

Spektral gamma og densitets skanning

Programmer til processtyring, dataopsamling
og beregninger af skannedata

Gert Andersen



Spektral gamma og densitets skanning

Programmer til processtyring, dataopsamling
og beregninger af skannedata

Gert Andersen

(1 CD-Rom vedlagt)

Indhold

1.	Introduktion	5
2.	Baggrund	6
2.1	Historie	6
2.2	Program struktur	7
2.3	Output	8
3.	Anbefalinger	9
4.	Beskrivelse	10
4.1	Opstillingen	10
4.1.1	Rullebanen	10
4.1.2	Tunnel indgang	10
4.1.3	Gamma spektral analyse	10
4.1.4	Bulk densitet måling	11
4.1.5	Tunnel enden	11
4.1.6	Sikkerhedsstop	11
4.2	Generelt om programmet	12
4.2.1	Skan2002 (og DOS-2002)	12
4.2.2	ScanCalc	12
4.3	Vejledning til skanning (Skan2002 & DOS-2002)	13
4.3.1	Programstart	13
4.3.2	Setup & Inddata - valg af skanne mode og plan for skanne processen	13
4.3.3	"Adjustment of K-peak" - justering af kanal nummeret for Kalium toppen	14
4.3.4	"Initial setup" - placering af prøver	15
4.4	Vejledning til databehandling (ScanCalc)	16
4.4.1	Specielt ved kerne skanning	18
4.4.2	Enkelt prøve skanning	20
4.4.3	Efter tryk på OK knappen	20
5.	Beregningsmetoder	21
5.1	Spektral gamma beregning	21
5.1.1	Kerneskaning - midling af gamma	23
5.1.2	Enkeltp prøver - midling af gamma	23
5.2	Bulk densitet og porøsitet beregninger	23
5.2.1	Forudsætninger	24
5.2.2	Beregning af bulk densitet	24
5.2.3	Output for bulk densitet	25
5.2.4	Metode for frasortering af uacceptable densitetsdata	25
5.2.5	Metode for beregning af porøsitetslog	26
5.3	Dybde konvertering	26

	4
5.3.1 A, Laboratorieskala	26
5.3.2 B, Box komprimering / udstrækning	26
5.3.3 C, Top boks allokering	26
5.3.4 D, Bund boks allokering	27
6. Program dokumentation og CD-ROM	28
6.1 Udviklingsmiljø og source kode	28
6.1.1 Windows programmer (Skan2002 og ScanCalc)	28
6.1.2 DOS programmet (DOS-2002.exe)	28
6.2 Installation af programmer	28
7. Bilag	30
7.1 Dokumenter vdr. certificerede beton standarder fra RISØ.	30
7.2 Dokument vdr. ucertificerede standarder enkelt prøver.	31
7.3 Teorien bag måleteknikken	32
7.4 Densitets standard	33
7.5 Hardware - motorstyring - kabler	34

1. Introduktion

Denne rapport er en intern dokumentation for Kernelaboratoriets spektral gamma- og bulk densitets skanninger.

Kernelaboratoriet ved Geologisk Undersøgelse (GEUS) har i en årrække udført gamma spektral målinger af hovedsaligt borekerner fra olieboringer, og senere også fra miljøboringer, havbundskerner, kerner fra råstof efterforskning m.m.

Senere er der desuden opstået behov for at kunne udføre bulk densitets skanning samtidigt med gamma spektral skanningen, og der er derved opstået et behov for at modernisere udstyret fra DOS til Windows styresystem. Ved denne modernisering har GEUS's oprindelige gamma spektral skanner gennemgået en række forandringer omfatterne:

- Introduktion af skanning af bulkdensitet.
- Dataopsamling fra 2 forskellige PC indstikskort med DOS drivere.
- Windows98 styresystem og bruger interface, og DOS dataopsamling.
- Sammenbygning af fotostop med begge dataopsamlingskort.
- Introduktion af PC styring af motor interface.
- Reduktion af mulige fejlkilder ved automatisering/forenkling af bruger processerne (online kvalitets kontrol).
- Øget detaljeringsgrad v.h.a. hyppigere dataudlæsninger.
- Proces kontrol gennem automatiseret kerne og prøve fremføringer.

GEUS EDB-anlæg (VAX/VMS) er desuden blevet nedlagt i forbindelse med en flytning af GEUS hvorved der yderligere er opstået behov for udvikling af PC-programmer til brug for den efterfølgende databehandling. Selve gamma spektral gamma beregningsmetoderne er indeholdt i det nye program, og det nye program indeholder desuden en række yderligere funktioner som modsvarer behovet fra den nye vifte af opgavetyper. - Det drejer sig især om:

- 4 forskellige modeller for dybdekonvertering.
- Mulighed for at integrere bulkdensity data i gamma spektral beregningen(uafhængigt af diameter variationer).
- Valgfrit midlingsinterval.
- Porøsitetslog beregninger.
- Mulighed for systematisk bort trimning af anomalier som f.eks. plughuller og bokssamlinger.

2. Baggrund

2.1 Historie

Udstyret er oprindeligt installeret til spektral gamma skanning af borekerner fra olie relaterede boringer, men er sidenhen også blevet anvendt til opgaver indenfor de andre geologi relaterede emner. F.eks. indenfor maringeologien, miljøkemien og tungsands efterforskning.

Ved opgaverne i tungsandsefterforskningen har der vist sig behov for, at udstyret, ud over at håndtere cylindriske og teoretisk uendeligt lange borekerner, også kan håndtere enkeltprøver i løs vægt. Ved opgaverne for de olie relaterede boringer opstod desuden sidenhen behov for at kunne udføre skanning af bulkdensitet m.h.p. beregning af porøsitetlogs.

Dataopsamling til den tidligere/ældre dataopsamling fra gamma skanneren blev udskiftet til et PC-dataopsamlingskort da det ældre udstyr efterhånden var begyndt at blive ustabil og med en stigende grad af behov for reparationer. Samtidig blev der etableret et PC-dataopsamlingskort til bulk densitets skanningen. Begge dataopsamlingskort blev leveret med DOS drivere, og det har siden vist sig, kun at være muligt at benytte disse drivere fra 16-bit programmer (d.v.s. fra DOS programmer).

Det kræves, at de to selvstændigt virkende dataopsamlings processer, h.h.v. gamma spektral skanningen og densitets skanningen, begge kan optage data på samme tid. Derfor blev det nødvendigt, at lade dataopsamlingen finde sted v.h.a. multitasking, og dermed at skifte fra DOS til Windows98 styresystemet.

Skanneren blev suppleret med faciliteten til densitets eller porøsitets skanning i 1998. Dette med konsulentbistand fra Institut for Automation på Danmarks Tekniske Universitet (IAU), hvor en 1110MBq Cæcium-137 kilde blev installeret sammen med en tilhørende NaI krystal og en tilhørende dataopsamling. IAU udviklede et selvstændigt DOS program skrevet i programmeringssproget C.

Eksempler på dataopsamling, ligeledes skrevet i C, blev leveret sammen med dataopsamlingskortet til gamma spektral målingerne, og det har vist sig muligt, at integrere koderne fra disse to programmer til blot et DOS dataopsamlingsprogram.

Fra RISØ har man leveret hardware til brug for kommunikation mellem computer og den eksisterende motorstyring, og man har ligeledes været behjælpelig med at levere oplysninger til brug for at udvikle programdele til styring af motoren. På baggrund af disse oplysninger, samt yderligere oplysninger optaget fra den eksisterende serielle kommunikation via et specielt måleudstyr, har det været muligt at skrive programkoder til integration i C-programmeringen. Integrationen af motorstyringen har betydet en væsentlig forøgelse af kvaliteten af laboratoriets skanninger, ligesom en væsentlig lettelse af den efterfølgende databehandling og en reduktion af tidsforbruget til den enkelte skanning.

Programstrukturen er søgt udført således at brugeren skal opleve en meget enkel skanneprocess, og samtidig således, at processen langt bedre kan kontrolleres og overvåges. Resultatet af de seneste meter kerne bliver vist grafisk både m.h.p. en løbende faglig vurdering, og en løbende kontrol af udstyrets funktion. F.eks. vil det straks blive synligt hvis et af dataopsamlingskortene ikke fungerer, og det er muligt, at evaluere rimeligheden af de data der vises på skærmen, og derved undgå tidsspild ved at gribe ind.

2.2 Program struktur

Den endelige struktur af skanneren består af 2 programmer til brug for h.h.v. dataopsamlingen og styringen af skanneprocessen. Dv.s. et Windows program (Skan2002) der fungerer som bruger interface. Skan2002 kalder selv DOS-2002, kommunikerer med dette og slukker det selv efter endt skanning. (Brugeren skal huske altid at lukke Skan2002 via menupunktet "Exit" for at sikre, at DOS-2002 også bliver slukket inden næste eventuelle skanning.)

Til den efterfølgende databehandling, er der udviklet et program ScanCalc hvor brugeren ligeledes vil opleve en forenkling i interface. Samtidig er hele programmet udviklet, så kvaliteten af output kan tilpasses brugerens behov, idet intensiteten af dataopsamlingen kan defineres vilkårligt (typisk med 1 cm interval), og at der så efterfølgende kan defineres et passende interval for midling (over gamma spektrene, typisk over 10cm).

Der er indført funktioner til borttrimning af spildplads mellem kernestykker, - og det øgede antal af kundetyper har medført et behov for at kunne vælge mellem flere forskellige modeller for dybdekonvertering ved kerneskaning.

Output fra databehandlingen sker i form af ASCII filer. Filerne indeholder oplysninger om bokslængder, valgte parametre, alle øvrige tilhørende oplysninger om givne forudsætninger, beregningsmetoder, og endelig de egentlige kolonner med målte data.

En undtagelse er dog at oplysninger som er indeholdt i en densitets kalibreringsfil og densitets setup fil (Dens.set). Disse filer kan brugeren evt. selv medsende eller inkludere i det færdige produkt til rekvirenten. Det er valgt at skrive oplysningerne om forudsætningerne direkte ind i datafilerne, idet brugere ikke altid får adgang til, eller får læst, den medfølgende rapport inden data tages i anvendelse. Ved denne metode tvinges alle brugere til at orientere sig om datamaterialets muligheder og begrænsninger inden anvendelsen.

I forbindelse med dybdekonverteringen er der mulighed for en iterativ beregning af porøsitetsloggen for et givet interval. Denne beregning forudsætter, at der kan sammenlignes med en vis mængde plugdata, eller at der findes pålidelige værdier for kernens indhold af vand og suspenderet stof, samt for kernens gennemsnitlige korndensitet.

Beregninger af gamma spektral logs bygger på samme principper som de hidtil har været benyttet af DGU/GEUS, og som det har været udviklet af Dan Olsen. Dog er det undladt, at benytte rutiner til bestemmelse af Kalium toppe i de optagne spektre, idet dette kan give anledning til fejl ved spektre optaget fra materiale uden Kalium indhold, og idet det forudsættes, at skanningerne udføres ved tilpas stabile temperaturforhold.

Beregning af bulk densitet bygger på de programdele der er leveret af Institut fra Automation fra Danmarks Tekniske Universitet.

Software til motorstyringen er udviklet efter inspiration fra informationer leveret fra RISØ.

Modul med optokobler mellem fotocelle og særlig port på MCA kortet, er udviklet af RISØ og siden modificeret med venlig assistance fra Torben Nielsen (tilpasning af spændingen for en TTL puls til standarder for nye computere). Modulet har haft 2 parallelle udgange, den eksisterende til MCA-kortet, samt en gren til ben 15 på printerporten. Denne sidstnævnte gren er elimineret ved modifikation af softwaren, dels a.h.t. beskyttelse af computeren, og dels for at opnå en mere sikker styring af dataopsamlingskortene ved fotostop.

Samtlige programdele er skrevet i programmeringssproget C/C++. Selve dataopsamlingen er programmeret til DOS platformen, p.g.a. at der kun har været adgang til DOS drivere for de to dataopsamlingskort, mens den serielle motorkommunikation samt bruger interface er skrevet til Windows98 platformen. Dataopsamlingen sker således fra et særskilt DOS program der startes automatisk fra Windows bruger programmet. Denne konstruktion betyder, at det har været nødvendigt at etablere en kommunikation mellem Windows og DOS programmet gennem særskilte ASCII filer, og at denne kommunikation er gjort så tilpas langsom, at DOS programmet ikke får driftsproblemer.

Dataopsamlingen fra DOS programmet er en integration af programdele dels fra Institut for Automation (density program), dels fra programeksempler fra Canberra (gamma spektral) og dels fra egne modifikationer og tilføjelser. Databehandlingen af gamma spektral loggen er analog til databehandlingen fra det tidligere VAX/VMS program, dog er vindues sætningen fikseret på den valgte sætning, og ikke længere automatisk bestemt for hvert enkelt spektrum. Dette skyldes at der indledningsvist ved skanningen udføres en meget præcis energikalibrering, og at anlægget idag er udstyret med en temperatur stabilisering som sikrer stabilitet i energikalibreringen.

Beregningsmetoderne for densitetsbestemmelsen er den samme som leveret af Institut for Automation ved Danmarks Tekniske Universitet, og disse beregninger tager hensyn til eventuel drift af energi kalibreringen som følge af eventuelle temperatur svingninger.

2.3 Output

Skanning af bulkdensitet giver i visse tilfælde mulighed for at beregne spektral loggene ud fra den reelle målte masse af borekernen, og ikke blot som hidtil ud fra en skønnet eller defineret middelværdi.

Længden af borekerner er af forskellige årsager sjældent helt den samme som den var i naturen, og det er derfor nødvendigt at udføre en dybdekonvertering af måledata. Denne har hidtil været udført ved at strække eller komprimere dybderne for måledata indenfor den enkelte kerne, således at den færdige log indeholder en kontinuert log. Det har ved andre opgaver på GEUS vist sig behov for, at der også tilføjes andre dybdekonverteringsmodeller. Ved dette program er der derfor også tilføjet disse andre konverteringsmodeller så der ialt nu er 4 forskellige modeller. Samtidig har dybdekonverteringen gjort mere brugervenlig v.h.a. Windows interface, og ved dybdekonverteringen er der mulighed for at beregne en porøsitetslog.

Programmet regner kun med enheder fra det metriske system. Dybder i fod og tommer må derfor først omregnes til meter inden indtastning.

