replacing either of these components necessitates sonde recalibration, which is best carried out by RG.

For these reasons, disassembly of the detector is not recommended and the procedure is not given here.

CAUTION

Do not unscrew the sonde at the points marked C and D. This will damage the internal components. If access is required, consult RG first.