

## Radioaktiviteten i Risø området. Målinger indtil 1. april 1957

Heydorn, Kaj; Lippert, Jørgen Emil; Theodorsson, P.

*Publication date:*  
1957

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*

Heydorn, K., Lippert, J. E., & Theodorsson, P. (1957). Radioaktiviteten i Risø området. Målinger indtil 1. april 1957. (Denmark. Forskningscenter Risoe. Risoe-R; Nr. 1).

## DTU Library

Technical Information Center of Denmark

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Atomenergikommissionen

## RADIOAKTIVITETEN

### I

## RISØ OMRÅDET

Målinger indtil 1. april 1957

*K. Heydorn      J. Lippert      P. Theodorsson*

AFDELINGEN FOR STRÅLINGSKONTROL  
JUNI 1957

STATENS TRYKNINGSKONTOR

Fi 24 - 102R

## INDHOLDSFORTEGNELSE

Forord .....	1
1 Indledning .....	3
2 Specifikation af opgaven .....	4
3 Radioaktiviteten i omgivelserne .....	5
4 Indsamling og oparbejdning af prøverne .....	7
5 Måling af prøvernes $\beta$ -aktivitet .....	9
6 Rutineundersøgelser .....	15
6.1 Havvand .....	15
6.2 Jord .....	18
6.3 Luft .....	22
6.4 Fjordbund .....	25
6.5 Fisk .....	26
6.6 Planter .....	26
6.7 Ferskvand .....	28
6.8 Regnvand .....	29
6.9 Mælk .....	29
7 Måleresultater .....	31
7.1 Havvand .....	31
7.2 Jord .....	35
7.3 Luft .....	38
7.4 Fjordbund .....	42
7.5 Fisk .....	47
7.6 Planter .....	47
7.7 Ferskvand .....	49
7.8 Regnvand .....	49
7.9 Mælk .....	52
8 Specielle undersøgelser .....	53
8.1 Roskilde Fjord december 1956 .....	53
8.2 Fissionsprodukter i græs .....	56
9 Diskussion af resultaterne .....	60
9.1 Havvand .....	60
9.2 Jord .....	61
9.3 Luft .....	64
9.4 Fjordbund .....	67
9.5 Fisk .....	68
9.6 Planter .....	68
9.7 Ferskvand .....	70
9.8 Regnvand .....	70
9.9 Mælk .....	71
10 Konklusion .....	72
Appendiks .....	73

### Forkortelser og enheder

Ud over almindeligt anvendte forkortelser og betegnelser er i rapporten andt følgende angivelser

FP	Fissionsprodukter
MPL	Maximum permissible level
pC	pico-Curie $\mu\mu\text{C}$
c/min	tællinger per minut
d/min	sønderdelinger per minut
$n_p$	aktivitet i c/min
$n_K$	c/min hidrørende fra kalium

Forkortelser for de forskellige prøvetyper er angivet i kapitel 7.

## FORORD

I 1955 bestemte den af den danske regering nedsatte Atomenergikommission, at der skulle bygges en forsøgsstation, omfattende en eller flere forsøgsreaktorer med tilhørende laboratorier, på halvøen Risø i Roskilde fjord ca. 30 km vest for København.

Et anlæg af denne art vil - analogt med andre anlæg, der beskæftiger sig med stoffer, der kan frembyde en fare for levende organismer - altid indebære en vis risiko for ved et uheld at kunne inficere omgivelserne, in casu med radioaktivitet.

Man anså det derfor for nødvendigt i god tid, inden driften af forsøgsstationen påbegyndtes, at foretage målinger af den under normale forhold tilstedeværende aktivitet på Risø og i de nærmeste omgivelser, således at man ville kunne påvise en eventuel forurening fra forsøgsstationen, længe før den kunne have nogen biologisk signifikans. Det indsamlede materiale ville endvidere være af afgørende betydning i eventuelle retssager vedrørende forurening af omgivelserne.

Opgaven tildeltes naturligt den projekterede Afdeling for Strålingskontrol, som indtil videre henlagdes under chefen for fysikafdelingen, dr. phil. O. Kofoed-Hansen. Under hans ledelse etableredes allerede i maj 1956 en arbejdsgruppe bestående af 2 fysikere og 1 kemiker til løsning af opgaven.

Arbejdet påbegyndtes under primitive forhold i et kælderlokale på Universitetets Institut for Teoretisk Fysik i København, men i løbet af sommeren 1956 indrettedes midlertidige laboratorier i en villa på Risø. Siden er gruppen blevet udvidet med en laborant, og arbejdet er nu i ret faste rammer.

I slutningen af 1956 tiltrådte civilingeniør H. Gjørup som leder af Afdelingen for Strålingskontrol.









## SPECIFIKATION AF OPGAVEN

2.1 Det almindelige aktivitetsniveau lader sig for de fleste materialers vedkommende fastlægge ud fra et ret beskedent antal målinger. Målet for disse undersøgelser må imidlertid være tillige at vurdere sandsynligheden for afvigelser fra gennemsnitsværdien, med andre ord - om muligt - at optegne en fordelingskurve for omgivelsernes aktivitet som funktion af tid og sted.

At opnå et sådant resultat ville kræve et meget stort antal målinger; opgaven må nu gå ud på at nå så langt som muligt med et gennemførligt program.

2.2 For at simplificere sagen vil vi indledningsvis antage

1) at aktivitetens variation med tiden er uafhængig af stedet, og

2) at aktivitetens stedsafhængighed er uafhængig af tiden.

Under disse forudsætninger er det rimeligt at foretage undersøgelserne efter følgende retningslinier:

Et bestemt punkt følges i tiden med daglige eller ugentlige målinger.

Til en bestemt tid udtages et stort antal prøver fra hele det undersøgte område.

2.3 Det undersøgte område må naturligvis i første række omfatte alle steder, der har mulighed for at blive forurenet som følge af uheld ved forsøgsstationens drift. Men desuden må det omfatte i hvert fald nogle punkter, hvor denne mulighed ikke foreligger, for at man også i fremtiden kan foretage sikre referencemålinger.

Området inddeles i en række zoner på følgende måde:

Med centrum i det projekterede reaktorbygværk 1 tegnes en række cirkler med radius R, 2R, 4R, 8R og 16R, hvor R er den af kommissionen vedtagne sikkerhedsafstand  $\approx 1$  km. Herved opdeles landet i en række zoner, der nummereres indfra og ud.

TABEL 2.1

Zone	Radius i km	omtr. km <sup>2</sup> landareal
I	0-1	0,5
II	1-2	3
III	2-4	20
IV	4-8	120
V	8-16	600
VI	16-	

Fjorden udgør naturligt en zone for sig og berøres ikke af ovennævnte inddeling, som kun gælder landområdet.

2.4 Med hensyn til antal og hyppighed af prøver i de forskellige zoner har vi anlagt følgende synspunkter:

De ved Risø nærmest beliggende områder bør favoriseres såvel med hensyn til prøvetæthed som med hensyn til hyppighed. Der tages dog aldrig prøver tiere end een pr. dag.

Med stigende afstand aftager både prøvetæthed og hyppighed. Prøver bør dog ikke tages sjældnere end nogle gange om året.

I zone VI tages ikke regelmæssige prøver.

2.5 I overvejelserne over, hvilke ting det vil være nødvendigt at undersøge, bør indgå en vurdering af muligheden for forurening af det pågældende materiale. De materialer, som i første række er udsat herfor, er vandet i fjorden, jorden i stationens nærhed, samt den atmosfæriske luft. Størstedelen af de foretagne målinger vedrører derfor disse tre ting.

Desuden må imidlertid også tages hensyn til faren ved en forurening af det pågældende materiale, således at for eksempel mælk bør undersøges på grund af dens udbredte anvendelse som næringsmiddel, selv om chancen for forurening er overordentlig ringe.

Sidst, men ikke mindst må man være på vagt over for latente muligheder for koncentrering af aktiviteten ved selektiv absorption fra et i og for sig negligeabelt kontamineret medium. Sådanne muligheder eksisterer f. eks. for planter og fisk.

2.6 På basis af ovenstående betragtninger har vi valgt at undersøge følgende materialers aktivitet:

Vand fra Roskilde fjord  
Jord fra Risø og omegn  
Den atmosfæriske luft  
Regnvand  
  
Bunden af Roskilde fjord  
Fisk fra Roskilde fjord  
Planter fra Risø og omegn  
  
Ferskvand  
Mælk

2.7 Da forsøgsstationens virksomhed kan give anledning til såvel  $\alpha$ - som  $\beta$ -aktiv forurening, er det nødvendigt at måle prøvernes aktivitet, både med hensyn til  $\alpha$ -partikler og  $\beta$ -partikler.

Da apparater til måling af  $\alpha$ -aktivitet ikke har været til stede, omfatter denne rapport kun målinger af  $\beta$ -aktivitet.

## INDLEDNING

1.1 Radioaktivitet findes overalt i naturen i varierende mængder, hidrørende dels fra naturligt forekommende radioaktive isotoper, dels fra fall-out, se endv. kap. 3.

Det drejer sig ved disse undersøgelser om at tilvejebringe et referencemateriale, som kan anvendes i fremtiden ved afgørelse af spørgsmål om, hvorvidt en konstateret radioaktivitet hidrører fra forsøgsstationen.

Det er derfor nødvendigt, at tilrettelæggelsen af disse undersøgelser helt følger de synspunkter, som ligger til grund for udarbejdelsen af et effektivt kontrolsystem til sikring af, at aktiviteten i omgivelserne aldrig når i nærheden af et niveau, som kan frembyde fare for befolkningen.

Det er desuden overordentlig ønskeligt, at de anvendte metoder umiddelbart kan bruges i kontrolsystemets tjeneste, således at dette i realiteten blot bliver en videreføring af det her påbegyndte arbejde.

1.2 Ved den praktiske fastlæggelse af grænserne for den tilladelige aktivitet i omgivelserne kan man i det væsentlige anlægge to synspunkter.

a) Man vil tillade den totale aktivitet at stige til det niveau, der svarer til en vis brøkdel af den internationalt vedtagne maximalaktivitet for den farligste radioaktive isotop (Sr-90, Pu).

I så tilfælde vil man ved disse undersøgelser kunne indskrænke sig til at måle de forskellige materials totale  $\alpha$ - og  $\beta$ -aktivitet, uden at interessere sig for, fra hvilke grundstoffer den hidrører.

b) Man vil tillade koncentrationen af de enkelte radioaktive isotoper at stige til en vis brøkdel af den internationalt vedtagne maximalaktivitet for den pågældende isotop.

I så fald vil det være nødvendigt at analysere de forskellige materialer for alle radioaktive elementer, som kan frembyde fare for befolkningen.

1.3 En undersøgelse efter de under b) nævnte retningslinier er overordentlig vanskelig og tidsrøvende og ganske unødvendig, da den naturlige aktivitet i de fleste materialer er så lav, at en radioaktiv forurening let vil kunne påvises ved måling af den totale aktivitet, længe før den har nået den tilladte grænse.

Vi har derfor ved disse undersøgelser i det væsentlige kun målt den totale aktivitet, idet dog bestemmelserne for f.eks. planters vedkommende suppleres med en kemisk analyse af kaliumaktiviteten.