3. Anbefalinger

Det foreslås, at nedenstående emner tages i betragtning ved eventuelle fremtidige justeringer at anlægget:

- P.g.a. den komplicerede kommunikation mellem DOS og Windows er det stærkt tilrådeligt, at skaffe Windows drivere i forbindelse med en eventuel fremtidig vedligeholdelse. Dette m.h.p. at integrere og forenkle programmet til et windows program.
- Aluminiums løbebanen består af skinner samlet med en klemme. Ved denne samlingsmetode opstår der et lille mellemrum mellem hver skinne, hvorved små fluktuationer kan opstå på densitet resultaterne. Det anbefales derfor at konstruere fremtidige skinner således at der er en skråtstillet samling, og at skinnerne derved kommer til at lappe ind over hinanden.
- Geometrifaktorerne kan optimeres ved langsom skanning af tynde cirkulære skiver.
- Ved optagelse af spektre for standarder anbefales det især at der placeres en blyplade umiddelbart til venstre for standarden Ka1. Dette for ikke at forurene spektrene fra "tom tunnel". Metoden kan evt bruges for alle standarderne.
- Skanneren kan kun dybdekonvertere kerneskanninger ud fra metriske enheder, og det kan foreslås at supplere med et modul til konvertering til og fra fod/tommer.
- Monitering af temperaturen i tunnellen under skanningerne vil give bedre dokumentation for data. Faciliteten ville kunne etableres relativt billigt og simpelt gennem seriel dataoptagelse.
- Registrering af diameteren ved skanning af kerner uden sleeves vil kunne forbedre beregning af både bulk densitet og porositetslogs. Faciliteten ville kunne etableres relativt billigt og simpelt gennem seriel dataoptagelse.
- Fotostoppet måler nu vandret gennem skinnen, og der er risiko for fejlfunktion hvis ikke skinnen kører korrekt i løbebanen. Det anbefales derfor, at ændre fotostoppet således at det måler lodret ned gennem løbebanen.
- Elimination af overflødige filer som *.gam og *.den (som slettes af DOS-2002 umiddelbart inden DOS-2002 afsluttes efter skanningen). Endvidere at indarbejde Dens.set i ovennævnte setup fil, og at lade programmerne appende densitets kalibreringsoplysningerne fra *.cal til den generelle output fil (*.prn).

4. Beskrivelse

4.1 Opstillingen

4.1.1 Rullebanen

Opstillingen er bygget op omkring en blytunnel hvorigennem kernerne kan passere på en aluminiumsskinne. Aluminiumsskinnen føres ad en rullebane med en samlet længde på 12,48m, og fremføres med elektromotor. Kraftoverføringen sker via et gearingssystem af tandhjul, samt en gummirem. (Ved montering af borekerner, opmåling m.v., er det vigtigt, at løbebanen trækkes relativt hårdt mod venstre inden opmåling af positioner, eller tilføjelse af nye kerner/prøver, for ikke at introducere fejl som følge af slør fra gummiremmen).

Rullebanen er defineret således, at den starter yderst til venstre ved laboratorie væggen med følgende default offset positioner (se omtalen af de enkelte elementer nedenfor):

- Pos. 0m, Laborativvæg.
- Pos. 5.400m, umiddelbart inden tunnelindgangen.
- Pos 6.000m, centerlinie for gamma spektral analyse.
- Pos 6.426m, centerlinie for bulk densitets måling.
- Pos 6.60m, umiddelbart efter tunnel enden.
- Pos 6.70m, punkt for kraftoverføring fra motor.
- Pos 12.48m, punkt for sikkerheds stop (fotocelle).

Programmet læser de default værdier for rullebanens konfiguration fra filen "Skan2002.set", og værdierne kan revideres med en editor (inden programstarten). Filen begynder desuden med parametre beregningen af korrekte motorhastigheder, og parametre for den fysiske afstand (boxspace) mellem gamma standarder og enkelt prøver. Programmet opretter selv en fil med default data hvis ikke den findes i forvejen, og der kan derfor udføres et **reset** ved simpelthen af slette filen "(programdrev):\Skan2002\Skan2002.set".

4.1.2 Tunnel indgang

Under opstarten af programmet bliver brugeren bedt om at placere betonstandarderne, evt. density standarden, samt det første kernestykke (eller første enkelt prøve) på ganske bestemte punkter på løbebanen. Efterfølgende kræver programmet løbende oplysninger om længderne af de kernestykker (eller enkelt prøver) der lægges på rullebanen. Derved er det muligt for programmet at holde regnskab med tid og sted for kerneenden (eller seneste enkelt prøve), og programmet standser midlertidigt motorfremføringen og dataopsamlingen når kerneenden når frem til punktet 5.40m.

Dette giver mulighed for at indarbejde en fast arbejdsprocedure, der sikrer at brugeren checker om der er overensstemmelse mellem den faktiske fysiske position af bunden af det sidst anbragte kernestykke, og den position som fremgår af skærm billedet. Dette vil være en del af kvalitetsstyringen, og vil forhindre fremtidige taste og opmålingsfejl hvis denne kontrol altid udføres inden lokalet forlades. Faciliteten vil særligt hindre fejl som følge af træthed ved sent nattearbejde.

4.1.3 Gamma spektral analyse

2 stk ø15cm NaI-krystaller til måling af naturlig radioaktivitet og spektral gamma analyse, er placeret centralt i denne tunnel. Krystallerne er placeret så de måler umiddelbart på hver sin side af kernestykkerne, og deres vertikale placering er justeret således at det er optimalt at måle ø10-12cm borekerner. Ved måling af kerner med mindre diametre bør kernen klodses op på rullebanen, således at kernestykkerne vil være centreret i forhold til krystallernes horisontale centerlinie.

4.1.4 Bulk densitet måling

Udstyret til måling af bulk density er placeret til højre for gamma spektral opstillingen. Dette udstyr består af

- 1 stk. Cæcium-137, 1110Mbq(30mCi), kilde.
- 1 stk. kollimator.
- 1 stk NaI krystal.

Cæcium kilden er monteret i en særskilt blyafskærmning oven over blytunnelen, hvorfra aktiviteten fra kilden uhindret kan nå den lodrette centerlinie af kernematerialet gennem kollimatoråbningen. Kollimatoren er en cirkulær ø9,2mm lodret kanal fra kilde til tunnelen, og i materialet i undersiden af tunnelen er der ligeledes en ø11,4mm cirkulær åbning. Umiddelbart under denne åbning findes NaI krystallen, som dækker for denne åbning. Eneste materiale mellem kernemateriale og NaI krystal er blot en tynd plexiglas plade, 2 stk. aluminiumsskiner, samt evt. det materiale kernen er pakket ind i (typisk ingenting, plast sleeves, eller aluminiums sleeves).

NaI detektoren er dækket af bly for at sikre omgivelserne mod uhensigtsmæssig stråling.

4.1.5 Tunnel enden

Når det sidste kernestykke er lagt på rullebanen, så skal brugeren vælge "Close mode" i menuen for derved at give tilladelse til at kerneenden kan passere tunnel indgangen. Når "Close mode" er valgt vil programmet fortsætte skanningen indtil tunnel enden nås i position 6.60m, og herefter stoppe skanningen. Der er ikke længere mulighed for at indtaste flere informationer om kernemateriale på båndet (og dermed tilføje nye kerneemner) når først "Close mode" er valgt.

4.1.6 Sikkerhedsstop

Fotostoppet er placeret for enden af rullebanen således at en normalt placeret aluminiumsskinne vil aktivere dette når den første del af skinnen når frem til fotostoppet. Af tekniske grunde har det ikke umiddelbart været muligt at placere fotostoppet således at det måler lodret ned gennem løbebanen, men derimod blot måler vandret på tværs af skinnerne. Dette betyder, at man skal være særlig omhyggelig med at skinnerne kører korrekt i løbebanen. - Det kan bl.a. tænkes at være et problem hvis det forreste skinnestykke er meget kort, og at der ligger et særligt tungt emne på den første samling. Dette vil muligvis kunne få det korte skinnestykke til at vippe op i luften. Et andet problem kan opstå hvis skinnerne bliver bukket under brugen.

Når fotostoppet aktiveres vil skanning afbrydes midlertidigt, og programmet vil bede om assistance til at få frigjort fotostoppet. Skanningen, og båndtransporten, vil fortsætte upåvirket lige så snart fotostoppet atter er frigjort.

Programmet holder ikke regnskab med længden af det kernemateriale der har passeret skanneren, og det forventes, at brugeren selv husker at fjerne det skannede materiale samtidig med at der lægges nyt materiale på båndet. Fotostoppet er kun en sikkerhed mod skader på udstyr og omgivelser, og mod, forstyrrelse af skanneprocessen og den efterfølgende dybdekonvertering.

4.2 Generelt om programmet

Programmet består af 2 Windows bruger programmer der kan installeres på 2 adskilte computere. Dataopsamlingsdelen (Skan2002 & DOS-2002) skal installeres under et Windows98 styresystem, mens databehandlingsdelen (ScanCalc) kan installeres under såvel Windows98 som WindowsNT.

4.2.1 Skan2002 (og DOS-2002)

Til selve skanneren installeres DOS programmet DOS-2002.exe automatisk sammen med Skan2002.exe under Windows installationen. Skan2002 kalder automatisk DOS-2002, kommunikerer med dette og slukker det igen efter endt skanning. DOS-2002 udfører selve kommunikation med de 2 dataopsamlingskort gennem de 2 drivere PCAP.exe og AICRTL.exe. Begge drivere skal være installeret på computeren ved opstarten via Config.sys og Autoexec.bat, og de nødvendige sætninger til disse 2 systemfiler er vist nedenfor i afsnit 6.2 "Installation af programmet". 2 brugbare systemfiler findes desuden på den medfølgende CD-ROM under biblioteket "\System files", og disse kan evt. installeres efter at rename ekstension *.prn til *.sys og *.bat.

De nødvendige filer "Dens.set", "PCAPdrv.exe" og "AICRTL.exe" installeres under biblioteket "\Skan2002" sammen med de eksekverbare filer under installationen, og må ikke fjernes.

Skan2002.exe kommunikerer direkte med motorstyringen gennem den serielle port (Com2). Motorstyringen påvirkes direkte fra fotostopet ved enden af skanneren. Fotostopet fungerer fortrinsvist som sikkerhedsstop da programmet i forvejen holder regnskab med indtastede kernelængder, den forløbne skannetid, start og stop tidspunkter, og da programmet, hvis de skannede kernestykker fjernes på løbende, normalt vil gå i pausetilstand før fotostopet vil nå at blive aktiveret.

Ved skanning genereres 1 datafil ('boringsnavn'.prn) indeholdende en kronologisk udskrift af såvel måledata som logging af aktiviteter. Filen har et layout der er beregnet til problemfri læsning af ScanCalc, og det er derfor ikke meningen at brugeren skal editere i denne. Datafilen tildeles boringsnavnet med ekstension ".prn" og gemmes i biblioteket "Drevrod:\Skandata\boringsnavn\", og ved brugen af ScanCalc på en anden PC må brugeren være omhyggelig med at sørge for at oprette denne sti til lagring af data. Ellers vil ScanCalc ikke kunne læse filen.

Efter endt skanning kopieres filerne "'boringsnavn'.cal" samt "Dens.set" til "\Skandata\boringsnavn\". Disse filer vedrører dokumentation for DOS programmets densitets kalibrering og grundlag for densitets måling. Filerne vedrører ikke beregningerne i ScanCalc, og kan enten slettes, eller vedlægges det endelige output til kunden som dokumentation. Endvidere findes en række filer "*.gam" som alle er filer vedrørende gamma spektral dataopsamlingen. Filerne har samme format som i det tidligere VAX/Fortran program, og kan blot slettes da de ikke indgår i beregningerne i ScanCalc.

4.2.2 ScanCalc

Windows programmet ScanCalc.exe kan installeres både under Windows98 og WindowsNT, og er udelukkende beregnet til den efterfølgende databehandling. Det forudsætter således ikke installation af drivere, specielle dataopsamlingskort eller serielle tilkoblinger.

4.3 Vejledning til skanning (Skan2002 & DOS-2002)

4.3.1 Programstart

Programmet startes fra Windows startmenuen, eller fra ikonet Skan2002. Programmet vil indledningsvist stoppe motoren for en sikkerheds skyld.

Inden programstarten kan det være en god idé at studere indholdet af filerne:

- "(programdrev):\Skan2002\Skan2002.set".
- "(programdrev):\Skan2002\Skan2002_bruger.set".

" Skan2002.set" indeholder data vedrørende motorstyringen, afstanden mellem gamma standarder og enkelt prøver, placeringen af fotoceller, tunnelindgang, tunneludgang, gamma krystaller og Cæcium kilden. Det er her muligt at justere på disse værdier, - f.eks. værdien for tunnelindgangen hvis der er behov for at programmet laver det midlertidige stop langt tidligere før tunnelindgangen end ved den default værdi 5.40m.

" Skan2002_bruger.set" indeholder data vedrørende brugere og kernematerialer. Det kan her være nødvendigt at tilføje/fjerne initialer for medarbejdere, ligesom der fremover kan opstå nye typer emner til skanningen. Indlæsningen af data til disse 2 parametre giver en liste i de "drop-down" bokse som findes på billedet for "Box data". Andre initialer, og andre kerneemner, kan indtastes vilkårligt under programafviklingen, og indlæsningen af disse data sker kun for at gøre programafviklingen mere bekvemmelig.

4.3.2 Setup & Inddata - valg af skanne mode og plan for skanne processen

Der skal som det første vælges om der skal udføres en "Core scan" eller en "Single samle scan".

Efter dette valg fremkommer et skærbillede hvor brugeren skal indtaste alle nødvendige data. Processen kan ikke fortsættes før end alle nødvendige data er indtastet fejlfrit (Der kan frit vælges at benytte komma og punktum som decimal operatorer).

Alle de pågældende felter skal være udfyldt tilfredsstillende inden processen med succes kan fortsættes med et tryk på "OK":

Boringsnavnet vil indgå i opbygningen af en biblioteksstruktur på det samme drev hvor programmet er blevet installeret, og må ikke indeholde mere end 8 karakterer. Disse karakterer skal desuden være af sådanne typer der kan opfylde kravene til navngivning af DOS filer. Skærbillede viser de boringsnavne der allerede er anvendte, og som derfor ikke længere kan bruges til denne navngivning. Det er meningen at brugeren skal bruge listen som en orientering om allerede brugte navne, samt til inspiration for en passende systematisk navngivning.

Programmet anvender det indtastede boringsnavn til at generere biblioteksstrukturen og outputfilen:

"Drev":\skandata\boringsnavn\boringsnavn.prn

Geologi vælges, og felterne for vindues sætningen opdateres for hver gang der vælges en forud defineret geologi type. En specielt bruger defineret vindues sætning kan evt. indtastes nederst i indtastningsbilledet, men det tilrådes blot at acceptere de forud indtastede standard værdier. Valget af vindues setting, og geologi, har ikke væsentlig betydning i forbindelse med skanneprocessen, idet et nyt valg kan træffes sidenhen med programmet ScanCalc.

Ud over "Boring" og "Geologi", skal menuen for den valgte skanning udfyldes med følgende informationer:

Kerne skanning:	Enkelt prøver:
- Nominel kernediameter. - Skanne hastighed. - Data tæthed, data pr. cm kerne - Antal spektre pr. standard. - Kernens skønnede middel bulk densitet - En datalinie til angivelse af valg, eller fravalg, af sleeve, samt sleeve's længde hvis der skal skannes kerner med sleeve. - Længde af densitet kalibrerings standard - Diameter af densitet kalibrerings standard - Densitet af densitet kalibrerings standard	- Antal sekunder pr. spektrum. - Antal spektre pr. standard. og prøve

Det skal specielt bemærkes, at denne version af programmet opererer udelukkende med det metriske system og SI-enheder. Ved kerne skanninger er der således ikke mulighed for at indtaste længder i fod og tommer.

4.3.3 "Adjustment of K-peak" - justering af kanal nummeret for Kalium toppen

Ved succesfuld indtastning vil programmet vise det næste skærbillede "Adjustment of K-peak". Skærbilledet giver en trinvis vejledning til brugeren der sikrer en optimering af energikalibrering af de to krystaller. Der vises en tegning af Canberra højspændings instrumentet sammen med en forklarende tekst, således at brugeren ikke skal være i tvivl om hvilke potentiometre der skal justeres på, og hvilke kabler der skal være tilkoblede eller frakoblede.

I forbindelse med denne energikalibrering skal der anbringes en (gerne kraftig) kalium kilde i tunnellen midte (ud for de 2 NaI krystaller). Selve justeringen og kalibreringen sker efter disse principper:

Principper for justering af kalium top:
- Frakoble den ene af krystallerne. - Måle det aktuelle kanal nummer for den karakteristiske kalium top. Denne top vil typisk ligge omkring kanal 150 p.g.a. at den anden krystal midlertidigt ikke indgår i det elektriske kredsløb. - Notere dette kanal nummer i et indtastningsfelt som blot virker som en huskeseddel for brugeren. - Frakoble krystallen, og tilkoble den anden i stedet. - Måle den aktuelle kanal for denne krystal, og iterativt justere spændingen for denne krystal så kalium toppen for denne krystal får samme kanalnummer som ved den anden krystal. - Tilkoble begge krystaller, og derpå iterativt justere for den fælles spændingsregulator indtil den fælles kalium for de 2 krystaller svarer til kanal nummer 130.

Under justerings processen udskrives de aktuelle tællinger på skærmen for hvert andet sekund, og på den viste scroll-bar kan brugeren flytte "scroll baren" hen under den aktuelle kalium top for at se de detaljerede tælleantal og kanalnumre i netop dette energiområde.

Den resulterende kalibrering gælder kun for den temperatur hvorunder spændingerne er justeret. Skanningen kræver derfor en konstant temperatur fra det tidspunkt hvor kalibreringen er optaget, og indtil det sidste spektrum er optaget.

4.3.4 "Initial setup" - placering af prøver

Når spændingen til krystallerne er justeret vil programmet fortsætte til et nyt skærbillede der detaljeret viser hvorledes prøver og standarder skal placeres på skanneren. Når prøverne er placeret som beskrevet, og når en række kontroller er afkrydset med musen efter en omhyggelig manuel kontrol, kan der trykkes på "Ready to continue". Der er følgende kontroller at udføre:

Kontrol ved kerne skanning	Kontrol ved enkelt prøve skanning
- Fjern alt fra tunnellen (specielt den K-kilde der har været anvendt til gamma kalibrering). - Monter aluminiums skinnen. - Fjern blyproppen fra Cæcium kilden. - Sæt standarder og de første kerner på båndet efter de viste positioner. Der kan spares procestid hvis det kan lade sig gøre at lægge mindst 50cm kerne på båndet mens der stadig kalibreres.	- Fjern alt fra tunnellen (specielt den K-kilde der har været anvendt til gamma kalibrering). - Monter aluminiums skinnen. - Sæt standarder og første prøve på de viste positioner.

Ved tryk på "Ready to continue" knappen vil skanneren påbegynde processen med dataopsamling fra "tom tunnel" svarende til filen "Tt1.gam". Samtidig skiftes til et nyt indtastningsbillede hvor på der skal indtastes data om de første kerner (eller enkeltprøver).

Der skal benyttes følgende data til at udfylde indtastningsfelter:

Kerne skanning	Enkelt prøver
- Kerne nummer (BoxID). - Beskrivende tekst for kernestykket (Item). - Top dybde i meter (Top). - Bund dybde i meter (Bot). - Kerne længde i centimeter (Length). - Initialer (Init) - Bemærkninger (Remarks)	- Prøve nummer (BoxID) - Beskrivende tekst for prøven (Item) - Prøvens vægt i gram (Weight) - Initialer (Init) - Bemærkninger (Remarks)
Generelt: De vigtigste felter skal være udfyldt inden programmet accepterer indtastningen. Der kan frit anvendes såvel komma og punktum som decimal værdier. For hver indtastning bliver data opdateret i en tabel der også vises på denne indtastningsform. Dette giver brugen overblik over allerede indtastede kerner eller prøver. Tabellen kan blive så stor, at de senest indtastede kerner ikke længere kan ses ved et blik på tabellen, og der er derfor også vist en særlig linie med data fra den seneste indtastning. (fortsættes næste side)	

Supplerende bemærkninger specielt for kerneskaning:	Supplerende bemærkninger specielt for enkelt prøve skanning:
Som en hjælp findes desuden 4 knapper "+K", "-K", "+A" og "-A" som valgfrit kan benyttes til automatisk navngivning af feltet "BoxID". K og A er forkortelser for h.h.v. "Kasse" og "Afsnit", og indgår i en navngivning efter nomenklaturen "Kasse,heltal,Afsnit,heltal". Enhver anden form for tekst kan også skrives i dette felt, uden at dette påvirker skanne processen. Efter indtastning af et kernestykke vil programmet automatisk foreslå værdier for det næste kernestykke således at værdien for dybden af bunden af den forrige boks bliver anvendt som dybden for toppen af den næste boks. Eventuelle forkert indtastede kernelængder kan rettes ved indtastning af en fiktiv boks med en negativ længde. Når kalibreringen er overstået og selve kerneskaningen er igang, kontrolleres det løbende om de målte og indtastede længder er korrekte. Dette sker ved at aflæse hvor programmet mener at enden af kernen befinder sig, og så ved at sammenligne denne værdi med den reelle position af kernens ende. Brugeren kan gå ud fra at der må være en manuel fejl hvis ikke disse 2 værdier er ens. Samtidig kan det, af hensyn til arbejdsplanlægningen, aflæses af skærbillede hvornår der senest vil være behov for flere kernestykker hvis ikke skanneren ikke skal gå i stå. Når det sidste kernestykke er indtastet og lagt på transportbåndet skal der trykkes på "Close mode". Dette for at programmet kan fortsætte skanningen indtil det sidste kernestykke har passeret såvel gamma spektral krystallerne som Cæcium kilden.	Der gælder generelt de samme bemærkninger for dette skærbillede som ved indtastning af data for kerner. Der er dog ingen kontrol af kernelængder. Til gengæld vil det almindelige skærbillede vise hvormange prøver der er indtastet i programmet, og hvor mange af disse prøver skanneren allerede har målt. Prøvens vægt vil indgå i beregningen af koncentrationerne, og brugeren er ansvarlig for om der ønskes koncentrationer på basis af en tørvægt eller vådvægt.

4.4 Vejledning til databehandling (ScanCalc)

ScanCalc startes v.h.a. Windows program menuen, eller den tilhørende ikon fra menübjælken. Der vil indledningsvist blive vist en listning af de skannedata der findes på den pågældende PC og det pågældende drev. Ved et klik på et af de viste biblioteker vil ScanCalc læse datafilen, og automatisk identificere om der er tale om en kerne skanning eller enkelt prøve skanninger. Brugeren vil derpå opleve et ud af 2 forskellige skærbilleder ud fra om den aktuelle skanning er en kerneskaning eller en enkelt prøve skanning.

Vejledning i programmets brug sker direkte fra det aktuelle skærbillede. - I princippet skal brugeren vælge de endelige parametre for skanningen. Herunder model for dybdekonvertering ved kerneskaningen.

Data fra ScanCalc lagres i en bestemt biblioteksstruktur, og med systematisk definerede filnavne, således at output nemt både kan arkiveres systematisk og sidenhen nemt kan genfindes og genanvendes. Det er ikke umiddelbart muligt at rename en rådatafil. Hvis dette ønskes skal borningsnavnet, som oplyst inde i filen også renames på præcist samme måde, og ligesådan for den biblioteksstruktur hvorunder filen lagres. Ellers vil ScanCalc ikke kunne gennemføre beregningerne med succes.

ScanCalc danner en ekstra fil *_flet.prn som en del af dybdekonverteringen ved kerneskanningen. Denne fil er et mellem produkt som blot kan slettes. Filen indeholder alle gamma og densitets datalinierne, men med en 43 cm forskydning af gamma data således at data nu er sorteret fysisk korrekt, og ikke længere i kronologisk orden.

Scan2002 optager kun spektre for gamma spektral standarder ved starten af skanningen. Hvis der også ønskes spektre optaget efter skanningen, så må der startes en ny skanneproces (uden at ændre på energikalibreringen/potentionmetrene på strømforsyningen). Datalinierne for spektrene fra standarderne fra denne sekundære kalibrering kan derpå blot appendes til rådatafilen hvis ellers alle øvrige datalinier fjernes. Datalinierne for spektrene starter alle med et af følgende bogstaver:

- **t** - Tt1 tom tunnel
- **K** - Ka1 kalium standard
- **U** - Ua1 uran standard
- **T** - Ta1 thorium standard
- **B** - Ba1 blandings standard

Rækkefølgen af data for kalibrerings spektrene i rådatafilen har ingen indflydelse ved eventuelt supplerende spektre for gamma spektral beton standarder. ScanCalc gennem søger hele filen for datalinier med spektre fra standarderne.

Alle data i rådatafilen er udskrevet i kronologisk orden, og ved gamma spektral og densitets skanning vil alle data derfor være forskudt 43cm, og hvis der på lignende måde er behov for at tilføje datalinier (f.eks. hvis der har været en uhensigtsmæssig strømafbrydelse), så må brugeren nøje overveje hvorledes disse data skal flettes ind i rådatafilen.

Datalinierne starter alle med et af følgende bogstaver:

- **g** - Gamma spektral enkelt prøve
- **G** - Gamma spektral kerneskanning
- **D** - Bulk densitet kerneskanning

- og ved kerneskanning vil "G" og "D" linier forekomme skiftevis. Det er vigtigt at brugeren bibeholder denne rytme ved supplerende datalinier. Ellers vil indgrebet genere dybdekonverteringen.

Af andre datalinier findes:

- **V** versionsnummer af DOS eller Windows program
- **X** listning af oplysninger som blev transmitteteret fra Windows program til DOS program ved starten af skanningen. Herunder findes oplysninger om den reelle skannehastighed.
- **Linie 2** indeholder 3 værdier der læses af ScanCalc til bestemmelse af om der er tale om kerneskanning eller enkelt prøve skanning.
- **M** oplysninger om besked sendt til motoren.
- **e** oplysninger om afsluttet pauseforløb
- **b** oplysninger om boks længder , boks dybder, boksnavne, initialer og bemærkninger ved kerneskanning
- **s** oplysninger om vægt og prøvenavn for enkelt prøver ved enkelt prøveskanning.

Hvis der er behov for at skalere forholdet mellem motorhastigheden og datatætheden, så er der eventuelt mulighed for at editere parameteren for datatæthed i rådatafilens linie 2, parameter nr 2. Oplysninger om motorhastigheden burde være justeret korrekt ind i programmet, og der skulle derfor normalt ikke være behov for dette indgreb.

4.4.1 Specielt ved kerne skanning

Ved kerneskaning har brugeren efterfølgende mulighed for at editere i indtastede bokslængder, dybder for top og bund af bokse samt boksnavnene. E.v.t. også at indsætte og slette bokse. Ved et tryk på knappen "Update" vil programmet checke kvaliteten af data, og der vil blive vist et resume på skærm billedet. Hvis data er tilfredsstillende for videre beregninger vil knappen "OK" også blive tilgængelig.

Bokse slettes ved først at trykke på knappen "Delete" og derpå på den linie der indeholder den uønskede boks. Der kan kun slettes en boks pr tryk på "Delete" knappen.

Samme proces er gældende for "Insert" knappen.

Ved kerne skanning genberegnes og dybdekonverteres data, ligesom der også beregnes porøsitet data. Der kan dybdekonverteres efter 4 forskellige dybdemodeller, a, b, c eller d, og data vil afhængig af det valgte efterfølgende vil dannet i filer i et af bibliotekerne:

":\Skandata\borenavn\recalc\ a\ ",
 ":\Skandata\borenavn\recalc\ b\ ",
 ":\Skandata\borenavn\recalc\ c\ " eller
 ":\Skandata\borenavn\recalc\ d\ ".

Ved en genberegning dannes 7 forskellig output filer der alle starter med bokstavet for den valgte dybdemodel, og som derefter hver især hedder gam1.prn, gam2.prn, gam3.prn, den1.prn, den2.prn, den3.prn og rel.prn.

En række parametre skal være indtastet, og der er i forvejen indtastet et sæt af default værdier. Parametrene har følgende betydninger:

Scan velocity: Værdien for skannehastigheden i cm/min. Værdien kan ikke revideres.

Data intensity: Antal centimeter mellem hvert optagne datapunkt. Værdien kan ikke revideres i ScanCalc, men kan om nødvendigt revideres i rådatfilen (linie 2, parameter nr 2).

Core diameter: Nominel kerne diameter i centimeter. Parameteren benyttes til beregning af såvel bulkdensity som gamma spektral værdier.

Bandwidth for gamma smoothing: Antal centimeter hvorover der skal udføres en lineær midling af gamma tælle tallene inden de indgår i spektral data beregningerne. Endvidere indgår parameteren i algoritmerne for frasortering af urealistiske bulkdensity værdier.

Constant bulk density for clean core (g/cm^3): Parameter som grundlag for beregninger af gamma spektral værdier med en konstant gennemsnits densitet. Det er her vigtigt, at gøre brugeren opmærksom på hvad den anvendte bulk densitet repræsenterer. Parameteren indgår kun i beregningerne baseret på en konstant gennemsnits densitet for hele boringen, og værdierne findes udskrevet i filen *Gam1.prn. Se også "Water, oil, gas, mud, salt" nedenfor. Parameteren svarer til den værdi der har skullet indtastes i GEUS's tidligere version af gamma spektral databehandlingsprogram (CanCalc).