Det bør iøvrigt bemærkes, at den ved a) tolererede forurening af omgivelserne er langt mindre end ved b), således at man ved anvendelse af denne metode får en meget betydelig sikkerhedsfaktor ud over den normerede.

## RADIOAKTIVITETEN I OMGIVELSERNE

3.1 Måske kan inddele den radioaktivitet, som man i vore dage finder i naturen, i tre kategorier.

1. Den "naturlige" radioaktivitet, som skyldes radioaktive stoffer med en halveringstid af samme størrelsesorden som jordens alder eller henfaldsprodukter af sådanne.

2. Radioaktivitet induceret af den kosmiske stråling. Denne aktivitet, hvoraf C-14 er den vigtigste komponent, er dog så lille, at den ikke bidrager til de målinger, som denne rapport omhandler, og den er derfor uden større interesse her.

3. Nedfalden aktivitet, som stammer fra atom-

eksplosionerne og spredes med luften over hele jorden; denne aktivitet går almindeligt under betegnelsen fall-out. Den hidrører praktisk taget kun fra fissionsprodukter og er derfor en blanding af mange forskellige elementer med forskellige halveringstider.

### 3.2 De naturlige radioaktive stoffer

3.2.1 De vigtigste af de naturlige radioaktive stoffer er uran, thorium, radium, kalium, rubidium og henfaldsprodukterne af de tre første. Forskellige data vedrørende disse stoffer er opført i tabellerne 3.1 og 3.2.

TABEL 3.1

Element	Isotop	Relativ hyppighed %	Halveringstid år	Stråling MeV	Specifik aktivitet
U	U-238	99,3	$4,5 \cdot 10^9$	$\alpha$ 4,25	737 $\alpha$ /min·mg U
	U-235	0,7	$7,1 \cdot 10^8$	$\alpha$ 4,58	27 - -
	U-234	0,06	$2,5 \cdot 10^5$	$\alpha$ 4,85	737 - -
Ra	Ra-226	100	1620	$\alpha$ 4,86	$2,2 \cdot 10^9$ $\alpha$ /min·mg Ra
Th	Th-232	100	$1,4 \cdot 10^{10}$	$\alpha$ 4,05	238 $\alpha$ /min·mg Th
K	K-40	0,012	$1,3 \cdot 10^9$	$\beta$ 1,36	1,9 $\beta$ /min·mg K
Rb	Rb-87	27,8	$6,1 \cdot 10^{10}$	$\beta$ 0,27	42 $\beta$ /min·mg Rb

3.2.2 De naturlige radioaktive stoffer findes praktisk taget overalt i naturen. Kalium er således et af de mest almindelige grundstoffer og udgør ca. 2,5 % af jordskorpen (nr. 7 efter hyppighed).

Uran og thorium forekommer derimod mere sparsomt, uden at de dog på nogen måde hører til de sjældnest forekommende grundstoffer. De udgør henholdsvis 4 og 12 ppm af jordskorpen.

### 3.3 Radioaktive stoffer fra atom- og brintbomber

En atombombes eksplosion fremkommer ved hurtig fission i U-235 eller Pu-239, og en nominel bombe af denne type har en eksplosionskraft ækvivalent med 20.000 tons trotyl (TNT). En brintbombe består

af en atombombe som kerne, omgivet af lette stoffer som deuterium, tritium eller litium, og yderst en kappe af U-238. Når den primære atombombe eksploderer, fremkalder den en fusionkædereaktion i de omgivende lette stoffer, hvorved der dannes hurtige neutroner (energi over 10 MeV), som giver anledning til fission i U-238-kappen. Disse bombers eksplosionskraft varierer fra mindre end 1 megaton TNT til 20 megatons TNT.

Til trods for navnet får brintbomberne størstedelen af deres energi fra fission, og de producerede radioaktive stoffer vil derfor være af samme slags som fra en almindelig bombe. For at undgå det lidt misvisende navn brintbombe, vil vi i det følgende tale om kiloton og megaton atombomber og bruge ordet atombombe som en fælles betegnelse for de to bombetyper.

TABEL 3.2

Uranrækken			Thoriumrækken		
Isotop	Stråling MeV	Halverings- tid	Isotop	Stråling MeV	Halverings- tid
U-238 UX <sub>1</sub>	α 4,25	4,5 · 10 <sup>9</sup> år	Th-232	α 4,05	1,4 · 10 <sup>10</sup> år
Th-234 UX <sub>2</sub>	β 0,20	24 dage	Ra-228	β 0,04	6,7 år
Pa-234	β 2,32	1,17 min	Ac-228	β 2,18	6,1 timer
U-234	α 4,85	2,5 · 10 <sup>5</sup> år	Th-228	α 5,52	1,9 år
Th-230	α 4,76	8 · 10 <sup>4</sup> år	Ra-224	α 5,78	3,6 dage
Ra-226	α 4,86	1620 år	Em-220 Tn	α 6,40	54 sek
Em-222 Rn	α 5,59	3,8 dage	Po-216	α 6,90	0,16 sek
Po-218 RaA	α 6,11	3,0 min	Pb-212	β 0,58	10,6 timer
Pb-214 RaB	β 0,70	26,8 min	Bi-212 66 %	β 2,25	60 min
Bi-214 RaC	β 3,17	19,7 min	Bi-212 34 %	α 6,20	60 min
Po-214 RaC	α 7,82	10 <sup>-4</sup> sek	Po-212 66 %	α 8,94	10 <sup>-7</sup> sek
Pb-210 RaD	β 0,02	22 år	Tl-208 34 %	β 1,82	3,1 min
Bi-210 RaE	β 1,14	5,0 dage	Pb-208	Stabil	
Po-210 RaF	α 5,40	138 dage			
Pb-206	Stabil				

Ved eksplosion af en atombombe fordampes bombematerialet og føres op i luften sammen med dele af jordoverfladen. Ved afkøling vil de faste stoffer kondenseres omkring små støvpartikler. De største af disse vil falde ned på jordoverfladen forholdsvis nær ved selve eksplosionsstedet som lokalt fall-out, medens de lettere støvpartikler kan holdes svævende i luften meget længe. Størstedelen af bombens radioaktive stoffer vil i de fleste tilfælde sidde på de mindste støvpartikler.

En støvs sky fra en kilotonsbombe kan ikke trænge op igennem tropopausen (grænsen mellem troposfæren og stratosfæren), idet luftens temperatur stiger med højden i stratosfæren. Dette støv vil da følge de vestlige vinde, der råder højt oppe i troposfæren, og det vil i løbet af nogle uger falde ned på jordoverfladen, hovedsagelig med regn, i et bælte på omtrent samme breddegrad som eksplosionsstedet.

Megatonsbombernes støvs sky vil derimod delvis trænge helt op i stratosfæren, hvor det efterhånden vil fordeles jævnt. Da der er en meget lille udveksling mellem stratosfæren og troposfæren, kan støvet opholde sig der meget længe, men vil dog efterhånden diffundere ned i troposfæren, hvorfra det hurtigt skylles ned med regn. Man har ved direkte måling<sup>x</sup> fundet, at ca. 10 % af stratosfærens aktivitet falder ned på jordoverfladen per år.

For at få et skøn over, hvilke mængder fall-out man kan vente at finde, er der i tabel 3.3 opført samtlige større megatonsbomber, som er blevet bragt til eksplosion, samt deres formodede nuværende totale og årlige fall-out, regnet ud fra de forudsætninger, at 1) hele aktiviteten når op i stratosfæren og fordeles jævnt over jordoverfladen, og at 2) 10 % af stratosfærens aktivitet falder ned per år. Man må formode, at disse tal er rigtige inden for en faktor 2-3.

TABEL 3.3

Dato for eksplosion	Bombens størrelse Mtons TNT	Total fall-out 1. januar 1957 mC/km <sup>2</sup>	Fall-out 1957 henført til 1. januar 1958 mC/km <sup>2</sup>
1. november 1952	5	24	3
1. marts 1954	15	77	16
26. marts 1954	5	26	6
November 1955	10	85	26
21. maj 1956	15	197	59

x N.G. Stewart et al., A.E.R.E. HP/R 1701 (1955).

## INDSAMLING OG OPARBEJDNING AF PRØVERNE

### 4.1 Udtagning af prøver

4.1.1 Ved prøveudtagning tilsigtes i almindelighed at udtage en prøve, hvis sammensætning og beskaffenhed er lig med den gennemsnitlige sammensætning og beskaffenhed af det materiale, der skal undersøges.

Af den indsamlede prøve - råprøven - fremstilles ved knusning, blanding og deling en prøve - laboratorieprøven - som danner grundlag for laboratorieundersøgelserne. Af laboratorieprøven kan på samme måde udtages een eller flere analyseprøver.

4.1.2 Da det ved disse undersøgelser (jfr. 2.1) er aktivitetens variation, der er af interesse, herunder specielt maximal- og minimalaktiviteten, adskiller prøveudtagningen sig fra det normale på væsentlige punkter.

Laboratorieprøven er selve den indsamlede prøve og er ikke væsentlig større end analyseprøven, ligesom der ikke gøres noget forsøg på systematisk blanding inden udtagningen af analyseprøven. En undtagelse herfra er udtagningen af regnvandsprøver, se 6.8.4.

Af analyseprøven fremstilles en eller flere tælleprøver.

4.1.3 I forbindelse med prøveudtagningen må det overvejes hvilke beholdermaterialer, der kan anvendes til opbevaring af råprøven, idet man må undgå enhver mulighed for kontaminering eller dekontaminering efter indsamlingen.

Af denne grund bør så vidt muligt undgås kontakt med glas- eller porcelænsoverflader, idet disse dels indebærer fare for at kunne tilføre prøven aktivitet i form af K-ioner, sml. 6.1.6.3, dels synes at have tilbøjelighed til at adsorbere tunge ioner på overfladen (U, Pu).

Alle vandprøver udtages derfor i polyethylenflasker med skruelåg. Jordprøver, planteprov er og lign. udtages i dåser af hvidblik. Begge materialer udmærker sig iøvrigt ved god mekanisk styrke.

### 4.2 Fremstilling af tælleprøven

4.2.1 Ved tilberedning af prøven til tælling må det almindelige synspunkt være at gøre så lidt ved den som overhovedet muligt.

En vis behandling vil imidlertid altid være nødvendig, simpelthen for at sikre sig, at prøven

er tilstrækkelig veldefineret til, at man kan henføre aktiviteten til en bestemt mængde af et bestemt materiale.

Men desuden vil det oftest være nødvendigt at koncentrere aktiviteten for at kunne måle den med den fornødne nøjagtighed. En ideel koncentrerings ville nødvendiggøre, at man kunne kende forskel på radioaktive og ikke radioaktive isotoper af samme grundstof, hvilket man ikke kan med kemiske metoder. En praktisk koncentrerings kan opnås ved kun at fjerne de grundstoffer fra prøven, som ikke giver noget bidrag til den målte aktivitet. Da aktiviteten imidlertid kan hidrøre fra grundstoffer, repræsenterende størstedelen af det periodiske system, og som regel er bundet til uvejelige stofmængder, vil det være nødvendigt nøje at overveje, hvilke behandlingsmetoder, der står til disposition ved koncentrerings af prøven uden tab af aktivitet.