Constant bulk density cutoff for trim of density $\log(\text{g/cm}^3)$: Den minimums bulk densitet der er acceptabel for udvælgelse af densitets værdier i filerne *Den2.prn og *Den3.prn, og inddirekte også i *Gam2.prn og *Gam3.prn.

Water, oil, gas, mud, salts (pct of coreweight): Parameter (med en konstant gennemsnitsværdi for hele kernen) til korrektion af bulk densitet, til bulk densitet for en ren tør kerne. Alle tællel til gamma spektral beregninger, inkl. total tællel, bliver korigeret med faktoren $1/(1 - \text{Const.bulk.dens.})$. Dette gælder for alle 3 filer for gamma spektral data (*Gam1.prn, *Gam2.prn, *Gam3.prn). (Data i *Rel.prn er uafhængig af den skannede masse og den indtastede kerner diameter.)

Ønsker man koncentrationer beregnet med reference til bulk densitet, skal denne parameter blot sættes til 0.

Ønsker man derimod beregninger med reference til den rene tørre kerne, og er kernen skannet i en sleeve sammen med boremudder, så må der gives et skøn over vægtprocenten af boremudder, vand m.v. Der skal særligt tages hensyn til at der kan være et mellemrum mellem kerne og sleeve, som enten kan være fyldt med boremudder, eller helt uden.

Tolerance factor for trim of density spikes: En faktor mellem 0 og 1, som benyttes til evaluering af om densitetsdatapunkter giver anledning til uacceptable spring. F.eks. ved en sprække eller en boks samling. Små værdier for denne parameter tillader store spring i densitets værdierne.

Estimated constant core grain density(g/cm^3): Parameter til beregning af porøsitetologgen. Der skal angives en gennemsnits korndensitet gældende for hele boringen.

Estimated constant core porosity(pct): Parameter til beregning af porøsitetologgen. Der skal angives en gennemsnits porøsitet gældende for hele boringen.

Estimated constant core poredensity(g/cm^3): Parameter til beregning af porøsitetologgen. Der skal angives en gennemsnits pore densitet gældende for porerummet i hele boringen. Parameteren er et udtryk for gennemsnits densiteten af boremudder, vand, olie, gas, salte i porerummene, og det er meningen, at denne parameter bestemmes iterativt ved at sammenligne den beregnede log for porøsitet med data fra analyserede plugs. Ved lange kerner kan det være nødvendigt at opdele kernen i flere intervaller med forskellige poredensiteter som følge af der har været varierende boremudder densitet under borearbejdet.

Programmet beregner poredensiteten for hvert enkelt datapunkt ud fra målt bulk densitet, skønnet gennemsnits korn densitet og skønnet gennemsnits porøsitet. Gennemsnittet af disse værdier bør svare til indtastede parameter "Estimated constant core poredensity", og hvert enkelt af de beregnede poredensiteter bør som minimum være positive værdier.

Depth model: Model for dybde konvertering. Der skal vælges mellem a,A, b, B, c, C, d eller D, gældende for A: Laboratorie skala model, B: Stræk eller komprimering, C: Top boks allokering eller D: Bund boks allokering.(Se nærmere nedenfor).

Boxspace: Parameter til at borteditere uvedkommende datapunkter mellem kernestykkerne. Bruges at fjerne datapunkter der er optaget ved samlingerne mellem kernestykkerne. F.eks. hvis der er et systematisk ophold som følge af at endepropper på kerner indpakket i sleeves. Der skal angives en længde (i cm) gældende for den reelle afstand der i gennemsnit er mellem kernestykkerne på båndet.

For densitetsloggen, som er præcis indenfor 1-2 cm, er det muligt, at angive den præcise afstand, mens det for gamma spektral loggen er muligt at angive en noget større længde, som tager højde for randeffekt ved kerneender indenfor f.eks. 10-20cm.

4.4.2 Enkelt prøve skanning

Det er muligt at rette de indtastede vægte, og at skrive det korrekte prøvenavn under kolonnen "New rem". De tidligere indtastede prøvenavne, initialer og bemærkninger fremgår af kolonnen "Old rem". Det nye indtastede prøvenavn bliver udskrevet i output datafilen, mens teksten under "Old rem" ikke bliver anvendt længere.

Det er ikke muligt at indsætte eller slette enkelt prøver. Der kan kun bortediteres data fra output datafilen, eller fra rådatafilen.

Ved enkelt prøve skanning får brugeren mulighed for at justere prøvevægtene og prøvenavnene samt at vælge en ny vindues sætning. Og efterfølgende vil programmet danne en outputfil i filen " 'drev' : \Skandata\borenavn\recalc\borenavn'.prn".

4.4.3 Efter tryk på OK knappen

Programmet lukker når OK knappen har været trykket, og når alle beregninger er gennemført. Herefter vil datafilerne være tilgængelige i biblioteket "'Drev': \Skandata\boringsnavn\recalc\".

5. Beregningsmetoder

5.1 Spektral gamma beregning

Ved 3 vindues metoden opstilles en massebalance på tælleraterne fra 3 forskellige energi intervaller fra skannerens gamma-strålingsdetektorer. Det antages at tællertallene udelukkende skyldes strålingsaktivitet fra radioaktive komponenter af Kalium, Uran og Thorium, samt at aktiviteten fra disse komponenter er i en stabil ligevægt. Og derved kan der opstilles nedenstående model for hvert af de 3 intervaller (intervallerne benævnes ofte "vinduer", og beregnings metoden kaldes for "3 vindues metoden"):

$$r_{Th,5} - r_5 = f_3 * (s_{Th,5} * c_{Th} + s_{U,5} * c_U + s_{K,5} * c_K), \text{ for vindue 3 ("Thorium" vinduet)}$$

$$r_{U,4} - r_4 = f_2 * (s_{Th,4} * c_{Th} + s_{U,4} * c_U + s_{K,4} * c_K), \text{ for vindue 2 ("Uran" vinduet)}$$

$$r_{K,3} - r_3 = f_1 * (s_{Th,3} * c_{Th} + s_{U,3} * c_U + s_{K,3} * c_K), \text{ for vindue 1 ("Kalium" vinduet)}$$

Hvor

c_x er koncentrationen af stoffet "x"

f_z er en geometrifaktor for vindue "z" som følge af afvigelse fra den ideelle geometri

r er tælleletal fra de radioaktive komponenter fra enkelt prøver eller borekerner, og måles i cps.

r_3 , r_4 og r_5 er tælleletal for baggrundsstrålingen.

s er sensitiviteter i forhold til koncentration og masse.

Ved en kalibrering bestemmes de 9 sensitiviteter samt baggrundsstrålingen på målinger fra GEUS's certificerede $\varnothing 10\text{cm} \times 48\text{cm}$ beton standarder ud fra nedenstående forudsætninger:

Kerne skanning:

Det antages pr default at både kernerne og standarderne er uendelige lange, homogene cylindriske kernestykker, idet alle default geometrifaktorer er sat lig med 1 både ved kalibreringen og ved logberegningerne. GEUS's certificerede beton standarder har reelt dimensionerne $\varnothing 10\text{cm} \times 48\text{cm}$, og kernerne har også en afgrænset længde, hvilket vil indføre en mindre usikkerhed i beregningerne. Der er mulighed for at justere de enkelte værdier for geometrifaktorerne.

Beregningen af sensitiviteterne sker ud fra at beregne bidraget af tælleallene fra en cylindrisk skive fra kernene med dimensionen $\varnothing 10\text{cm} \times 1\text{cm}$, og beregnes med enhederne $\text{tællerate}/(\text{koncentrationsenhed} * (\text{masse}/\text{kernelængde}))$. Svarende til enhederne $\text{cps}/(\text{pct} * (\text{g}/\text{cm}))$ for K og $\text{cps}/(\text{ppm} * (\text{g}/\text{cm}))$ for U og Th.

Enkelt prøver:

Ved kalibrering for skanning af punktformige enkeltprøver konverteres tælleallene fra standarderne til ækvivalente tælleletal fra et punktformigt legeme. D.v.s. at der pr. default anvendes geometrifaktorerne $f_1 = 0,2963$, $f_2 = 0,2968$ og $f_3 = 0,3035$.

Tælleallene fra enkeltprøverne konverteres ligeledes til ækvivalente tælleletal fra et punktformigt legeme. Dog v.h.a. et andet sæt geometrifaktorer med default værdierne $f_1 = 0,9270$, $f_2 = 0,9270$ og $f_3 = 0,9270$ svarende til geometrien af et 500ml laboratorie plastbæger. Der er mulighed for at justere de enkelte værdier for geometrifaktorerne.

Sensitiviteter er i dette tilfælde beregnet med reference til den oplyste prøvevægt, og beregnes derfor som $\text{tællerate}/(\text{koncentrationsenhed} * \text{masse})$. Svarende til enheden $\text{cps}/(\text{pct} * \text{g})$ for K og $\text{cps}/(\text{ppm} * \text{g})$ for U og Th.

Ved kalibreringen måles spektre fra 3 forskellige standarder med kendte koncentrationer af Uran, Kalium og Thorium, og efterfølgende også en referencesituation med tom tunnel. I kalibreringsprocessen dannes for hver standard 3 lineære ligninger med 3 ubekendte parametre, som tilsammen benyttes til at bestemme de 9 sensitiviteter.

Når disse 9 sensitiviteter er fundet ved kalibreringen, kan koncentrationerne af Kalium, Uran og Thorium bestemmes ud fra målte tællelæsninger fra 3 vinduer ved at løse et enkelt tilsvarende ligningssystem. Blot er det nu koncentrationerne der er de 3 ukendte parametre, mens tællelæsningerne alle er målt og korrigeret for baggrundsværdier samt geometrifaktor. - Beregning udføres derpå for hvert datapunkt langs boringens længdeakse, eller for hvert spektrum der udlæses for enkeltprøver.

5.1.1 Kerneskaning - midling af gamma

Ved ScanCalc skal der oplyses om et ønsket midlingsinterval. Dette interval benyttes til lineært at danne et glidende middel over de optagne spektre inden beregning af total tællelæsning, Uran, Kalium og Thorium koncentrationer. Ved datatætheden 1 datapunkt pr. cm, samt midlingsintervallet 10 cm, vil hver enkelt spektrum således indgå i beregningerne i sammenlagt 10 udskrevne datapunkter i output filerne.

Der midles over såvel dybde-data som spektrale data, og hvis ikke midlingsintervallet består af et ulige tal vil der således kunne optræde datapunkter med "skæve" dybder i forhold til rådatafilen.

Det er nødvendigt at angive en densitet gældende for kernens volumen inden koncentrationerne for U, K og Th kan beregnes. Denne densitet kan såvel vælges som gennemsnitlig bulk densitet af våd urensset kerne eller gennemsnitlig bulk densitet af tør renset kerne, og vil direkte påvirke størrelsesordenen af de beregnede data. - Det er derfor vigtigt, at brugeren til dette valg gør sig klart hvilken resulterende enhed ScanCalc skal kunne producere.

Programmet beregner 3 forskellige spektrale logs, - 1 for hver af 3 følgende reference bulk densiteter:

- *Gam1.prn beregnet på basis af en gennemsnitsværdi for hele kernen (kan være våd urensset, eller tør renset)
- *Gam2.prn beregnet på basis af målte bulk densiteter
- *Gam3.prn beregnet på basis af målte bulk densiteter fraseret urealistiske værdier

For fraseret urealistiske bulk densitets værdier henvises til afsnittet "Metode for fraseret urealistiske bulk densitetsdata" nedenfor. For alle 3 beregningsmetoder gælder det at der korrigeres for den oplyste middelvandmætning som brugeren bl.a. skal indtaste ved brugen af ScanCalc. Denne opgives i vægtprocent af kernen, og kan være et udtryk for indhold af både vand og alle andre fremmede elementer i kernen.

5.1.2 Enkeltprøver - midling af gamma

Brugeren definerer et antal spektre (minimum 3) i forbindelse med kalibreringen til enkeltprøve skanning, og programmet optager det samme antal spektre for hver enkelt prøve.

ScanCalc beregner værdier for koncentrationer ud fra disse spektre hver især, og efterfølgende også for middelværdien af disse spektre.

5.2 Bulk densitet og porøsitet beregninger

DOS programmet DOS-2002.exe udfører selve beregningen af densiteter, og disse densitets værdier kan ikke genberegnes på samme måde som ved gamma spektral beregninger.

Metoden er beskrevet i bilag 3 "Teorien bag måleteknikken".

5.2.1 Forudsætninger

Det skal nævnes, at måling af bulk densitet forudsætter konstant kerner diameter, og at uensartet og upræcis kerner diameter vil forringe præcisionen af bulk density data. Herunder vil der ved skanning af borekerner i sleeves også blive upræcise måling hvis der findes boremudder i mellemrummet borekerne og sleeve.

For beregningen af porøsitetslogs gælder det endvidere, at der enten skal være skannet på en ren og tør kerne, eller, at loggen justeres ind efter tilgængelige plugdata fra kernen for både korndensitet og porøsitet.

Hvis ikke der er tale om en ren og tør kerne, så skal der indtastes oplysninger om kernens indhold af suspenderet stof (boremudder og salte) samt vand, olie, gas. Disse elementer bidrager alle til en "Poredensitet", som er et udtryk for massen af disse fremmedstoffer pr porevolumen. Hvis der ikke kan skaffes oplysninger dette indhold, - men kun oplysninger om plugporøsitet og korndensitet, så er der dog mulighed for at bestemme poredensiteten ved iterativ brug af programmet (ScanCalc).

Det skal særligt nævnes, at poredensiteten vil kunne variere som funktion af de boremudder densiteter der har været anvendt i de enkelte dybder under borearbejdet, og at det derfor kan være nødvendigt at bestemme poredensiteterne særskilt indenfor de enkelte intervaller med forskellig boremudder.

5.2.2 Beregning af bulk densitet

Bulk densiteten beregnes ud fra dæmpningen af strålingsintensiteten fra Cæcium kilden ved passage langs diameteren på et kernestykke. Denne dæmpning er eksponentielt stigende med massen af kernen, og bulk densiteten beregnes derpå ud fra den oplyste diameter og den målte dæmpning. (Detaljerede matematiske relationer om denne dæmpning fremgår af bilaget "Teorien bag måleteknikken.")

Umiddelbart inden en skanning skal der udføres en bestemmelse af den reference strålingsintensitet som når frem til borekernen. Reference intensiteten er korigeret for dæmpningen gennem sleeve materialer (kaldet "hylster" i bilag 7.3"), idet der først skal kalibreres på en standard densitets borekerne anbragt i præcist de samme eventuelle sleeve materialer som borekernen er indpakket med, og som borekernen også skannes sammen med.