Endelig må man være på vagt over for muligheden for at tilføre fremmed aktivitet med kemikalier, som tilsættes under oparbejdningen. Som hovedregel bør tilsætning af prøven uvedkommende stoffer undgås; er dette ikke muligt, må der altid foretages en blindprøve.

4.2.2 De eneste simple processer, som herefter kan komme i betragtning, er

tørring og inddampning

forbrænding, våd eller tør.

Såfremt disse processer gennemføres ved tilstrækkelig lav temperatur (inddampning uden kogning, forbrænding ved temperaturer under 600°C), vil - i det væsentlige - kun følgende grundstoffer fjernes helt eller delvis:

Brint	Svovl
Ilt	Kvælstof
Kulstof	Klor

Herved vil tabes aktivitet, hidrørende fra

H-3 C-14 S-35 Cl-36

Af disse vil H-3, C-14 og S-35 alligevel ikke blive talt med det anvendte apparatur, idet de udsendte  $\beta$ -partikler er meget lavenergetiske ( $< 0,2$  MeV). Cl-36 ville derimod have en mulighed for at blive talt ( $\beta_{\max} = 0,7$  MeV), såfremt det var til stede. Men chancen for, at denne isotop skulle findes, er overordentlig ringe, da den ikke dannes ved fission og kun produceres ad anden vej i forsvindende mængder.

De ved oparbejdningen af prøverne anvendte metoder består alle i kombinationer af ovennævnte processer.

4.2.3 Af lignende grunde som anført i 4.1.3 må ved oparbejdningen undgås anvendelse af glas- og porcelænsapparatur. Ved tilberedningen af prøverne er derfor næsten udelukkende anvendt kvarts- og metalapparatur, som ikke skulle kunne indebære nogen fare for ændring af prøvens aktivitet.

#### 4.3 Reproducibilitet

Når man ud fra de foregående retningslinier har udarbejdet en metode til fremstilling af en tælleprøve fra et foreliggende materiale, må man vurdere metodens kvalitet. Kvalitet vil i dette tilfælde sige reproducibilitet.

Reproducibiliteten bestemmes ved et antal gange at fremstille to tælleprøver ud fra samme laboratorieprøve. Bestemmelsen vil imidlertid forfaltes, såfremt laboratorieprøven ikke er homogen; det vil derfor ved disse prøver - i modsætning til det i 4.1.2 nævnte - være nødvendigt at blande og homogenisere laboratorieprøven så godt som muligt inden udtagning af analyseprøven.

Ikke desto mindre er heterogenitet i laboratorieprøven givetvis en betydningsfuld faktor i reproducibilitetsbestemmelserne, navnlig for planternes vedkommende.

Da aktiviteten som nævnt kan sidde på uvejelige stofmængder, vil det ofte være umuligt at homogenisere laboratorieprøven, og angivelsen af reproducibiliteten vil derfor som oftest inkludere et betydeligt bidrag fra, hvad man kunne kalde den permanente heterogenitet i prøven, sml. 6.6.6.

## MÅLING AF PRØVERNES BETA-AKTIVITET

### 5.1 Principielle betragtninger

Ved måling af  $\beta$ -aktivitet vil det være bedst, hvis man kunne registrere samtlige prøvens  $\beta$ -henfald, eller i hvert fald en bestemt del af disse, uden at skelne mellem  $\beta$ -partiklernes energi.

De udsendte  $\beta$ -partikler må imidlertid trænge gennem prøven, luften mellem prøvens overflade og tælleren og endelig tællerenes rude, for at de kan blive registreret, og nogen af dem vil blive absorberet, før de når hertil. Da denne absorption stiger stærkt med faldende  $\beta$ -energi, er det nødvendigt at have en meget tynd prøve for at kunne registrere alle  $\beta$ -partikler med samme effektivitet. En tynd prøve med lav specifik aktivitet kan imidlertid give for lav tællehastighed, således at vi for en del materialer har måttet bruge tykke prøver.

Tabel 5.1 viser et praktisk eksempel på indflydelsen af prøvens absorption på tællehastigheden. De to radioaktive isotopers maksimale  $\beta$ -energi er

K-40: 1,36 MeV  
Rb-87: 0,27 MeV.

Ønskeligheden af at bruge tynde prøver fremgår tydeligt af denne tabel.

TABEL 5.1

Prøve	0,1 g KCl	0,1 g RbCl	2,5 g KCl	2,5 g RbCl
$n_p$ c/min	47,6	114	630	289
% henfald registreret	48	4	25	0,4

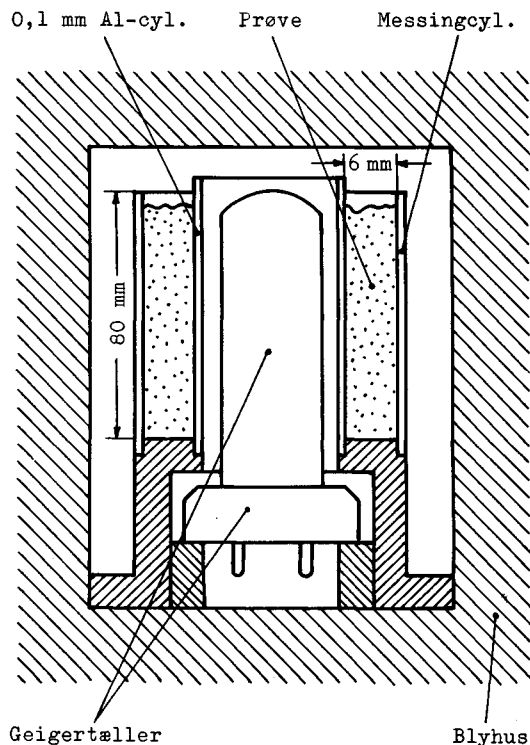
### 5.2 Valg af tællerudstyr

5.2.1 Man besluttede straks fra begyndelsen at måle  $\beta$ -aktiviteten med en Geiger-tæller, da den er enkel, billig og kan fås i et stort udvalg.

De første orienterende målinger blev foretaget med en end-window Geiger-tæller i forbindelse med en automatisk prøveskifter (fabrikat Frieeseke und Hoepfner). De tællehastigheder, man fik med denne tælleropstilling, var imidlertid alt for små. Det blev da klart, at man måtte tælle på en prøve med større overflade.

Vi forsøgte herefter at tælle med en cylindrisk Geiger-tæller med tynd glasvæg (30-35 mg/cm<sup>2</sup>). Kon-

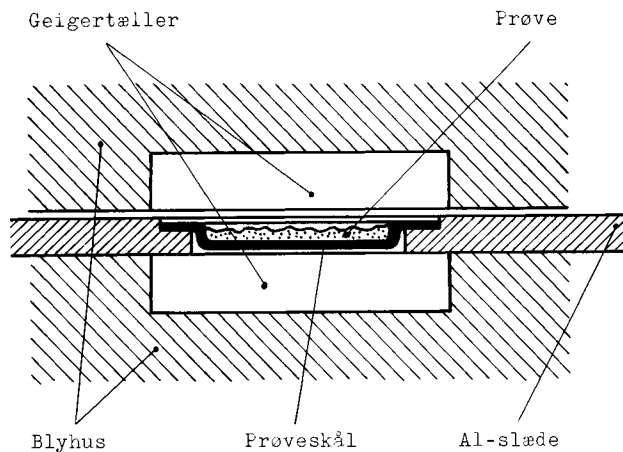
centrisk uden om dette rør er anbragt en messingcylinder, og imellem denne og tælleren påfyldes prøven (se figur 5.1.a). Dette arrangement havde man brugt i England til måling af svagt aktive mineraler, og man hævdede, at denne tælleropstilling gav 10-20 gange større tællehastigheder end en end-window Geiger-tæller. En tæller af denne type blev indkøbt fra 20th Century Ltd., England (typebetegnelse B 6). Tælleropstillingen er vist på figur 5.1.a. For at skåne tælleren mod kontaminering fra prøven og for at gøre påfyldningen af prøven nemmere anbragtes en 0,1 mm tyk aluminiumfolie mellem prøven og tælleren.



Figur 5.1.a



Endelig kunne man anvende en end-window Geiger-tæller med større rude, og eventuelt samtidig tælle med to tællere, som vist på figur 5.1.b. Det lykkedes at skaffe en sådan tælleropstilling fra Anton Electronic Laboratories, New York, USA.

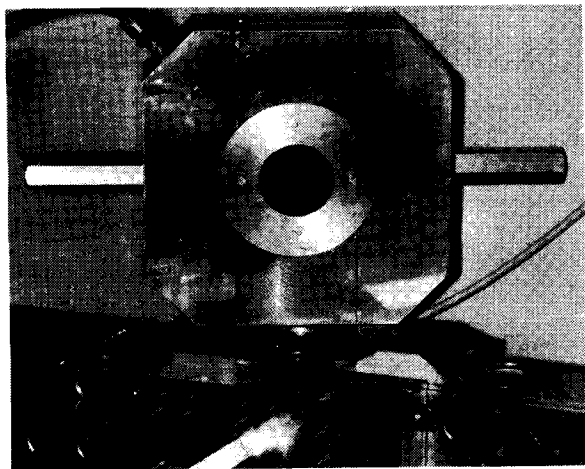


Figur 5.1.b

Ved sammenligning af de to tælleropstillinger viste Anton-tælleren sig at være den anden langt overlegen. Den gav nemlig nogenlunde samme tællehastighed, den behøvede mindre prøver, den havde langt mindre materiale mellem prøven og tællerumfanget, og selve målingen af prøven var meget simple.

Anton-tælleren blev derfor valgt til vore målinger af  $\beta$ -aktiviteten.

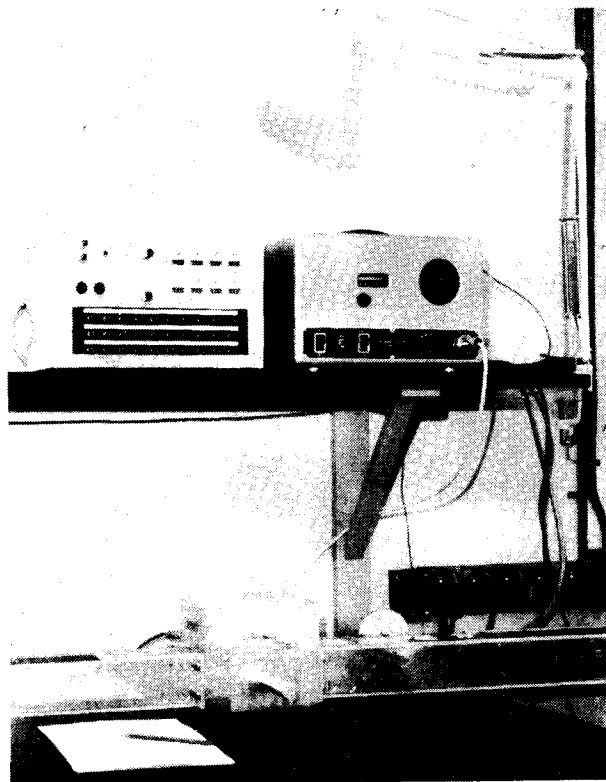
5.2.2 Anton-tælleropstillingen er vist åben på figur 5.2. Den består af et rektangulært blyhus, hvorigennem der går en rektangulær spalte til indføring af en slæde med en cirkulær udskæring for prøveskålen. Midt inde i blyhuset sidder de to end-window Geiger-tællere, med en rude på 38 mm i diameter og en tykkelse på 3-4 mg/cm<sup>2</sup>.



Figur 5.2

Prøveskålene er fremstillet af 0,1 mm tyk aluminiumfolie. De har en indvendig diameter på 38 mm, en dybde på 5 mm og en 5 mm bred krave. En del af skålene er lakeret med en epoxy-lak til korrosionsbeskyttelse (se endvidere app. 5.A).

For at lette tællearbejdet og samtidig forøge tællekapaciteten har vi bygget en enkel automatisk prøveskifter til Anton-tælleren. En 80 cm lang aluminiumsslæde, som passer til blyhusets rektangulære spalte, bærer prøveskålene, som sidder i cirkulære udskæringer på denne slæde i en indbyrdes afstand af 8 cm. Når en prøve er blevet talt, køres slæden 8 cm frem af en elektro-motor, således at en ny prøveskål kommer under de to tællere. Til hver prøveplads på slæden svarer der et mekanisk tælleværk, og scalerens impulser styres til det rigtige tælleværk af slædens position. Hver prøve kan tælles et vilkårligt antal halve timer.



Figur 5.3

Denne prøveskifter har været i brug uafbrudt siden midten af januar i år. Den har virket helt tilfredsstillende og været af stor betydning for tællearbejdet. Se fotografierne figur 5.2 og 5.3.

### 5.3 Valg af prøvestørrelse

Som nævnt i afsnit 5.1 er det ønskeligt at bruge tynde prøver for i så høj grad som muligt at kunne tælle  $\beta$ -partikler af forskellig energi med samme effektivitet. Lille prøvestørrelse er tillige en fordel med hensyn til tilberedningen af prøven. Prøvestørrelsen må derfor være et fornuftigt kompromis mellem på den ene side ønsket om en lille prøve af hensyn til prøvens tilberedning og tykkelse, og på den anden side ønsket om en stor prøve for at få større tællehastighed.

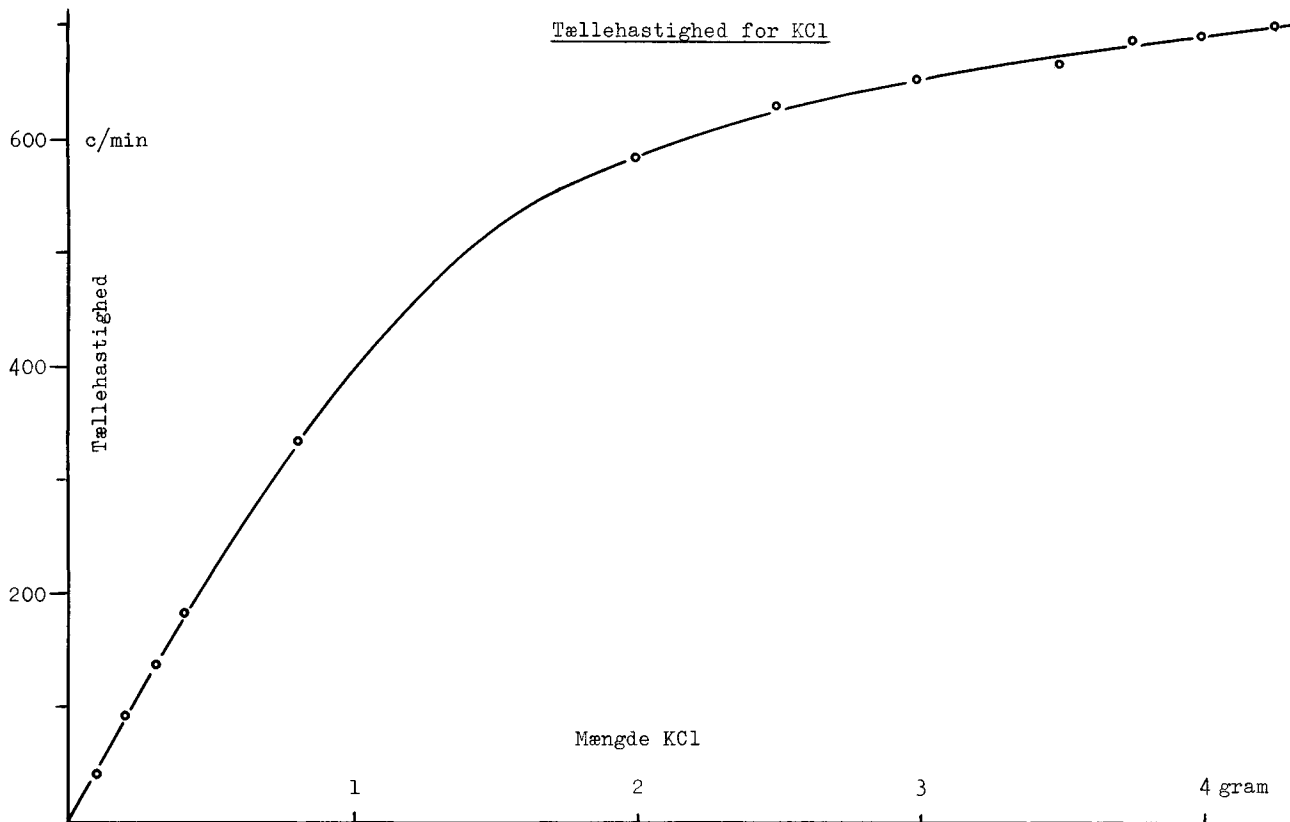
For at få en tilstrækkelig stor tællehastighed for jord-, bund- og havvandsprøverne har vi for disse materialer måttet måle på tykke prøver.

Tællehastigheden vil for en tynd prøve vokse proportionalt med prøvewægten, svarende til at prøvens selvabsorption ikke er begyndt at spille nogen rolle. For tykkere prøver vil flere og flere af  $\beta$ -partiklerne blive absorberet, og tællehastigheden vil nå en mætningsværdi, svarende til at prøvens tykkelse er større end  $\beta$ -partiklernes rækkevidde.

Figur 5.4 viser et eksempel på tællehastighe-

den som funktion af prøvens vægt for KCl, som er blevet målt for at bestemme den optimale størrelse for ovennævnte prøver, idet disse materialers  $\beta$ -aktivitet hovedsagelig skyldes kalium. Det ses af denne kurve, at der ikke vindes meget ved at tage en prøve, som er større end 2-3 gram.

Fra den lineære del af kurven bestemmes tælleropstillingens geometrifaktor til 50 %.



Figur 5.4

#### 5.4 Beregning af $\beta$ -aktiviteten

For at kunne beregne den forventede tællehastighed i en prøve ud fra dens indhold af naturlige radioaktive stoffer har vi målt, hvor mange c/min man får per milligram af disse stoffer for tre forskellige prøvestørrelser. Ved disse målinger har vi brugt uranyl nitrat, thoriumnitrat, kaliumklorid og rubidiumklorid. De to første stoffer måtte fortyndes med kvartssand for ikke at få for stor tællehastighed. Det anvendte thoriumnitrat stammer fra 1906, så at der må være indstillet ligevægt i Th-rækken (se tabel 3.2). Resultatet af disse målinger er opført i tabel 5.2.

TABEL 5.2

Prøvens vægt, gram	c/min per mg U, Th, K, Rb.			
	U	Th	K	Rb
0,1	447	288	0,91	1,61
2,5	264	125	0,48	0,16
3,0	242	114	0,41	0,14

#### 5.5 Angivelse af aktiviteten

Det er ret vanskeligt at måle  $\beta$ -aktiviteten i absolutte enheder, og dette kan kun gøres for tynde prøver, eller hvis hele aktiviteten stammer fra een bestemt isotop.

Hvis prøven derimod består af en blanding af flere forskellige isotoper, vil deres bidrag til tællehastigheden ikke alene være proportionalt med deres specifikke aktivitet, men vil også være en funktion af  $\beta$ -partiklernes maksimale energi.

Man behøver imidlertid ved disse kontrolmålinger ikke at kende den absolutte størrelse af den målte aktivitet, idet man kun skal kontrollere dens eventuelle stigning. Aktiviteten angives derfor altid, undtagen for luftprøver og regnvandsprøver, i c/min per en eller anden mængdeenhed.

#### 5.6 Faktorer, som påvirker tællenøjagtigheden

Ved måling af en prøves  $\beta$ -aktivitet har følgende tre faktorer den største indflydelse på resultatets nøjagtighed:

1. Den geometriske reproducibilitet
2. Tællerens effektivitet
3. Tællerens nultal.

Betydningen af disse tre faktorer vil blive diskuteret i de følgende afsnit.

5.6.1 Tællerens geometriske reproducibilitet. Hermed menes den variation i tællehastigheden, man kan få som følge af, at prøvens geometriske orientering i forhold til tælleren ikke er ens ved gentagne målinger af prøven.

For at måle denne variation blev en Th-standard målt to gange i hver af de 8 pladser på den automatiske prøveskifter. Resultatet af disse undersøgelser er opført i tabel 5.3.

TABEL 5.3

Plads nr.	Min per $3 \cdot 10^4$ counts	Min per $3 \cdot 10^4$ counts
1	2,840	2,830
2	2,857	2,803
3	2,813	2,830
4	2,827	2,837
5	2,837	2,843
6	2,830	2,810
7	2,800	2,817
8	2,827	2,813
Middeltal	$2,829 \pm 0,006$ min	$2,823 \pm 0,006$ min
Spredning	0,017 min	0,014 min
Forventet spredning:	$\frac{2,82}{\sqrt{3 \times 10^4}} = 0,016$ min = 0,6 %	

Disse resultater viser, at den geometriske reproducibilitet er bedre end 0,6 %, uanset hvilken plads i prøveskifteren der benyttes.

5.6.2 Tællerens effektivitet måles ca. hver anden dag med en kilde med konstant aktivitet. Vi har valgt 3 gram KCl i en almindelig prøveskål som standardkilde, og den tælles med en usikkerhed på ca. 1 %; resultaterne er opført i tabel 5.4. Det fremgår af disse målinger, at effektiviteten har været konstant indenfor målenøjagtigheden i perioden okt-jan. I februar er den derimod steget med godt 2 %, og i marts er den steget endnu lidt. Stigningen mellem januar og februar 1957 skyldes, at man på dette tidspunkt skiftede over til en ny scaler, og da disse scaleres højspænding ikke kan varieres kontinuert, har man været nødt til at tælle ved en noget højere spænding.

TABEL 5.4

Måned	$\bar{n}_s$ c/min	Antal målinger	Spredning på $n_s$ målt	teoretisk
Okt.	$639 \pm 3,7$	3	2	6,4
Nov.	$635 \pm 2,0$	10	6,5	6,4
Dec.	$637 \pm 1,8$	13	5,5	6,4
Jan.	$636 \pm 1,8$	13	8,0	6,4
Feb.	$652 \pm 1,7$	14	5,2	6,0
Marts	$656 \pm 1,0$	19	4,5	4,7

$n_s$  = standardkildens tællehastighed.

$\bar{n}_s$  = middelværdi af  $n_s$  for en måned.

Spredningen af  $n_s$  omkring dens middelværdi for hver måned er lig den teoretiske spredning inden for målenøjagtigheden.