Til dette formål, er der fremstillet en standard stålcylder (se bilag 7.4 "Densitets standard"). Data for denne standard er bygget ind i "Skan2002.exe", og kan revideres gennem det indledende skærmbillede hvor brugeren skal indtaste oplysninger om den planlagte skanning. Brugeren skal indtaste såvel diameter for densitets kalibrerings standarden som diameteren for borekernen. Disse 2 diameter behøver ikke at være ens, da programmet tager hensyn til de indtastede oplysninger.

De oprindelige programmer Density.exe og Dens.exe leveret af DTU/IAU h.h.v. 1998 og januar 1999 findes på vedlagte installations CD-ROM. Herunder også medfølgende vejledning (Word dokumenter) samt source koder (C++). (Se stien "\\PCAP\ DTU_proj"). Disse programmer kan evt. anvendes til skanning uden samtidig gamma spektral skanning, og vil producere densitets logfiler med større detaljeringsgrad end ved brug af "Skan2002.exe".

Til motorstyringen findes et originalt DOS-program "Combivis.bat" (Se stien "\\KEB\Combivis\\") som også findes på den vedlagte CD-ROM. Alternativt kan der benyttes Windos-programmet "Bcbcomm.exe" eller "Skan2002.exe". - I menuen for Skan2002 er det muligt at sætte

motorhastigheden til en værdi mellem 0 og 9,5 cm/min, ligesom det også er muligt at spørge til den aktuelle hastighed. Der er dog slukket for denne facilitet når der udføres skanninger.

5.2.3 Output for bulk densitet

ScanCalc beregner behandler og håndterer de allerede beregnede værdier, og ved en valgt model for dybdekonvertering (a,b,c eller d) symboliseret ved en *, genereres der 3 forskellige output filer i biblioteket ":\Skandata\borenavn\recalc*\ ":

- *den1.prn
- *den2.prn
- *den3.prn

"*den1.prn" indeholder samtlige målte og dybdekonverterede bulk density data uden nogen form for filtrering. De første 10 cm aluminiumsskinne vises i loggen for at give mulighed for at kontrollere nulpunktet for densiten. Hvis kernen er skannet i sleeve (og dermed at densitets standarden er kalibreret i en tilsvarende sleeve), så vil der vises negative densitetsværdier for denne aluminiumsskinne.

"*den2.prn" indeholder dybdekonverterede bulk density data, hvor det er tilstræbt at fjerne de data hvor forudsætningen om konstant kerner diameter ikke er overholdt. Det gælder specielt for de steder på kernen hvor der er samlinger eller plughuller. Endvidere hvis der er en urealistisk lav bulk densitet for kernen.

Datafilen indeholder endvidere en beregnet porøsitetsslog, og er beregnet som det output der skal videregives til kunden. Alle mellemregninger findes i filen "*den3.prn", som kun er beregnet til laboratoriebrug.

5.2.4 Metode for frasortering af uacceptable densitetsdata

Frasorteringen af uacceptable målinger sker ved følgende proces:

- Der ses på bulk densitets værdierne indenfor det samme midlings interval som benyttes for gamma spektral beregningerne.
- Intervallet opdeles i 2 lige store dele.
- Den maksimale værdi 'max1' og 'max2' bestemmelse for h.h.v. det første og det sidste af de 2 delintervaller.
- Brugeren har i forvejen indtastet en værdi for 'tolerance' (default 0.95), og for 'minimums densitet' med henblik på at evaluere om den målte værdi opfylder 3 følgende kriterier:
'densitet' > 'tolerance' * 'max1', og
'densitet' > 'tolerance' * 'max2' og
'densitet' > 'minimums værdi'.

Derved kan værdier for plughuller og tilsvarende kraftige anomalier identificeres og frasorteres, - dog afhængig af de 2 kriterier som brugeren definerer, og afhængig af kernens natur. Kolonnen med data fra denne sortering hedder "Sorted_density", og disse data udgør grundlaget for beregningen af porøsitetssloggen.

5.2.5 Metode for beregning af porøsitet

Ved beregning af porøsitetstloggen benytter programmet brugerens indtastede oplysninger om kernens 'gennemsnits korndensitet' og 'gennemsnits poredensitet' ud fra følgende massebalance:

$$\text{Porøsitet} = (\text{gennemsnits korndensitet} - \text{aktuel bulk densitets måling}) / (\text{gennemsnits korndensitet} - \text{gennemsnits poredensitet})$$

Brugeren har ved iterativ brug af ScanCalc bestemt en værdi for 'gennemsnits poredensitet'. - I filen "Den3.prn" beregnes en kolonne med aktuel poredensitet ("Poredensity"), og brugeren gentager beregningerne således at der ikke forekommer negative værdier for den aktuelle poredensitet, og således at der er overensstemmelse med de beregnede porøsitets data porøsitetsdata fra plugdata. Som det vil fremgå af filen beregnes den aktuelle poredensitet ud fra en gennemsnits porøsitet for hele boringen ud fra ligningen:

$$\text{Poredensitet} = (\text{aktuel bulk densitets måling} - \text{gennemsnits korndensitet} * (1 - \text{gennemsnits porøsitet})) / \text{gennemsnits porøsitet}$$

5.3 Dybde konvertering

ScanCalc kan udføre 4 forskellige former for dybdekonvertering, h.h.v. benævnt som

- Laboratorieskala - 'A Labscale'
- Box komprimering / udstrækning - 'B Boxstretch'
- Top box allokering - 'C Top allocation'
- Bund box allokering - 'D Bottom allocation'

Fælles for disse dybdemodeller gælder det desuden at der kan vælges at frasortere data i en zone omkring box samlingerne. Hvis denne funktion vælges (hvis Boxspace sættes til mere end 0 cm), så vil programmet fjerne alle data optaget $\frac{1}{2} * \text{Boxspace}$ inden en samling samt $\frac{1}{2} * \text{Boxspace}$ efter samlingerne, og først efterfølgende udføre dybdekonverteringen på de resterende datasæt.

5.3.1 A, Laboratorieskala

Ved laboratorie skala dybdekonvertering vil den oplyste dybde for toppen af den første skannede boks blive allokeret til det første datasæt som en referencedybde. Derpå vil alle de efterfølgende datasæt blive tildelt dybder beregnet ud fra motorhastigheden og hyppigheden af dataudlæsningerne. - Hvis Boxspace er sat til mere end 0cm vil beregninger for data omkring samlingerne dog blive udeladt inden dybde beregningerne.

Laboratorieskala dybdekonverteringen er egnet til undersøgelser hvor man meget detaljeret ønsker at korrelere detaljer i densitets variationerne mod hyppigheden af f.eks. observerede styloliter i kernestykkerne.

5.3.2 B, Box komprimering / udstrækning

Box komprimering og udstrækning er den klassiske dybdekonverteringsmodel for GEUS's kernelaboratorie. Modellen tager hensyn til at der kan mangle kernemateriale i en box, eller at der ligefrem kan være en vis expansion af kernelængden. D.v.s. at recovery kan være h.h.v. mindre en 1 og større end 1.

Box komprimering / udstrækning er særligt anvendelig hvor der arbejdes med korrelationer i større skala mellem logdata og skannedata.

5.3.3 C, Top boks allokering

Ved Top boks allokering anvendes dybden for toppen af den enkelte box som referece til alle de datasæt der er målt indenfor boksen. Ligesom ved laboratorie skalamodellen bliver dybden for de

enkelte datasæt beregnet ud fra den anvendte motorhastighed og hyppigheden for dataudlæsningerne.

Det skal særligt bemærkes, at dybderne i den resulterende log ikke nødvendigvis vil være monotont voksende med dybden, men at der vil kunne forekomme et overlap mellem 2 bokse hvis bokslængden er større end forskellen mellem de oplyste dybder for top boks og bund boks. (D.v.s. hvis boksen er ekspanderet, eller hvis der er fejl i de oplyste dybder).

5.3.4 D, Bund boks allokering

Modellen for bund boks allokering er analog til Top boks allokering. Der anvendes blot dybden for boksens bund til det nederste datasæt, og denne dybde er derfor reference for resten af boksens datasæt.

Det skal også her bemærkes, at denne dybdemodel kan forekomme overlap i dybderne for 2 bokse.

6. Program dokumentation og CD-ROM

6.1 Udviklingsmiljø og source kode

6.1.1 Windows programmer (Skan2002 og ScanCalc)

Programmerne er udviklet med Borland C++ Builder Professional Version 5.0, og installationsprogrammerne (setup.exe) er fremstillet v.h.a. InstallShield Express Version 2.12 (62).

Source koderne til Windows programmerne findes på CD-rom under biblioteket "2002_Win" og "2002_ScanCalc".

6.1.2 DOS programmet (DOS-2002.exe)

Programmet er udviklet med Borland C++ Version 5.0A. Programmet installeres automatisk af InstallShield Express ved installationen af Skan2002 (se ovenfor).

Source koderne til programmet findes på CD-rom under biblioteket "2002_dos".

6.2 Installation af programmer

Der er 2 installationsprogrammer på den medfølgende CR-ROM. H.h.v. for installation af Skan2002/DOS-2002 og ScanCalc. Skan2002 kan kun installeres under Windows98, mens ScanCalc også kan installeres under WindowsNT.

Installation af ScanCalc direkte fra CD-rom version:

"\Installation\SkanCalc\650mb\Disk1\setup.exe"

Installation af Scan2002 og Dos-2002 direkte fra CD-rom version:

"\Installation\Skan2002\650mb\Disk1\setup.exe"

Begge versioner installeres og afinstalleres med Windows faciliteterne på normal vis.

Installationsprogrammerne kaldes fra underbiblioteket "Installation" på den medfølgende CD-ROM. Der findes såvel en version til installation direkte fra CD, som en version egnet til kopiering til disketter, og efterfølgende indstallation fra diskettedrev.

Alle versioner startes som det er velkendt under Windows med Setup.exe.

Vigtige informationer om installation:

- Under installation af Skan2002 foreslås programmet installeret i biblioteket "F:\Skan2002". Det er her kun tilladt at ændre på drevbokstavet. Andre ændringer, som f.eks. et andet stinavn end ".\Skan2002" er ikke tilladt.

Umiddelbart efter installationen med Setup fra CD-rom eller diskette skal der gøres følgende:

- Højreklik på DOS-programmet "\Skan2002\DOS-2002.exe", vælg "Egenskaber", vælg fanebladet "Program" og vælg "Minimeret" samt vælg "Luk ved afslutning".
- Filerne "\Skan2002\Autoexec.prn" og "\Skan2002\Config.prn" er kopier af hhv Autoexec.bat og Config.sys fra den PC hvorpå Skan2002 er udviklet. Filerne åbnes, og relevante dele kan kopieres ind i Autoexec.bat og Config.sys. Det skal især sikres at filerne "Aictrl.exe" og

"Pcapdrv.exe" begge bliver eksekveret i Autoexec.bat, og det skal sikres at "Files=150" og "ansi.sys" bliver startet i Config.sys. Se eksempler nedenfor:

Eksempel for Autoexec.bat:

```
rem ----- MTM ATAPI CD-ROM -----
rem - By Windows Setup - D:\WINDOWS\COMMAND\MSCDEX.EXE /D:MTMIDE01 /M:10
rem ----- MTM ATAPI CD-ROM -----
@ECHO OFF
PROMPT $p$g
Break=on
PATH D:\WINDOWS;D:\WINDOWS\COMMAND;C:\DOS
SET TEMP=C:\DOS
mode con codepage prepare=((850) D:\WINDOWS\COMMAND\ega.cpi)
mode con codepage select=850
keyb dk,,D:\WINDOWS\COMMAND\keyboard.sys

REM : Installere drivere til Nucleus og Canberra indstikskort
f:
cd skan2002
PCAPDRV
aictrl
cd\
```

Eksempel på Config.sys

```
DEVICE=D:\WINDOWS\setver.exe
DEVICE=D:\WINDOWS\HIMEM.SYS
DOS=HIGH
rem ----- MTM ATAPI CD-ROM -----
[COMMON]
DEVICE=C:\MTM\MTMCDAL.SYS /D:MTMIDE01
rem ----- MTM ATAPI CD-ROM -----
device=D:\WINDOWS\COMMAND\display.sys con=(ega,,1)
Country=045,850,D:\WINDOWS\COMMAND\country.sys

Device=d:\windows\command\ansi.sys
Files=150
```

7. Bilag

7.1 Dokumenter vdr. certificerede beton standarder fra RISØ.

DGU Radiometric Core Standards. Documentation Report by Leif Løvborg, Risø National Laboratory, July 1985.

og

Brev fra RISØ den 18 nov. 1985, Jnr. 15201-34-85 med titlen "Vedr. kernestandarder BA-1 og BB-1".

July 1985

DGU RADIOMETRIC CORE STANDARDS

KA-1, UA-1, TA-1
KB-1, UB-1, TB-1

Documentation Report -----

by

Leif Løvborg

Risø National Laboratory
DK-4000 Roskilde
Denmark

SUMMARY

Six drill-core models of increased natural radioactivity were manufactured for use with the spectral gamma-ray core scanner at the Geological Survey of Denmark (DGU). The models KA-1, UA-1, and TA-1 serve as calibration standards for determining the spectra produced by unit concentrations of potassium, uranium, and thorium in core of 100 mm diameter. The models KB-1, UB-1, and TB-1 permit a recording of similar calibration spectra for core of 50 mm diameter. Each model (standard) consists of a 500 mm long, sealed plexiglass tube filled with solidified cement mortar which contains a radioactive admixture. KA-1 and KB-1 have a potassium concentration of 4.2% K supplied by a KOH solution in a sand-cement mix. UA-1 and UB-1 are spiked with a minute quantity of a certified uranium ore to a concentration of 50 ppm eU, while TA-1 and TB-1 are spiked with uranium-free thorite to a concentration of 92 ppm Th. The core standards are water-saturated and have bulk densities of between 1950 and 2170 kg/m³.

CONTENTS

1. MATERIALS USED	2
1.1. Plexiglass compartments	2
1.2. Solid mortar constituents	2
2. DRY BLENDING OPERATIONS	
2.1. Dry mix "U-1"	2
2.2. Dry mix "T-1"	3
3. MANUFACTURING PROCEDURE	3
3.1. Manufacture of KA-1 and KB-1	3
3.2. Manufacture of UA-1 and UB-1	4
3.3. Manufacture of TA-1 and TB-1	4
4. ASSIGNMENT OF RADIOELEMENT CONCENTRATIONS	4
4.1. Sealed-can gamma-ray analysis	4
4.2. Measured and calculated K-eU-Th grades	5
4.3. Adopted reference grades	6
5. REFERENCES	6
TABLES	7
Table 1. Radioelement contents of the materials in the standards	
Table 2. Composition of the mortars for the standards	
Table 3. Measured and calculated radioelement contents for the mortars	
Table 4. Reference data for core standards KA-1 and KB-1	
Table 5. Reference data for core standards UA-1 and UB-1	
Table 6. Reference data for core standards TA-1 and TB-1	

1. MATERIALS USED

1.1. Plexiglass compartments

The plexiglass compartments for the standards were 497 mm long tubes of 5 mm wall thickness and supplied with 10 mm thick end caps that could be recessed to a depth of 7 mm at the bottom and top of a tube. The tubes for the "A" set of standards were of 100 mm inner diameter, while those for the "B" set were of 50 mm inner diameter. The bottom end caps were attached using a plastic binder before pouring the mortar mixes.