For at kunne sammenligne samtlige måleresultater korrigeres alle målinger for ændringen i tællernes effektivitet. Hertil bruges standardkildens middeltællehastighed for den pågældende måned, og middeltallets afvigelse fra 636 c/min bruges som korrektion.

5.6.3 Tællernes nultal. En prøves tællehastighed er forskellen mellem tællehastigheden med prøven i tælleren og tællehastigheden med en blindprøve i tælleren. For tynde prøver (0,1 g eller mindre) bruges som blindprøve en tom tælleskål, og for tykke prøver bruges 3 gram kvartssand i en tælleskål. Differensen mellem nultallene for disse to blindprøver er ca. 0,8 c/min. Forskellen skyldes antagelig blindprøvens skjærende virkning over for den del af nultallet, der hidrører fra K-aktiviteten i tællernes glimmerrude. Tællerens nultal er imidlertid ikke konstant, men fluktuerer lidt. Det laveste nultal, vi har målt, er  $33,4 \pm 0,25$  c/min og det højeste  $35,9 \pm 0,31$  c/min for samme blindprøve.

Da det af indlysende grunde ikke er muligt at måle nultallet samtidig med, at prøven bliver talt, er det nødvendigt at sikre sig, at variationerne i nultallet over en periode på mindst halvdelen af tidsintervallet mellem to på hinanden følgende nultællinger er mindre end prøvens tælleusikkerhed. Dette er afgørende for, hvor tit man skal måle nultallet. Det vil blive vist nedenfor, at nultallets variation over et døgn er lille i forhold til den mindste tælleusikkerhed (0,5 - 0,7 c/min), til trods for at nultallet kan variere 2,5 c/min over længere tid. Vi har derfor valgt at måle nultallet een gang i døgnet over 6-8 timer, hvorved man får det bestemt med en statistisk usikkerhed på 0,27 - 0,31 c/min.

Mere end halvdelen af tællerens nultal stammer fra den kosmiske stråling. Når lufttrykket er højt, skal denne stråling trænge gennem en større luftmasse, hvorved en større del bliver absorberet i atmosfæren. Man må derfor vente, at nultallet varierer med lufttrykket. På figur 5.5 er nultallet afbildet som funktion af barometerstanden, og her ses en tydelig korrelation mellem nultallet og lufttrykket, idet nultallet falder med ca. 0,5 c/min per cm kviksølv.

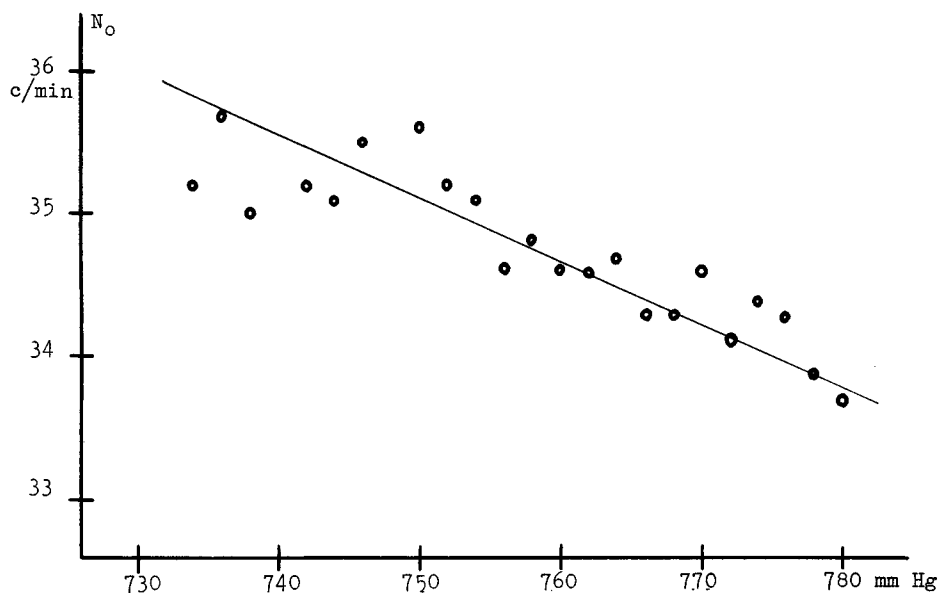
Variationerne i lufttrykket forklarer dog kun en del af nultallets fluktuationer. For nu at få yderligere oplysninger om nultallets tidsmæssige fluktuationer, korrigeres hver dag det målte nultal for barometerstanden, og de tidsmæssige fluktuationer af det korrigerede nultal afbildes grafisk (se figur 5.6). Man ser, at dette nultal fluktuerer langsomt med tiden.

For at få et skøn over, hvor meget det korrigerede nultal varierer over et døgn (tiden mellem to nultalsmålinger) har man udregnet r.m.s. forskellen mellem to på hinanden følgende korrigerede nultal, for tiden fra 1. oktober 1956 til 1. marts 1957, og dette har givet 0,45 c/min. Til dette tal bidrager nultallets måleusikkerhed, som er ca. 0,27 c/min, med  $0,27 \times \sqrt{2} = 0,38$  c/min. Bidraget fra det korrigerede nultals tidsmæssige fluktuation må da være ca. 0,25 c/min. Dette skulle være uden større betydning, da den mindste tælleusikkerhed, vi måler prøver med, er 0,5 til 0,7 c/min.

Ved udregning af prøvens tællehastighed bruges altid det nærmest målte nultal med en eventuel korrektion for ændring i lufttrykket mellem måling af prøven og nultallet.

Anton-tællerens nultal som funktion af barometerstanden

Punkterne viser gennemsnit af samtlige målinger mellem 1/10-56 og 31/3-57 indenfor lufttrykintervaller på 2 mm Hg.

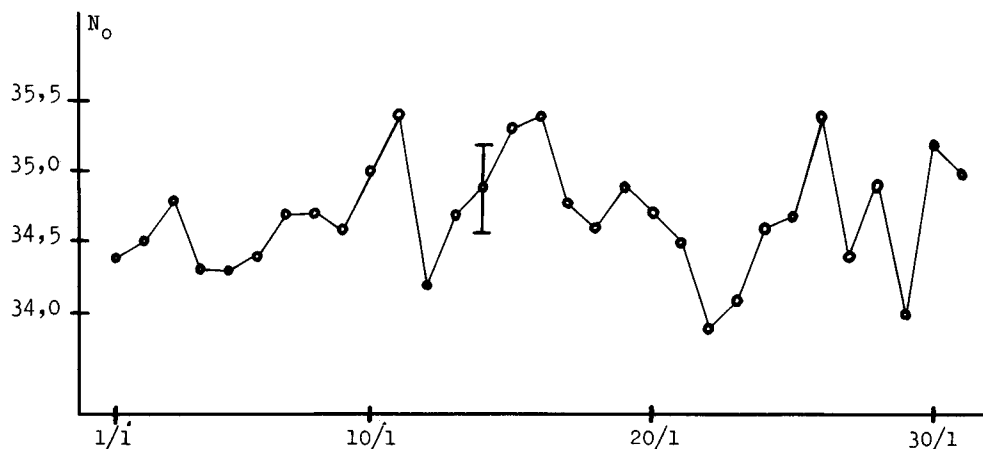


Figur 5.5

Anton-tællerens nultal i januar 1957 korrigeret

for lufttrykkets afvigelse fra 760 mm Hg.

Målepunkternes tælleusikkerhed er 0,3 c/min.

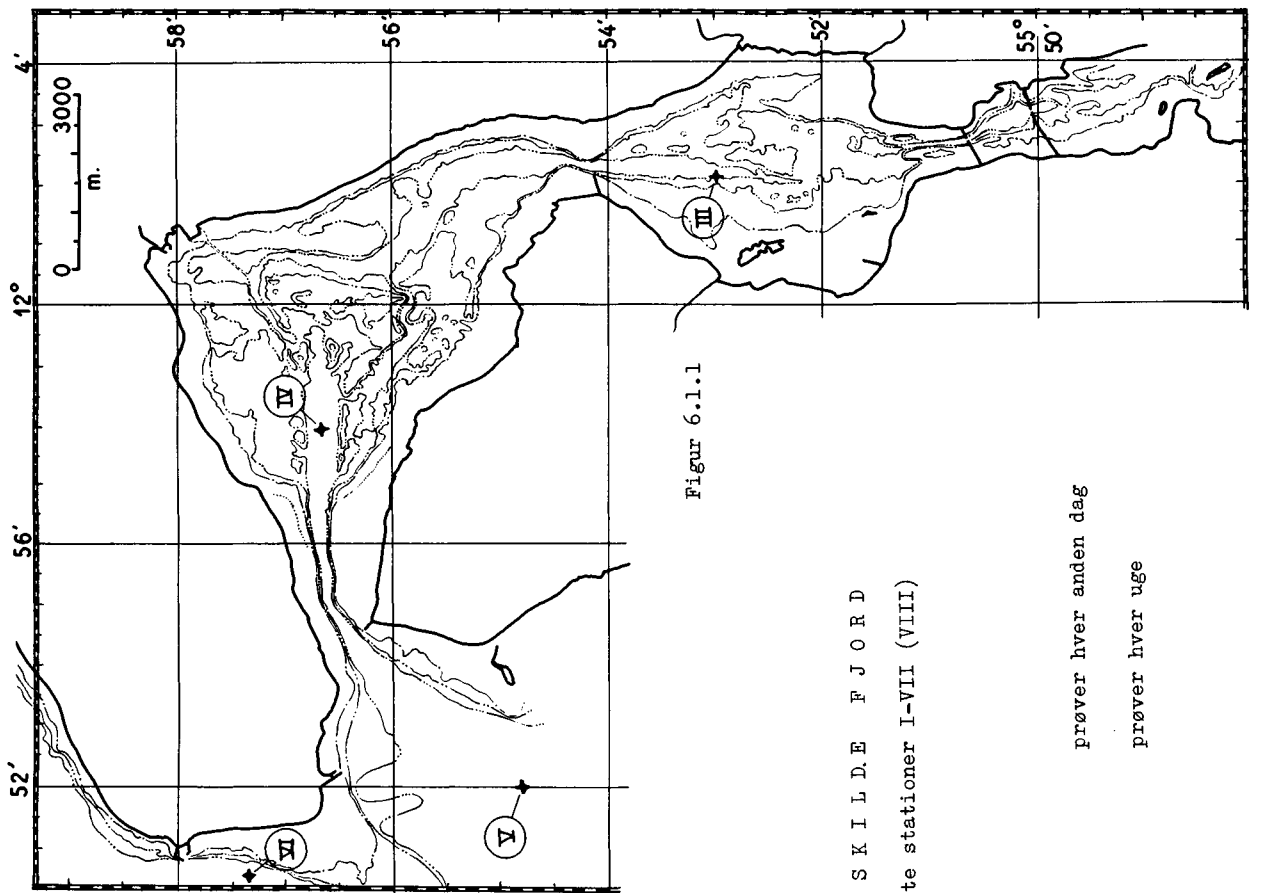
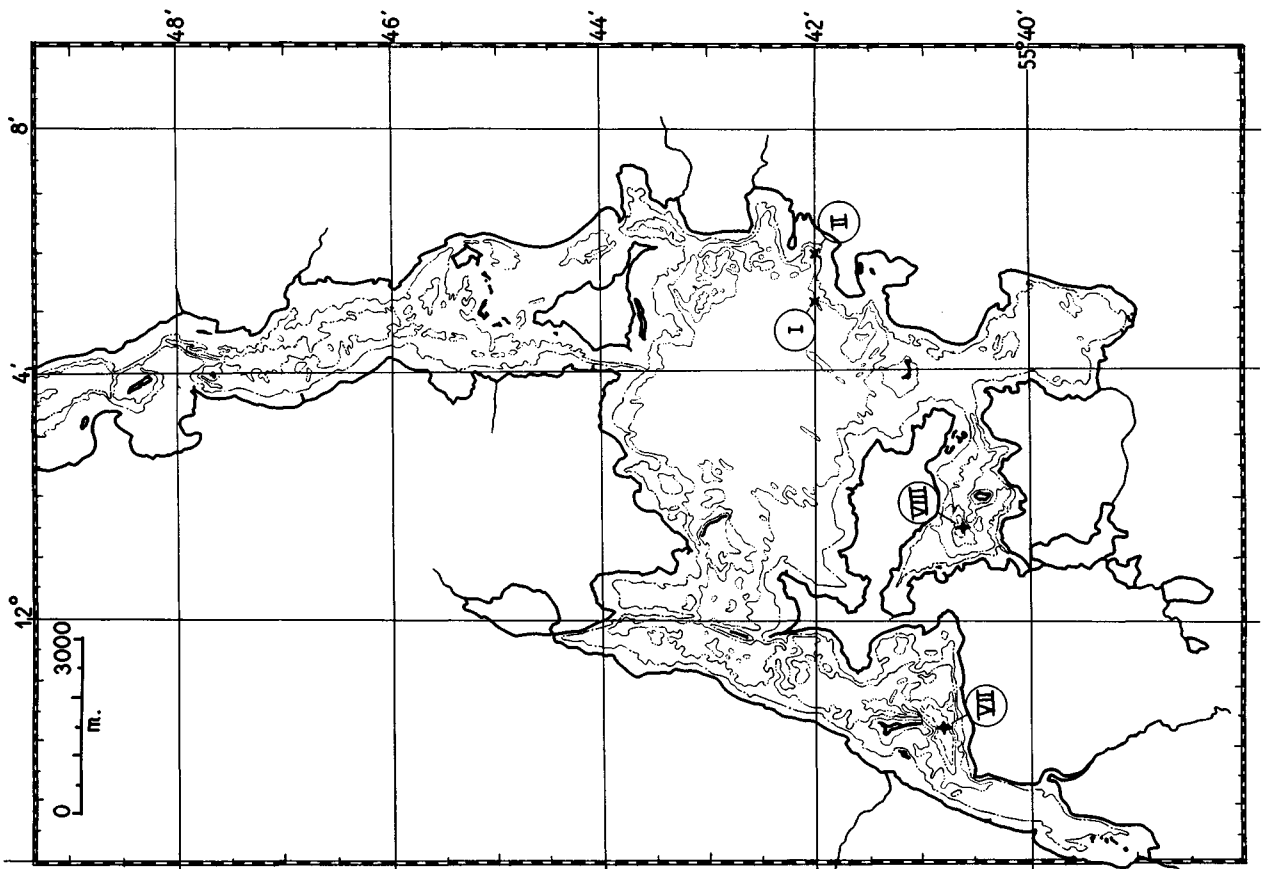


Figur 5.6

5.7 Resume

Prøvernes  $\beta$ -radioaktivitet måles med to end-window Geiger-tællere i en "4  $\pi$  geometri", hvor geometrifaktoren dog kun er 50 %. Tællernes effektivitet har kun varieret lidt i de fem måneder, de

har været i drift. Den geometriske reproducibilitet er bedre end 0,6 %. Nultallet er ca. 34 c/min og varierer ved konstant lufttryk sjældent mere end ca. 0,5 c/min fra den ene dag til den anden.



Figur 6.1.1

R O S K I L D E F J O R D

Faste stationer I-VII (VIII)

prøver hver anden dag

prøver hver uge

## RUTINEUNDERSØGELSER

### 6.1 Måling af aktivitet i havvand

6.1.1 Havvandsprøver udtages i polyethylenflasker (1/2 liter) med skruelåg efter DS 201 for prøveudtagning. Der tages kun overfladevand, idet undersøgelser foretaget af Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser viser, at opblanding i lodret retning er god, i hvert fald størstedelen af året.

6.1.2 Der tages regelmæssige prøver i 7 punkter i forskellige dele af Roskilde fjord. Stationerne betegnes med romertal I-VII; de er fastlagt i samråd med magistrerne K. Andersen, J. Boëtius og K. Popp Madsen fra Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser.

De 7 stationer er følgende:

TABEL 6.1.1

I	Umiddelbart N for Risø på 55°42' nordlig bredde
II	
III	Øksneholm Bredning
IV	Sejlrenden S for Jydegrunden
V	V for Alholm på 11°52' østlig længde
VI	Sætteriet mellem Hundested og Lynæs
VII	Lejrevig S for Langholm på 30 m's vanddybde.

Til disse faste stationer er valgt punkter, hvor afsætningsforholdene må skønnes gode i betragtning af bundmaterialets beskaffenhed (således at man hensigtsmæssigt vil kunne tage bundprøver i de samme punkter), og hvor stedsbestemmelsen efter sømærker er let og sikker.

Prøver fra punkterne I og II udtages skiftevis hveranden dag, de øvrige ugentlig.

Desuden er i en periode foretaget ugentlige målinger på prøver fra endnu en station.

TABEL 6.1.2

Grundstof	Koncentration mg/g	Koncentration pC/g	c/min·2,5 g tørstof
K	10,4	7,7	12,5±0,1
Rb	0,005	0,1	0,002
U		mindre end 0,03	< 0,03
Th		- - 0,0015	
Ra		- - 0,008	
C-14		- - 0,005	
andre nat. radioaktive stoffer		- - 10 <sup>±7</sup>	

### VIII Kattinge Vig på 16 m's vanddybde.

Det er dog ikke hensigten til stadighed at følge dette punkt.

Kort over fjorden er gengivet på figur 6.1.1.

6.1.3.1 Den naturlige aktivitet i havvand hidrører fra dets indhold af opløste stoffer, idet der dog ses bort fra indholdet af opløste luftarter, samt tritium.

Medens saltholdigheden kan variere stærkt fra sted til sted, anses i almindelighed kompositionen af tørstoffet for at være temmelig konstant. Aktiviteten i havvandet vil, da den næsten udelukkende skyldes kalium, således variere i takt med saltholdigheden, og det vil derfor være hensigtsmæssigt, når sammenligninger skal foretages, at angive aktiviteten per gram tørstof.

6.1.3.2 Prøvens størrelse er bestemt af de ved tællingerne anvendte aluminiumskåle (se 5.2.2) og den ønskede prøvetykkelse. For at få en rimelig tellenøjagtighed i løbet af en overskuelig tid er det nødvendigt, at prøvens tykkelse nærmer sig måtningstykkelsen. En forøgelse af prøvens størrelse ud over ca. 2,5 g (ca. 250 mg/cm<sup>2</sup>) vil kun give en ringe forøgelse af tællingerne (250 mg/cm<sup>2</sup> svarer til ca. 90 % mætning), hvorfor vi har valgt prøver på 2,5 - 3 g, som kan fremstilles ved indampning af ca. 200 ml havvand.

6.1.3.3 Gennemsnitssammensætningen af havvand fra de store have er angivet i litteraturen <sup>x</sup>, og tallene herfra vil antagelig kunne anvendes som forholdstal ved beregning af sammensætningen af tørstof fra vandet i Roskilde fjord. (Se app. 6.1.A).

Ud fra denne forudsætning beregnes indholdet af naturlige radioaktive stoffer i tørstof fra Roskilde fjord, idet Cl<sup>-</sup> indholdet sættes til 520 mg/g tørstof (app. 6.1.A).

x "The Oceans", Sverdrup, Johnson og Fleming, Prentice Hall 1942.

Sidste kolonne i tabellen er udregnet ud fra tællinger af 2,5 g's prøver af rent KCl, RbCl og  $UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  (jfr. 5.4).

Den naturlige aktivitet i havvand skyldes altså praktisk taget udelukkende K, og den forventede aktivitet er 12,5 c/min per 2,5 g tørstof.

6.1.3.4 Ud over den naturlige aktivitet må forventes en vis kunstig radioaktivitet i havvandet, hidrørende fra fall-out.

Vedrørende omfanget af fall-out findes givetvis et betydeligt materiale, som dog ofte er klassificeret. Enkelte amerikanske og engelske rapporter er dog offentliggjort, men her skal citeres en svensk rapport<sup>x</sup>, der omhandler den totalt nedfaldne fissionsaktivitet i Stockholmsområdet i tiden 15/4 1953 - 1/3 1956.

Herfra er følgende angivelser:

TABEL 6.1.3

Tidspunkt	Total FP-aktivitet <sup>xx</sup>
15/4 1953	0,03 $\mu\text{C}/\text{m}^2 = 30 \text{ mC}/\text{km}^2$
1/3 1956	0,07 $\mu\text{C}/\text{m}^2 = 70 \text{ mC}/\text{km}^2$

Under forudsætning af en gennemsnitlig årlig forøgelse af FP-aktiviteten på 13 mC/km<sup>2</sup>, vil der i tidens løb oparbejdes en gennemsnitlig ligevægtsaktivitet i Roskilde fjord på 0,5 pC/g tørstof, idet der gøres følgende antagelser vedrørende fjorden:

Halvdelen af vandet i fjorden udskiftes med inaktivt vand fra Kattegat i løbet af 1 år.

Middelvanddybden i Roskilde fjord er 3 m.

Middeltørstofindholdet er 17 g/l.

Bidraget til det målte antal tællinger fra 0,5 pC FP per g tørstof vil tilnærmelsesvis svare til bidraget fra en tilsvarende mængde K-40, ( $E_{\text{max}} = 1,4 \text{ MeV}$ ), idet den gennemsnitlige maximale  $\beta$ -energi fra blandede fissionsprodukter er 1,3 MeV.

Under disse forudsætninger fås

den forventede maximale fissionsproduktaktivitet i 2,5 g tørstof = 0,8 c/min.

Den forventede målte aktivitet i 2,5 g tørstof vil således være mellem 12,4 og 13,4 c/min eller, udtrykt på anden måde

$$12,9 \pm 0,5 \text{ c}/\text{min} \cdot 2,5 \text{ g tørstof.}$$

6.1.4 Inden den egentlige oparbejdning af prøven påbegyndes, filtreres den efter DS 202 for at undgå faste forureninger, der kan forfalske såvel aktivitetsbestemmelsen som bestemmelsen af tørstofindholdet. Herved tabes antagelig mindre end 1 % af (FP) aktiviteten<sup>xxx</sup>, hvilket må skønnes at være ganske uvæsentligt.

x R. Bjørnerstedt, K. Edvarson, A. Johansson, Försvarrets Forskningsanstalt 20/3 1956.

xx M. Eisenbud and J.H. Harley, Science 124 251, (1956) angiver for Tyskland og Norge henholdsvis 56 og 100 mC/sq. mile per 1/1 1956, svarende til 20-40 mC/km<sup>2</sup>.

xxx Y. Miyake, Gen. Paper P/1057 Vol. 13, p. 381, (1956).