1.2. Solid mortar constituents

The starting materials selected for manufacturing the standards were:

- Commercial quartz sand (0.2 to 0.5 mm grain size)
- White Portland cement
- Granular potassium hydroxide (KOH, pro analysi)
- CANMET uranium ore BL-5 (Faye et al., 1979)
- Lemhi Pass thorite (Staatz, 1979).

The radioelement concentrations of these materials are shown in Table 1. KOH was chosen in preference to a natural source of potassium concentration (e.g. K feldspar) to avoid the introduction of unwanted U and Th concentration levels in the "K-1" mortar. KOH has a high K content of almost 70% and does not decrease the pH of a cement mortar. BL-5 is a finely divided uranium reference material which is in radioactive equilibrium and contains no thorium (Smith and Steger, 1983). The Lemhi Pass thorite was prepared by slicing and powdering a hand specimen donated by the U.S. Geological Survey in 1982. The powder sample used as an admixture for the "T-1" mortar contains 1.7% Th, and there is no detectable uranium in it.

2. DRY BLENDING OPERATIONS

To obtain an even dispersion of the U and Th admixtures in the respective standards, an inert receptor material was manufactured by grinding and sieving an amount of quartz sand to a maximum grain size of 0.1 mm (sieve size: DIN 4188).

2.1. Dry mix "U-1"

Five grams of CANMET BL-5 and 200 grams of fine quartz sand were blended for one hour in a large glass bottle placed on rotating rollers. At subsequent intervals of one hour, further amounts of 600, 1500, and 2145 grams of sand were added to the bottle, so that the five grams of BL-5 became dispersed into 4445 grams of

sand. Using a similar blending procedure, other five grams of BL-5 were dispersed into 1403 grams of sand. The two portions of spiked sand were combined into 5848 grams of material which was blended for one hour and then split into two halves. Each half was added with 1321 grams of the original (coarser) quartz sand and cross-blended three times with the other half, so that the entire operation resulted in 8500 grams of material composed of 0.12% BL-5, 68.80% fine sand (<0.1 mm), and 31.08% coarser sand (0.2 to 0.5 mm).

2.2. Dry mix "T-1"

The manufacture of sand spiked with Lemhi Pass thorite was similar to the procedure described above, except for the fact that the 8500 grams of thorium dry mix was based on 80 grams of thorite and 8420 grams of finely divided quartz sand. The use of a matrix without a coarser sand fraction was tried in order to see whether or not a workable mortar could be produced from an aggregate of less than 0.1 mm grain size. Radioelement concentrations determined by analysing five 215-g samples of the "T-1" mix are listed in Table 1, last line.

3. MANUFACTURING PROCEDURE

The first step in preparing the actual mortars was to blend 3400 grams of white Portland cement into the "U-1" mix, the "T-1" mix, plus 8500 grams of original quartz sand (0.2 to 0.5 mm) selected as an aggregate for the "K-1" mortar. Each blending operation was performed by adding 1700 grams of cement to 4250 grams of aggregate and cross-blending the two halves of mix in two steps using one hour of rotation per step.

3.1. Manufacture of KA-1 and KB-1

One kilogram of KOH granulate was dissolved in one liter of water. When the temperature of the solution had decreased to 50 deg. C, the solution and the "K-1" aggregate-cement mix were mixed by hand in a 14-ltr plastic bucket while adding water until the mortar became sufficiently plastic. After having transferred the mortar to and from another bucket a couple of times to improve the mixing, spoonfuls of mortar were dropped into the plexiglass compartment of KA-1 and rammed using an iron rod. Additional mortar was not added until all visible air bubbles had disappeared from the existing mortar column. When the column level was about 7 mm below the upper edge of the plexiglass tube, the manufacturing of standard KB-1 was started. During these operations, spoonfuls of mortar were speared into 10 sample cans to permit a gamma-ray assay of the radioelement concentrations in the K standards.

The weight quantities of mix ingredients contained in the "K-1" mortar, including all added water, are shown in Table 2, second

column. Theoretically, the 30 grams of superplasticizer supplied to the mix should make the latter more easy to stir, but the effect was hardly recognizable. The mix actually became fairly rigid towards the end of the manufacturing process, most likely because the KOH accelerated the curing of the cement paste. There was only a thin layer of excess mix water to see on the top of the mortar columns, so it was considered safe to glue the end caps onto the tubes the same day. The cans housing the sample material were sealed simultaneously.

3.2. Manufacture of UA-1 and UB-1

The amount of water required to make the mix for UA-1 and UB-1 reasonably workable by hand was approximately the same as for the "K-1" mix (Table 2). Since the mortar columns and the 10 mortar samples collected for analysis were still liquid an hour after the job was done, on a Friday afternoon, the standards were left unsealed (but covered) until the following Monday morning.

3.3. Manufacture of TA-1 and TB-1

As mentioned earlier, the dry "T-1" mix was prepared from an aggregate of powdered quartz sand sieved to a maximum grain size of 0.1 mm. It can be seen from Table 2 that this very fine material required a considerable quantity of water to form a mortar that could be stirred as easily as the "U-1" mortar. As one might expect, part of the excess mix water became liberated when the mix was rammed with the result that several mm of liquid suspension had to be poured away from the cured mortar in standards and sample cans before the pieces could be sealed on the following day.

4. ASSIGNMENT OF RADIOELEMENT CONCENTRATIONS

4.1. Sealed gamma-ray analysis

The automatic laboratory gamma-ray spectrometer used for analysing solid mortar ingredients and samples of the wet mixes accommodate sample cans of 170 ml sample volume. The analytical technique involves the use of a least-squares method for fitting a sample spectrum (corrected for background counts) to a linear combination of the three spectra from unit concentrations of potassium, uranium, and thorium. A potassium calibration spectrum for each sample analysed is determined by using the sample weight to interpolate between the spectra from a 217-g sample of potassium chloride and a 307-g sample of potassium chromate.

Corresponding reference samples of about 100 g weight difference for generating uranium and thorium calibration spectra are formed by the New Brunswick Laboratory diluted ore samples "74" plus "102" (U) and "80" plus "107" (Th). The spectral fit for estimating unknown radioelement concentrations is extended over the gamma-ray energies from 150 keV to 3 MeV using positive and negative gain steps of 0.1% to determine the gain that provides the smallest chi-square value.

Wet "U-1" mix compacted in a sample can showed a weight of typically 325 grams; samples prepared from the "K-1" and "T-1" mixes were generally somewhat lighter.

4.2. Measured and calculated K-eU-Th grades

Table 3 shows measured and calculated radioelement concentrations for each of the mortars, "K-1", "U-1", and "T-1".

The measured concentrations are the mean values from an assay series of 10 wet mix samples, and the quoted uncertainties are the associated standard deviations divided by the square root of ten. Including the number of single assays in the error estimate is justified by the fact that the analytical figures are supposed to represent the mean radiometric grades of the standards before making allowance for possible calibration inaccuracy. The estimate for the thorium concentration of the "T-1" mortar includes a correction of -0.5% from excess mix water wiped off from the cured "T-1" samples before these were sealed.

The calculated concentrations follow from the composition of the mortars (Table 2) and the radioelement contents of the solid mix ingredients (Table 1).

Theoretically, the measured and calculated principal radioelement contents of a mortar should be identical since a principal radioelement content is assayed with little interference from the accompanying, minor radioelement contents. Excellent agreement is observed for the measured and calculated U contents of the "U-1" mortar. For the "K-1" mortar, the measured K concentration is 12% smaller than its calculated counterpart, suggesting that the dissolved potassium hydroxide contained a similar percentage of absorbed moisture. The "T-1" mortar, on the other hand, seems to contain 6% more Th than suggested by the thorium content of 156.7 ppm Th in the dry mix of quartz sand and thorite. Although the experimental Th assay value for the wet mix were corrected by -0.5% to allow for a few grams of excess mix water removed from the samples, the high water content of the "T-1" mortar apparently decreases the accuracy by which the radiometric grade of the mortar can be estimated.

The agreement between measured and calculated values of the two minor radicelements contained in a mortar is poor due to measuring interference from the radicelement added to the mortar. The calculated values are undoubtedly the most reliable estimates.

4.3. Adopted reference grades

Tables 4 to 6 are data sheets for the core standards with the assigned radiometric grades shown at the bottom. The K content of KA-1, KB-1, the U content of UA-1, UB-1, and the Th content of TA-1, TB-1 are identical to the corresponding measured concentrations in Table 3 except for the uncertainties which have been increased to include the estimated accuracies of the reference materials used for calibrating the laboratory gamma-ray spectrometer. Accuracy provided by the two potassium salts serving as K reference material was set to 1% relative. Based on the confidence limits quoted for the grades of the New Brunswick Laboratory standards used as U and Th reference materials, accuracies of 1.5% and 2.0% were ascribed to the assayed U and Th concentrations, respectively. The two minor radioelement contents adopted for each core standard are the values calculated from the radioelements in quartz sand and Portland cement.

5. REFERENCES

- FAYE, G. H., BOWMAN, W. S., and SUTARNO, R. (1979). Uranium ore BL-5 - a certified reference material. Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET), Report 79-4.
- SMITH, C. W. and STEGER, H. F. (1983). Radium-226 in certified uranium reference ores DL-1a, BL-4a, DH-1a and BL-5. Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET), Report 83-9E.
- STAATZ, M. H. (1979). Geology and mineral resources of the Lemhi Pass thorium district, Idaho and Montana. U.S. Geol. Surv. (Washington) Paper 1049-A.

2 collected of the 20 other with 1 portland cement.

Table 1. Radioelement contents of the materials in the standards

Material	% K	ppm eU	ppm Th
Quartz sand	0.422 +- 0.009	0.24 +- 0.03	0.32 +- 0.07
White cement	n. d.	1.44 +- 0.05	1.80 +- 0.12
KOH	69.69 (1)	-	-
CANMET BL-5	-	70900 +- 300 (2)	-
Thorite (ThSiO_4)	-	-	17000 (3)
"T-1" dry mix (80 g thorite in 8420 g quartz sand)	0.474 +- 0.013	0.32 +- 0.14	156.7 +- 0.7

- (1) Calculated from the formula
 (2) Certified reference concentration
 (3) Approximate assay value

n.d. = below detection limit

* Measured at Tiscø

N.B.: The difference between quartz sand and T-1 dry mix with regards to K content is ascribed to the presence of a second α -emitting element (Th) which always makes the determination less reliable compared to a single element.

Table 2. Composition of the mortars for the standards

Material	Amount in grams		
	"K-1" mortar	"U-1" mortar	"T-1" mortar
Quartz sand (0.2 to 0.5 mm)	8500	2642	0
Quartz sand (<0.1 mm)	0	5848	8420
White cement	3400	3400	3400
Radioactive admixture	1000	10	80
Water	2250	2400	3430
Superplasticizer	30	30	30
	15180	14330	15360

Table 3. Measured and calculated radicelement contents for the mortars

Mortar	% K	ppm eU	ppm Th
"K-1":			
Measured	4.224 $\pm$ 0.019	0.36 $\pm$ 0.02	n. d.
Calculated	4.827	0.46 $\pm$ 0.02	0.58 $\pm$ 0.05
"U-1":			
Measured	0.276 $\pm$ 0.012	50.39 $\pm$ 0.07	0.38 $\pm$ 0.09
Calculated	0.250 $\pm$ 0.005	49.96 $\pm$ 0.21	0.62 $\pm$ 0.05
"T-1":			
Measured	0.261 $\pm$ 0.010	0.68 $\pm$ 0.02	92.1 $\pm$ 0.4
Calculated	0.231 $\pm$ 0.005	0.45 $\pm$ 0.02	87.11 $\pm$ 0.39

n.d. = below detection limit

Table 4. Reference data for core standards KA-1 and KB-1

	KA-1	KB-1
Total weight	9213 g	2610 g
Core:		
Diameter of mortar core	100 mm	50 mm
Length of mortar core	482 mm	482 mm
Density	2120 kg/m ³	2170 kg/m ³
Wgt. pct. water	14.8 %	14.8 %

Assigned radioelement concentrations for both standards:

4.22 $\pm$ 0.05 % K
0.46 $\pm$ 0.02 ppm eU
0.58 $\pm$ 0.05 ppm Th

MORTAR VOLUME CALCULATED FROM DIAM AND LENGTH	3785.6 cm	
MORTAR WEIGHT, CALCULATED FROM DENS, DIAM & LENGTH	8026 g	2054 g
WEIGHT OF PLASTIC TUBE, CALC. FROM MORTAR WEIGHT AND TESTER WEIGHT	1187	556 g

ABSOLUTE CONTENTS OF ELEMENTS IN STANDARDS, CALC. FROM ABOVE

K	338.68 g	86.67 g
eU	3.692 mg	0.945 mg
Th	4.655 mg	1.191 mg

Table 5. Reference data for core standards UA-1 and UB-1

	UA-1	UB-1
Total weight	8752 g	2451 g
Core:		
Diameter	100 mm	50 mm
Length	481 mm	478 mm
Density	2000 kg/m ³	2020 kg/m ³
Wgt. pct. water	16.7 %	16.7 %

Assigned radioelement concentrations for both standards:

0.25 $\pm$ 0.01 % K

50.4 $\pm$ 0.8 ppm eU

0.62 $\pm$ 0.05 ppm Th

MONITOR VOLUME CALCULATED
FROM DIAM AND LENGTH.

5777.8 CCM

MONITOR WEIGHT, CALC
FROM DENS, DIAM & LEN

7556 g

1896 g

WEIGHT OF PLASTIC TUBE,
CALC FROM MONITOR WEIGHT
AND TOTAL WEIGHT.