Tælling af vandprøven kan først ske efter koncentrering, da den ringe aktivitet umuliggør anvendelse af liquid counter el. lign.

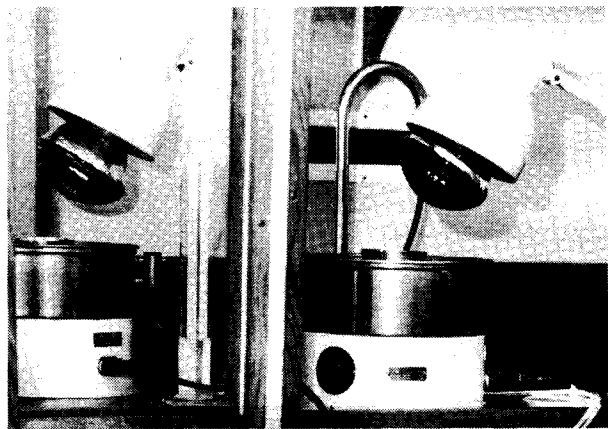
Koncentrering af aktiviteten kan ske ved indampning af vandet, eller ved udfældning af et eller andet voluminøst bundfald, som kan medrive de aktive ioner. En almindeligt anvendt fældningsmetode er således en behandling med jernalun og ammoniakvand; det udfældede  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , aq, vil medrive en del andre (aktive) ioner, men i hvert fald ikke alle. Se iøvrigt 8.1.4.

En koncentrering ved medrivning vil altid medføre en fraktionering af aktiviteten, og man kan således ved tælling på bundfaldet ikke engang få et relativt udtryk for vandets aktivitet, såfremt den hidrører fra forskellige ioner i de prøver, der skal sammenlignes. En selv ret stærkt aktiv opløsning af Cs-137 vil næppe give nogen påviselig aktivitet i bundfaldet.

Af ovennævnte grund har vi valgt at anvende inddampningsmetoden, jfr. også 4.2.1.

Inddampningen må ske uden kogning, f. eks. på vandbad, hvorved man samtidig kan få bestemt tørstofindholdet i den pågældende prøve. Bestemmelsen foregår i overensstemmelse med DS 255, idet dog platinskålen erstattes med en nikkelskål (metode I). Se app. 6.1.B og figur 6.1.2.a.

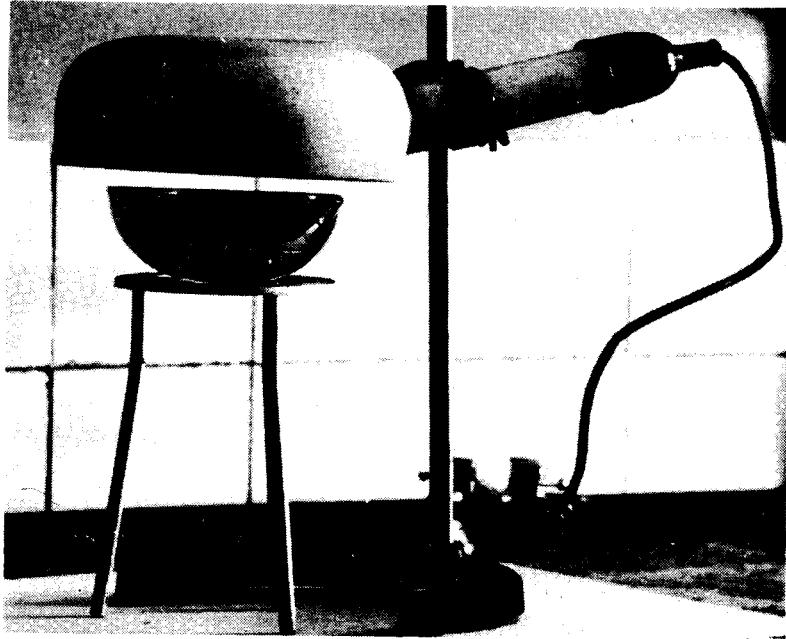
Såfremt tørstofindholdet ikke skal bestemmes, lønner det sig at inddampe prøven med en hvarstrålevarmer, hvorved inddampningstiden kan halveres (metode II). Se app. 6.1.C og figur 6.1.2.b.



Figur 6.1.2.a

Inden afvejning og tælling formales det fremstillede tørstof i en morter, hvorefter det fordeles jævnt i aluminiumskålen med en dertil indrettet dorn.

En komplikation er, at prøverne er stærkt vand-sugende, hvorfor de må opbevares i eksikkator, indtil tællingen kan foretages. Ved henstand i luften optages indtil ca. 10 % vand, hvilket reducerer tællingerne med omtrent samme beløb.



Figur 6.1.2.b

I forbindelse med prøvernes hygroskopiske karakter står, at de er tilbøjelige til i tidens løb at æde sig gennem aluminiumskålen, hvorfor man til disse prøver har ladet fremstille aluminiumskåle lakeret med en epoxylak (jfr. app. 5.A).

6.1.5 Prøverne tælles normalt i ca. 1,5 time, hvilket giver en tællenøjagtighed på ca. 0,7 c/min·2,5 g tørstof. Ved hjælp af selvabsorptionskurven for rent KCl korrigeres alle målinger til at gælde for 2,5 g tørstof, selv om tælleprøvens vægt kan afvige noget herfra.

Resultaterne angives i c/min·2,5 g tørstof (eller eventuelt i d/min·1 havvand (kalium)).

6.1.6.1 Reproduibiliteten af tørstofbestemmelserne fremgår af følgende dobbeltbestemmelser.

TABEL 6.1.4

a	g/l	18,74	20,03	20,47	19,46
b	g/l	18,80	20,11	20,41	19,58
a	g/l	20,73	21,08	19,06	18,53
b	g/l	20,70	20,71	18,41	18,43

Middelfejlen på en enkeltmåling er 0,2 g/l eller ca. 1 % relativ usikkerhed.

6.1.6.2 Reproduibiliteten af aktivitetsbestemmelser efter metode I fremgår af følgende dobbeltbestemmelser.

TABEL 6.1.5

a	c/min·2,5g	20,8±0,9	12,2±0,7	11,8±0,5	15,2±0,8
b	c/min·2,5g	19,4±0,8	12,2±0,7	13,0±0,7	15,2±0,9
a	c/min·2,5g	12,3±0,7	14,3±0,7	13,2±0,8	10,7±0,6
b	c/min·2,5g	13,9±0,7	14,4±0,7	13,6±0,7	12,4±0,7

Middelfejlen på en enkeltmåling er 6 %, medens middeltælleusikkerheden er 5 %; usikkerheden på tilberedningen af prøven er således tilfredsstillende lille.

6.1.6.3 Der er endvidere foretaget en sammenligning mellem aktiviteten bestemt ved metode I og metode II.

I begyndelsen anvendtes ved metode II en porcelænsskål til inddampningen. Følgende resultater opnåedes.

TABEL 6.1.6

I	c/min·2,5g	12,5±0,7	12,8±0,7	14,3±0,7	12,0±0,5
II	c/min·2,5g	14,2±0,8	14,1±0,7	15,0±0,7	14,5±0,8
I	c/min·2,5g	10,8±0,7	14,0±0,6	14,3±0,8	12,9±0,7
II	c/min·2,5g	12,9±0,7	16,5±0,6	13,3±0,9	14,0±0,7

I alt:

$$\text{metode I } 103,6 \pm 1,9 \text{ c/min} \quad \frac{\text{metode II}}{\text{metode I}} = 110 \pm 3 \%$$

$$\text{metode II } 114,5 \pm 2,1 \text{ c/min}$$

Det ses, at den ved metode II bestemte aktivitet i gennemsnit ligger omkring 10 % højere end ved metode I.

Man gik herefter over til at anvende en skål af kromstål ved metode II. Der opnåedes herefter følgende resultater.

TABEL 6.1.7

I	c/min·2,5g	12,8±0,7	14,0±0,8	12,6±0,8	13,3±0,7
II	c/min·2,5g	13,3±0,6	13,2±0,8	12,0±0,7	12,1±0,7
I	c/min·2,5g	13,2±0,9	12,6±0,9	11,7±0,7	13,4±0,8
II	c/min·2,5g	11,5±0,6	11,4±0,7	11,7±0,6	14,1±0,8



I alt:

metode I  $103,6 \pm 2,3$  c/min  $\frac{\text{metode II}}{\text{metode I}} = 96 \pm 3$  %  
metode II  $99,3 \pm 2,0$  c/min

Da prøverne kun vanskeligt vil kunne tælles med mere end 5 % relativ usikkerhed, skønnes den (eventuelt reelle) fundne forskel at være uvæsentlig for de daglige aktivitetsbestemmelser vedkommende.

Grunden til, at porcelænsskålen giver for høje resultater, må sandsynligvis søges i, at den kan afgive K til vødsken i varmen.

6.1.6.4 Reproducibiliteten af metode II (stål-skål) fremgår af følgende dobbeltbestemmelser.

TABEL 6.1.8

a	c/min·2,5g	13,3±0,8	15,4±0,8	14,8±0,7	15,4±0,9
b	c/min·2,5g	13,0±0,8	15,7±0,7	14,3±0,7	16,6±0,9
a	c/min·2,5g	17,0±0,7	13,2±0,7	13,3±0,8	15,1±0,8
b	c/min·2,5g	14,9±0,7	15,0±0,6	13,0±0,7	16,1±0,8

Middelfejlen på en enkeltmåling er 6 % relativ, medens middeltælleusikkerheden er 5 % relativ; usikkerheden på tilberedningen af prøven er således tilfredsstillende lille.

## 6.2 Måling af aktivitet i jord

6.2.1 Jordprøver udtages sammen med planteprøver i blikdåser (0,5 liter) med låg. Der tages kun overfladejord, se 6.2.3.

6.2.2 Fordelingen af prøver i de forskellige zoner (se 2.3) er således:

TABEL 6.2.1

zone	antal prøver	omtr. km <sup>2</sup> /prøve	interval
I	5	0,1	1 uge
II	4	0,8	1 md
III	4	5	1 md
IV	8	15	2 md
V	12	50	2 md

Beliggenheden af de 5 punkter i zone I er følgende:

TABEL 6.2.2

1	Reaktorbygværk I	1225 V 90 S
2	Lodsens hus	725 V 25 N
3	Rensningsanlægget	665 V 360 N
4	O-energien	425 V 20 S
5	N for laboratorierne	230 V 280 N

Koordinaterne er angivet i et Risø koordinat-system med NS 0-linie i centralvejen og ØV 0-linie vinkelret derpå lidt Ø for hovedvej 6. Se endvidere figur 6.2.

De øvrige punkters beliggenhed er angivet i tabel 6.2.3 og på vedføjede kort.