1196 g

555 g

ABSOLUTE CONTENTS OF ELEMENTS IN STANDARDS, CALC FROM ABOVE

K

18.59 g

4.740 g

eU

380.8 mg

95.551 mg

Th

4.684 mg

1.1751 mg

Table 6. Reference data for core standards TA-1 and TB-1

	TA-1	TB-1
Total weight	8342 g	2357 g
Core:		
Diameter	100 mm	50 mm
Length	469 mm	472 mm
Density	1950 kg/m ³	1950 kg/m ³
Wgt. pct. water	22.3 %	22.3 %

Assigned radioelement concentrations for both standards:

0.23 +- 0.01 % K

0.45 +- 0.02 ppm eU

92.1 +- 1.9 ppm Th

MORTAR VOLUME CALCULATED
FROM DIAM AND LENGTH

3683.5 cc

MORTAR WEIGHT, CALC
FROM DENS, DIAM & LEN

7183 g

1807 g

WEIGHT OF PLASTIC TUBE,
CHCC. FROM MORTAR WEIGHT
AND TOTAL WEIGHT

1159 g

550 g

ABSOLUTE CONTENTS OF ELEMENTS, CALC. FROM ABOVE

K

16.52 g

4.157 g

eU

3.232 mg

0.813 mg

Th

661.5 mg

166.4 mg

Ole Haslund
Kernelaboratoriet
Danmarks Geologiske Undersøgelse
Thoravej 31
2400 København NV

Dato 1985-10-18
Deres ref.
Vor ref. LL/BS
Jnr. 15201-34-85
Afdeling Elektronik

Vedr. kernestandards BA-1 og BB-1

Hermed følgende estimer af radioelementkoncentrationerne:

	% K	ppm eU	ppm Th
Beregnet ud fra sammensætningen	0.253 ± 0.005	0.49 ± 0.03	0.62 ± 0.05
Målt i 2 prøver	0.312 ± 0.023	0.50 ± 0.05	0.92 ± 0.05

Jeg ved ikke, hvorfor den målte thorium-værdi er 50% større end den beregnede. Vi ved imidlertid, at grundmatricen er næsten ens for alle standards, så jeg foreslår, at vi tilskriver BA-1 og BB-1 følgende faste koncentrationsværdier:

0.25 % K
0.5 ppm eU
0.6 ppm Th

Ved at benytte samme værdier for de 2 mindste koncentrationer i de andre 3 sæt standards får man følgende referenceværdier for differensspektre i forhold til FA-1 eller BB-1:

K-B: 3.97 % K

U-B: 49.9 ppm eU

T-B: 91.5 ppm Th

Usikkerhedsangivelser vil næppe være af megen værdi, eftersom usikkerheden på et normaliseret spektrum afhænger af flere faktorer, bl.a. de små forskelle i standardernes densitet.

Jeg står gerne til rådighed med yderligere bistand ved udarbejdelse af en kalibreringsprocedure.

Med venlig hilsen



Leif Løvborg

Komm Du 13. NOV 02: RISTEN MÅN INDE MÅLT/ESTIMERET DENSITET
FOR 3A-STANDARDEN. SCANNET ANVENDT
GEMMEBESKEDT AF STANDARDEN 4A, 4A 0679,
IF $(2.12 + 2.00 + 1.95)/3 = 2.0233333$ 6/96

7.2 Dokument vdr. ucertificerede standarder enkelt prøver.

(Notat fra Dan Olsen vedrørende standarder til Gamma-Spekrometri., GEUS juli 2000)

Notat

Fra Dan Olsen (DO)

Vedr. standarder til Gamma-Spektrometri

I samarbejde med Rajmund Gwozdz (RG), Tracechem, blev i 1994 fremstillet ialt 15 standarder til brug ved SingleSample analyse på KerneLabs gamma-scanner. Standarderne består af nedknust bjergartsmateriale i et plastikbægre som er lukket med tape. Dette for at give standarderne samme geometriske facon som de prøver der skulle måles. Indhold af K, U og Th i standarderne blev målt ved neutronaktivering (INAA, RG), atomabsorbtion (AA, RG), røntgenfluorescens (XRF, RG), Germanium gamma-spektrometri (RG/DO) og NaI gamma-spektrometri (DO).

Beskrivelse af standarderne

De anbefalede koncentrationer er aritmetiske gennemsnit af de foretagne analyser. De angivne usikkerheder er standardafvigelsen på det aritmetiske gennemsnit. Der er således ikke foretaget nogen vægtning af de forskellige analysemetoider.

154364 alias RG2

Vægt 592,4 g

Ilimaussaq, Naujakasite (RG)

Anbefalet koncentration:	K = 2.09 ± 0.43	Gns. AA, Ge γ -spec, NaI γ -spec
	U = 445 ± 166	Gns. INAA, XRF, NaI γ -spec
	Th = 235 ± 35	Gns. INAA, XRF, Ge γ -spec, NaI γ -spec

154397 alias RG3

Vægt 705,8 g

Ilimaussaq, Kvanite (RG)

Anbefalet koncentration:	K = 4.12 ± 0.60	Gns. AA, Ge γ -spec, NaI γ -spec
	U = 178 ± 37	Gns. INAA, XRF, NaI γ -spec
	Th = 399 ± 65	Gns. INAA, XRF, Ge γ -spec, NaI γ -spec

154365 alias RG5

Vægt 710,3 g

Ilimaussaq, Grøn lujavrite (RG)

Anbefalet koncentration:	K = 3.01 ± 0.21	Gns. AA, Ge γ -spec, NaI γ -spec
	U = 173 ± 60	Gns. INAA, NaI γ -spec
	Th = 291 ± 10	Gns. INAA, Ge γ -spec, NaI γ -spec

154359 alias RG6

Vægt 505,4 g

Ilimaussaq, Grøn lujavrite (RG)

Anbefalet koncentration:	K = 2.40 ± 0.15	Gns. AA, Ge γ -spec, NaI γ -spec
	U = 68 ± 24	Gns. INAA, XRF, NaI γ -spec
	Th = 29.5 ± 3.7	Gns. INAA, XRF, Ge γ -spec, NaI γ -spec

154305 alias RG8

Vægt 707,4 g

Ilimaussaq, Kvantssyenit (RG)

Anbefalet koncentration:	K = 1.82 ± 0.07	Gns. AA, Ge γ -spec, NaI γ -spec
	U = 22.0 ± 3.0	Gns. INAA, XRF, NaI γ -spec
	Th = 42.7 ± 5.1	Gns. INAA, XRF, Ge γ -spec, NaI γ -spec

Beskrivelse af standarderne (fortsat)

silke

Vægt 1064,4 g

Tungsandsfraktion separeret fra sand fra Silkeborg (DO)

Anbefalet koncentration:	K = 0.10 ± 0.06	Gns. AA, Ge γ -spec, NaI γ -spec
	U = 63 ± 24	Gns. INAA, XRF, Ge γ -spec, NaI γ -spec
	Th = 174 ± 40	Gns. INAA, XRF, Ge γ -spec, NaI γ -spec

tung

Vægt 1045,0 g

Tungsandsfraktion separeret fra sand fra Raageleje (DO)

Anbefalet koncentration:	K = 0.08 ± 0.03	Gns. AA, Ge γ -spec, NaI γ -spec
	U = 5.4 ± 0.8	Gns. INAA, XRF, Ge γ -spec, NaI γ -spec
	Th = 5.1 ± 1.5	Gns. INAA, XRF, Ge γ -spec, NaI γ -spec

rage

Vægt 1063,4 g

Tungsandsfraktion separeret fra sand fra Raageleje (DO)

Anbefalet koncentration:	K = 0.12 ± 0.05	Gns. AA, NaI γ -spec
	U = 5.9 ± 0.7	Gns. INAA, XRF, NaI γ -spec
	Th = 10.6 ± 2.7	Gns. INAA, XRF, NaI γ -spec

S2

Vægt 685,1 g

Sand fra Silkeborg (DO)

Anbefalet koncentration:	K = 2.64	NaI γ -spec
	U = 4.5	NaI γ -spec
	Th = 10.2	NaI γ -spec

154310

Vægt 643,0 g

Ilmaussaq, Naujaite (RG)

Anbefalet koncentration:	K = 1.37 ± 0.08	Gns. AA, Ge γ -spec, NaI γ -spec
	U = 24.4 ± 4.0	Gns. INAA, XRF, Ge γ -spec, NaI γ -spec
	Th = 48 ± 3	Gns. INAA, XRF, Ge γ -spec, NaI γ -spec

154333

Vægt 542,3 g

Ilmaussaq, Augitsyenit (RG)

Anbefalet koncentration:	K = 3.88 ± 0.31	Gns. AA, Ge γ -spec, NaI γ -spec
	U = 1.6 ± 1.2	Gns. INAA, XRF, Ge γ -spec, NaI γ -spec
	Th = 4.0 ± 0.7	Gns. INAA, XRF, Ge γ -spec, NaI γ -spec

154356

Vægt 739,8 g

Lithologi ikke opgivet (RG)

Anbefalet koncentration:	K = 3.93 ± 0.16	Gns. AA, NaI γ -spec
	U = 11.1 ± 1.7	Gns. INAA, XRF, NaI γ -spec
	Th = 40 ± 6	Gns. INAA, XRF, NaI γ -spec

Beskrivelse af standarderne (fortsat)

154374

Vægt 836,5 g

Lithologi ikke opgivet (RG)

Anbefalet koncentration: K = 3.00

NaI γ -spec

U = 185

NaI γ -spec

Th = 72

NaI γ -spec

154724

Vægt 520,2 g

Ilimaussaq, Kvanite (RG)

Anbefalet koncentration: K = 4.08 $\pm$ 0.84

Gns. AA, Ge γ -spec, NaI γ -spec

U = 540 $\pm$ 115

Gns. INAA, XRF, Ge γ -spec, NaI γ -spec

Th = 940 $\pm$ 120

Gns. INAA, XRF, Ge γ -spec, NaI γ -spec

154724-0.2

Vægt 301,0 g

Ilimaussaq, 20 % Kvanite med 80% mel (RG)

Anbefalet koncentration: K = 0.91 $\pm$ 0.01

Gns. Ge γ -spec, NaI γ -spec

U = 111 $\pm$ 27

Gns. Ge γ -spec, NaI γ -spec

Th = 186 $\pm$ 34

Gns. Ge γ -spec, NaI γ -spec

Beskrivelse og vurdering af analysemetoder

INAA (neutronaktivering)

Udført af RG. God nøjagtighed for U og Th. K kan ikke analyseres.

AA (atomabsorption)

Vistnok udført af Geologisk Institut. God nøjagtighed for K. U og Th kan ikke analyseres.

XRF (røntgenfluorescens)

Udført af RG eller John Bailey, Geologisk Institut. Dårlig nøjagtighed for U og Th. K er ikke analyseret i de aktuelle prøver.

Germanium gamma-spektrometri

Udført af RG. RG leverede tælleletal, som er omregnet til koncentrationer af DO ud fra kalibreringsplot mod de øvrige analysemetoder. Meget lig NaI gamma-spektrometri, men i princippet med bedre spektral opløsning og dermed bedre nøjagtighed. I det aktuelle tilfælde er kalibreringen dog mindre tilfredsstillende da den er afhængig af de øvrige analysemetoder.

NaI gamma-spektrometri

Udført af DO på GEUS gammascanner. Kalibreret mod 10 cm betonstandarder, beregnet med SingleSample programmet. Rimelig nøjagtighed. For K er AA antagelig mere nøjagtig. For U og Th, især lave koncentrationer, er INAA antagelig mere nøjagtig.

in 1999 pagura ha 4970 LALC 4 kmac i 7,
 Andra Lian ha 4 kmac i 1100 12
 Andra Lian ha 4 kmac i 1100 12

Resumé af analyser

Page Id.	INAA (RG)	AA (RG)	XRF (RG)	Germanium γ-spec (RG/DO)	NaI γ-spec (DO)
RG2	396 ± 1 285 ± 0.3	2.18	310 230	1.62 ± 0.26 218	2.46 ± 0.66 630 ± 5 207 ± 3
RG3	160 ± 2 312 ± 0.3	3.58	153 469	4.76 ± 0.76 407	4.03 ± 0.11 221 ± 1 406 ± 1
RG5	131 ± 1 282 ± 0.3	2.90		3.25 ± 0.52 302	2.89 ± 0.27 216 ± 1 289 ± 3
RG6	55.4 ± 0.3 33.6 ± 0.1	2.38	53 30	2.27 ± 0.36 29.6	2.56 ± 0.09 95.4 ± 0.8 24.7 ± 0.5
RG8	20.5 ± 0.1 44.7 ± 0.1	1.89	20 49	1.80 ± 0.29 38.0	1.76 ± 0.11 25.5 ± 1.2 39.1 ± 1.2
silke	58.9 ± 0.8 222 ± 1	0.048	31 123	0.17 ± 0.03 79.4 176	0.09 ± 0.20 82.4 ± 2.0 176 ± 7
tung	6.51 ± 0.57 6.23 ± 0.49	0.108	5 3	0.05 ± 0.01 4.84 5.3	0.08 ± 0.01 5.4 ± 0.1 5.9 ± 0.2
rage	5.18 ± 0.2 8.27 ± 0.2	0.084	6 10		0.16 ± 0.04 6.5 ± 0.2 13.5 ± 0.1
S2					2.64 ± 0.05 4.5 ± 0.3 10.2 ± 0.3
154310	23.6 ± 0.2 45.4 ± 0.1	1.46	19 52	1.34 ± 0.21 27.6 47.5	1.32 ± 0.06 27.2 ± 0.2 47.0 ± 0.8

Id.	INAA (RG)	AA (RG)	XRF (RG)	Germanium γ -spec (RG/DO)	NaI γ -spec (DO)
154333		3.94		3.54 ± 0.57	4.15 ± 0.02
	2.91 ± 0.30		2	1.87	-0.2 ± 0.2
	3.63 ± 0.10		5	4.0	3.4 ± 0.5
154356		4.04			3.82 ± 0.03
	10.2 ± 0.1		10		13.1 ± 0.5
	33.5 ± 0.03		46		40.2 ± 0.2
154374					3.00 ± 0.21
					185 ± 2
					71.9 ± 1.4
154724		3.79		5.03 ± 0.81	3.43 ± 1.29
	557 ± 4		368	599	624 ± 5
	769 ± 1		956	1058	977 ± 24
154724-02				0.91 ± 0.14	0.90 ± 0.06
				91.8	130 ± 1
				162	210 ± 1

7.3 Teorien bag måleteknikken

Notat fra Uffe Korsbech vdr. påtænkt installation af bulk density programmel

Teorien bag måleteknikken

Når et smalt strålebundt af monoenergetisk gamma-stråling passerer gennem stof, sker der en eksponentiel dæmpning ($\exp(-z)$) af strålingens intensitet. Eksponenten z er proportional med massetykkelsen $L \cdot \rho$, hvor L er den tykkelse, som strålingen skal passere, og ρ er densiteten (masseætheden) af materialet. Enheden for massetykkelse kan f. eks. være g/cm^2 .

Sammenhængen kan (med visse begrænsninger) bedst beskrives ved:

$$I = I_0 \cdot \exp(-\mu/\rho \cdot \rho \cdot L) \quad [1]$$

hvor

I er strålingsintensiteten efter passage af materiale

I_0 er intensiteten uden materiale mellem kilde og detektor

μ/ρ er en materialeparameter kaldet masseattenueringskoefficienten

ρ og L har den betydning, der er nævnt ovenfor.

Begrebet strålingsintensitet - altså I - er ikke en veldefineret størrelse inden for strålingsteknik; men i forbindelse med densitetsmålinger af borekerner kan intensitet opfattes som synonymt med en bestemt strålingsdetektors tællehastighed (count rate).

Det viser sig, at masseattenueringskoefficienten μ/ρ for en given (passende) gamma-energi er ret uafhængig af materialets sammensætning f. eks. med hensyn til indholdet af bl.a. C, O, Al, Si, Ca, K; derimod er μ/ρ lidt større for H (11%) og for tunge grundstoffer.

For måling af kerner af kalk eller sand er gamma-strålingen fra cæsium-137 med energi 662 keV udmærket. Endvidere opnås med 662 keV fotoner en passende følsomhed ved lagtykkelser (kernediametre) på 8-12 cm, når der er tale om "normal" densitet ($2-2,5 \text{ g/cm}^3$). Da endvidere ^{137}Cs har en passende lang halveringstid (30 år) og er relativt billig, er det optimale kildevalg en ^{137}Cs kilde med passende kildestyrke (aktivitet).

Udtrykket [1] kan løses m.h.t. ρ :

$$\rho = \ln(I_0/I) / (\mu/\rho \cdot L) \quad [2]$$

Denne formel fortæller bl.a., at kernediameteren skal være kendt med tilstrækkelig nøjagtighed. En 1% afvigelse (fejlsvurdering) i kernediameter vil give en (-) 1% afvigelse i den målte densitet. Er kernediameteren konstant men ikke kendt, vil man kunne måle den relative variation af densiteten langs en kerne - men altså ikke den absolutte værdi.

Som nævnt er μ/ρ en materialeparameter, der vil kunne beregnes eller slås op i tabeller. Alligevel kan man ikke blot bruge disse teoretiske værdier; det er nødvendigt med en kalibrering af måleopstillingen. Grunden hertil er især, at de teoretiske værdier for μ/ρ forudsætter et meget tyndt strålebundt. I den praktiske verden, hvor strålebundter til densitetsmålinger sjældent har diametre¹ på under 1 cm, vil en lille del af den stråling, der vekselvirker med stof (kernen), ikke forsvinde fra strålebundtet, idet en vis (lille) andel af gamma-fotonerne spredes i fremad-retningen, så de alligevel når frem til detektoren. Det har her ingen betydning, at man kan "energi-diskriminere", så der (næsten) kun tælles fotoner med den oprindelige

¹ I virkeligheden er det strålebundtets åbningsvinkel, der er den essentielle parameter. Men for en borekerneopstilling med "normal" afstand mellem kilde, kerne og detektor er et 1 cm strålebundt på kernens plads ikke at betragte som et meget tyndt strålebundt.

gamma-energi. De fremadspredte fotoner udsættes kun for et meget lille energitab ved vekselvirkningen med stoffet. I praksis vil man derfor måle en effektiv masseattenueringskoefficient μ/ρ_{eff} , der er nogle få procent mindre end den teoretiske μ/ρ . I en indledende fase kan man benytte DTUs erfaringer for ændringer af μ/ρ i forhold til den teoretiske værdi. Senere bør der kalibreres/justeres, så der opnås fuld overensstemmelse med den faktiske opstilling.

Som nævnt ovenfor er I_0 intensiteten (detektorens tællehastighed), når der ikke er materiale mellem kilde og detektor - dvs. ingen kerne i måleopstillingen. En faktisk måling (og ukritisk benyttelse) af I_0 som en referenceparameter kan imidlertid give problemer. I_0 vil typisk være 6-12 gange større end I med en kerne i opstillingen. Af tællestatistiske hensyn vælges I så høj som muligt uden at overskride målesystemets evne til at måle korrekt. Ved måling af I_0 uden kerne i opstillingen vil man da opnå fejl på grund af ukorrekt dødtidskorrektur og puls pile-up forårsaget af for høj tællehastighed. I stedet for at måle I_0 måles derfor en reference tællehastighed I_1 for en referencekerne med samme diameter L som de kerner, hvis densitet skal bestemmes. Referencekernens densitet kaldes ρ_1 . Formlen [1] ændres da til:

$$I = I_1 \cdot \exp(-\mu/\rho_{\text{eff}} \cdot \Delta\rho \cdot L) \quad [3]$$

Her er $\Delta\rho = \rho - \rho_1$, altså forskellen mellem målekernens og referencekernens densitet.

Formlen [2] ændres så tilsvarende til:

$$\Delta\rho = \ln(I_1/I) / (\mu/\rho_{\text{eff}} \cdot L) \quad [4]$$

Hvis kernen er omgivet af et hylster af et materiale med densiteten ρ_h og den **dobbelte** vægtykkelse L_h , vil formlerne ændres på følgende måde:

Formel [1] ændres til

$$I = I_0 \cdot \exp(-\mu/\rho_{\text{eff}} \cdot \rho_h \cdot L_h) \cdot \exp(-\mu/\rho_{\text{eff}} \cdot \rho_k \cdot L_k) \quad [5]$$

hvor indeks h står for hylster, og indeks k står for kerne². Denne formel kan ændres til samme form som formel [3], nemlig

$$I = I_0 \cdot \exp(-\mu/\rho_{\text{eff}} \cdot \rho_h \cdot L_h) \cdot \exp(-\mu/\rho_{\text{eff}} \cdot \rho_1 \cdot L_k) \cdot \exp(-\mu/\rho_{\text{eff}} \cdot (\rho_k - \rho_1) \cdot L_k)$$

eller

$$I = I_1 \cdot \exp(-\mu/\rho_{\text{eff}} \cdot \Delta\rho_{k1} \cdot L_k) \quad [6]$$

hvor $I_1 = I_0 \cdot \exp(-\mu/\rho_{\text{eff}} \cdot \rho_h \cdot L_h) \cdot \exp(-\mu/\rho_{\text{eff}} \cdot \rho_1 \cdot L_k)$, altså tællehastigheden med referencekernen anbragt i hylsteret; og hvor $\Delta\rho_{k1} = \rho_k - \rho_1$.

Da formel [3] og [6] er ækvivalente, kan formel [4] altså også bruges i de tilfælde, hvor målekernerne er omgivet af hylstre; blot skal I_1 måles med hylster om referencekernen.

KALIBRERING OG DAGLIG KONTROL AF OPSTILLINGEN.

Bestemmelsen af den effektive masseattenueringskoefficient μ/ρ_{eff} til brug for kalkkernemålinger kan f. eks. ske ved målinger med tynde plader af marmor, hvor der måles fra den mindste massetykkelse, der kan optræde ved kalkkernerne til den største. (I praksis vil målingernes rolle formentligt være at danne basis for en mindre justering af den værdi, der kendes fra DTU. Da afstande, afskærmningstykkelser og blændediameter formentlig vil være anderledes på GEUS end på DTU, skal der foretages målinger). Det er tænkeligt, at der skal benyttes to lidt forskelli-

² Normalt vil μ/ρ for aluminium, PVC, kalk, sandsten være omtrent ens. I forbindelse med formel [5] er denne betingelse i øvrigt uden betydning, idet hylsteret blot giver en intensitetsændring svarende til en fast faktor.

ge μ/ρ_{eff} værdier for "små" og for store" kerner.

Kalibreringen af opstillingen i øvrigt skal baseres på formlen [4], og man skal til rådighed have én eller flere kalibreringskerner. En af disse udnævnes til den basale referencekerne - BRK. Når denne befinder sig i opstillingen, måles referencetælle-hastigheden I_1 . Der skal måles forskellige steder på kernen - som både forskydes og drejes. Middelværdien benyttes som I_1 .

Hvis der findes flere referencekerner, bør de have en i forhold til BRK (mest muligt) afvigende densitet. Da $\Delta\rho$ for disse kerner altså kendes, kan størrelsen af den allerede bestemte effektive μ/ρ_{eff} endeligt kontrolleres.

Ved benyttelse af formel [4] er det implicit antaget, at kernerne har samme diameter L . Hvis dette er tilfældet, ses det i øvrigt, at en mindre fejl på bestemmelsen af værdien af μ/ρ_{eff} kun får en tilsvarende (lille) betydning for $\Delta\rho$ - og ikke for hele ρ . Fejl på L slår derimod fuldt igennem.

Den daglige kontrol af opstillingen sker ved, at man måler på en cylinder af et veldefineret materiale, der har en massetykkelse omtrent lig med målekernernes. Det kan være cylindre af aluminium, PVC e.a. Målingerne heraf har alene til formål at checke, om udstyret er OK. Inkluderet i denne måling er også, at der foretages en indledende justering af forstærkningen (Fine Gain), så fuld-energi-toppen for ^{137}Cs ligger ved det korrekte kanalnummer. Topbestemmelsen sker ved "fitning" af en Gauss-klokke til de målte data³. Den herved bestemte Fine Gain værdi benyttes herefter til de efterfølgende målinger. En ændring af Fine Gain vil senere kunne ske i løbet af måleserien, hvis 2-3 målinger efter hinanden viser, at topplaceringen afviger mere end akseptabelt fra den korrekte værdi.

I måleprogrammets hovedmenu skal der være et punkt, der hedder KONTROL-KERNER⁴. Herunder findes en undermenu, hvor der vælges mellem forskellige kontrolkerner. Det foreslås, at alle parametre, der skal bruges ved alle målinger og kontroller, indlægges i tekstfiler, der let kan rettes - altså ikke parameterværdier i selve programmerne.

MÅLINGERNES FORLØB.

I hovedmenuen skal man kunne vælge MÅLING af kerner. Herefter skal der vælges mellem de kernetyper, der kan måles - f.eks. 10 cm og 7 cm kalk-kerner og tilsvarende sandstenskerner (ikke alle menupunkter gøres aktive fra begyndelsen). Fra en tekstfil indlæses alle de parametre, der benyttes til målingen bortset fra Fine Gain, der forud skal være bestemt med kontrol-kernen - eller tilpasset i løbet af den umiddelbart forud gående måling. Der skal f. eks. indlæses og vises på skærmen følgende:

Filnavn: F. eks. KA10HYAL.1 ELLER KA10AL60.1 ELLER KA10--60.1

[Bogstavsombinationen for filnavnet vælges efter en kode, der fortæller om parametrene]

Kernetype: KALK Kernediameter: 10 cm

Med hylster: JA (eller nej) Hylstermateriale: Al (eller PCC e.a.)

Referencetællehastighed (I_1): 3945 cpc μ/ρ_{eff} : 0.0xxx cm²/g

Bånd-hastighed: 1 cm/min (eller 2 cm/min). Real Time for måling: 60 s

³ Under disse indledende målinger og beregninger udskrives alle relevante oplysninger til skærmen så som beregnet topplacering, tællehastighed for energivinduet (altså I_1), Fine Gain samt evt. mere. Der findes på DTU flere versioner af sådanne topfinder-programmer.

⁴ Der skal ikke benyttes (ekstra) tid på at lave "fancy" skærbilleder.

Vindue nr 1: Kanal 390 til 430 incl.⁵ (Til bestemmelse af densiteten)

Vindue nr 2: Kanal 20 til 500 incl. (Til kontrol)

Dato for seneste revision af filen: 13.01.1998

Desuden vises på skærmen resultatet af den seneste kontrolkernemåling med Coarse Gain, Fine Gain og højspænding og dato/tidspunkt - evt antal målinger for at finde korrekt topplacering. Brugeren bedes indlæse et målefilnavn. Endelig skal brugeren godkende de viste størrelser. Hvis OK, gemmes alle benyttede parametre filen KA10HYAL.1. Hvis nej, skal der laves en ny fil - eller der skal anvendes en anden fil eller foretages en ny kontrolmåling.

Under selve kernemålingen "aflæses" hvert minut kanaltællertallene, og der bestemmes (og vises) vinduestællehastigheder. Desuden beregnes ud fra formel [3] den aktuelle densitet.

Endvidere gemmes følgende:

Hvis "eksperimenter" viser, at en hel eller halv dags målinger kan gemmes som fulde spektre (512 kanaler) på én diskette, skal de fulde spektre gemmes som binære filer. Ellers gemmes vinduestællehastighederne, hvor der bør være 4-5 vinduer. Nummeret på målingen, den beregnede densitet samt fuld-energi-toppens placering gemmes også, og formentlig bør enten dødtid eller Live Time gemmes.

[Der er her et lille uafklaret problem: Hvorledes sikres fuld synkronisering mellem måletidspunkter og måleposition langs kernen, når der ikke kommer informationer fra bånd eller motor?. Der vil vel (?) være lidt spildtid, når data hentes ud af PCAP-kortet eller? "Tab af op til 1000 μ s pr. målepunkt har ingen betydning - og måske kan der akcepteres mere end det dobbelte? Eller kan kortet aflæses og resettes på nogle få μ s?]

Man kunne også tænke sig, at alle spektre gemmes i en fil (hvis der er plads), mens de beregnede data gemmes i en anden fil, hvor kun fil-extension (efternavn) adskiller de to samhørende filer. Der skal også overvejes, hvilke data kunderne skal/vil have!

⁵ Der antages her, at fuldenergitoppen for cæsium-137 skal ligge i kanal 410. Det er muligt, at en anden placering bør benyttes.

7.4 Densitets standard

En stålcylder er tilpasset på drejebænk, og densiteten er bestemt ved følgende metode:

Vægt: 7454g, målt i Kernelaboratoriet. Vægten justeres jævnligt af firmaet Mettler. Dog er vejningen udført umiddelbart efter en flytning, og vægten kan evt. være påvirket af denne flytning.

I hver ende af cylinderen er der med skydelære målt 2 diametre vinkelret på hinanden, ligesom længden er målt på 4 steder omkring cylinderen:

Sted	Længder (mm)	Diameter (mm)
a	119.49	99.92
b	119.41	99.92
c	119.41	99.94
d	119.45	99.93
Middelværdi	119.4400	99.9275

Beregnet bulk densitet: 7.9576 g/cm^3

7.5 Hardware - motorstyring - kabler

Leverandørens dokumentation for motorstyringen findes på medfølgende CD-ROM under biblioteket "KEB". Her findes information om konstruktion af serielt kabel (brug Readme.bat filen), samt anden yderligere dokumentation "C_e31.doc". Endvidere råder laboratoriet over en "Betriebsanleitung. Instruction manual".

Instrumenterne forbindes som vist på nedenstående skitse af opstillingen. Det skal særligt bemærkes, at "Canberra - rack" ikke må have elektrisk kontakt til stålkonsollen som bærer blyafskærmningen, og at jordkablet fra NaI-krystallen(densitet) skal være forbundet til stellet på PC'en.