TABEL 6.2.3

Beliggenheden af 4 punkter i zone II er følgende:

1	Hvej 6, hvor vejen går fra til Ll. Valby	26 L 8950/9150
2	Umiddelbart Ø for via-dukten under hvej 6	26 L 8700/8400
3	Svaleholm	26 L 8550/7700
4	Veddelev gd.	26 L 7400/7300

Beliggenheden af 4 punkter i zone III er følgende:

1	Hvej 6 - vejen til Gerdrup	26 F 9150/0950
2	Ellekærgård, St. Valby	26 M 0650/8900
3	Koldekilde	26 L 8200/6350
4	Bistrup Parcelgård	26 L 5400/5350

Beliggenheden af 8 punkter i zone IV er følgende:

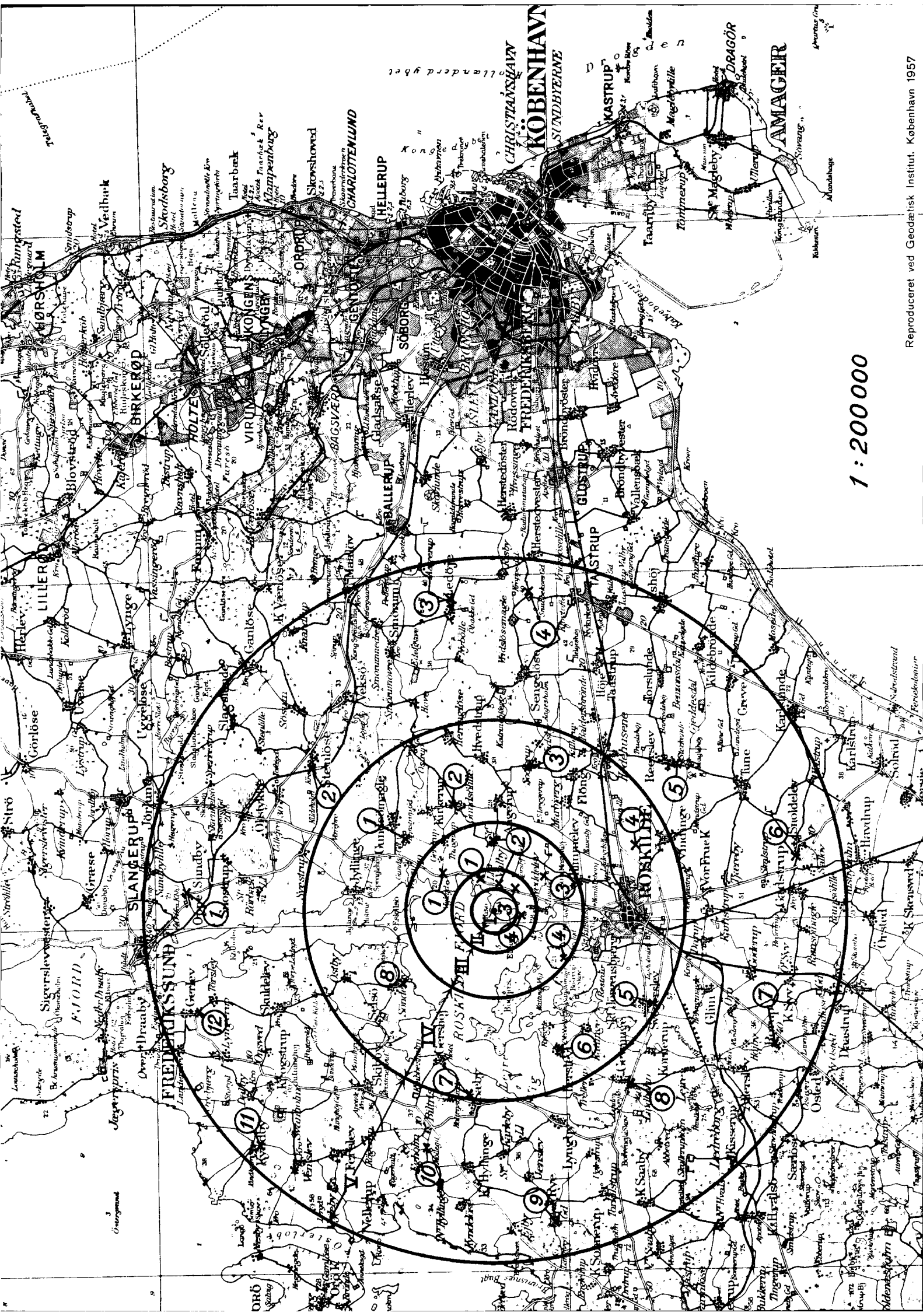
1	Gundsøgård, nær Hejnstrup	26 G 0700/2850
2	Mejeriet i Gundsølille	26 G 2350/0600
3	Tofttegård, nær Soderup	26 M 3950/7100
4	Lillevang	26 M 0500/2200
5	Hvej 4 - vejen til Svogerslev	26 L 2900/1550
6	Kirken i Herslev	26 L 1050/5650
7	Sæby	25 P 8750/9650
8	Hagebakke ved Sønderby	26 F 4100/3000

Beliggenheden af 12 punkter i zone V er følgende:

1	Oppe Sundby kirke	26 A 8150/2700
2	Stenløse	26 G 3800/6950
3	Ledøje - vejen til Ballerup	26 H 1350/0750
4	Stenager gd.	26 N 1750/7150
5	Reerslev - genf.stenen	26 M 4100/0350
6	Snoldelev stenen	26 R 0000/4950
7	Estholm nær Rorup	26 Q 1450/5950
8	Hvej 4 - vejen til Lindholm	25 P 8350/2850
9	Rye gd.	25 P 3450/5800
10	Egholm Møllegd.	25 K 6650/1700
11	Kindholm gd.	25 K 6750/9050
12	Gerlev Møllehøj dysse	26 A 2600/2300

6.2.3.1 Ligesom i de fleste andre i naturen forekommende materialer hidrører størstedelen af jordens naturlige aktivitet fra dens indhold af kalium. Foruden den naturlige aktivitet kan ventes et bidrag fra FP, som kan være tilført ad den ene eller den anden vej

Normalt vil FP tilføres jorden gennem luften som fall-out. Det antages i almindelighed, at FP i det væsentlige absorberes i de øverste ca. 10 cm



1 : 200 000



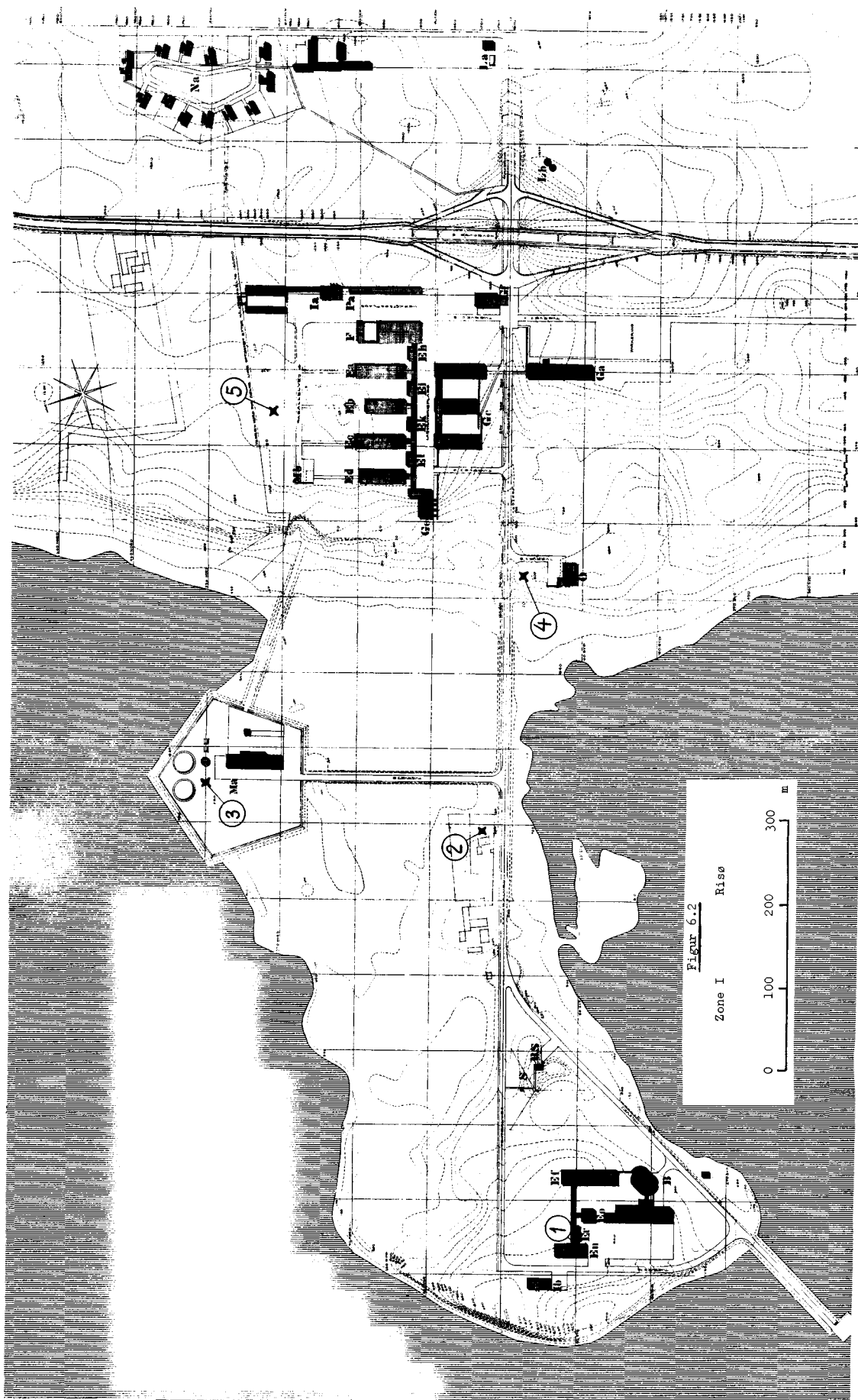


Figure 6.2  
Zone I Rise

af jorden, hvorfor vi har valgt at tage prøver af overfladejord. x

6.2.3.2 Jordens kemiske sammensætning varierer naturligvis stærkt fra sted til sted; men man kan danne sig et indtryk af størrelsesordenen af den forventede målte aktivitet ud fra den gennemsnitlige sammensætning af jordskorpen (eksklusive havene), således som den angives i litteraturen. xx

Herefter fordeler indholdet af naturligt radioaktive stoffer sig således:

TABEL 6.2.4

grundstof	g/ton	mg/3g	c/min·3g
K	25.900	77,7	32,4
Rb	310	0,93	0,1
Th	12	0,04	4,1
U	4	0,01	3,1

Mængderne er omregnet til mg/3g, da 3g er den ved undersøgelserne valgte prøvestørrelse.

Ud fra tælling af en 3,0 g prøve af stofferne

KCl  
RbCl  
UO<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 6H<sub>2</sub>O  
Th(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>, 4H<sub>2</sub>O

er det forventede antal tællinger fra en jordprøve på 3g med den i tabel 6.2.4 angivne sammensætning beregnet, se iøvrigt 5.4.

Den forventede gennemsnitlige naturlige aktivitet fra jord er således ca. 40 c/min·3 g.

6.2.3.3 For at få et skøn over aktiviteten fra FP fra fall-out antager vi, at det totale fall-out er 70 mC/km<sup>2</sup> (tabel 6.1.3), og at FP er jævnt fordelt i de øverste 10 cm af jorden. Indholdet af FP bliver herefter, idet vægtfylden af jorden sættes til 2,67 g/cm<sup>3</sup>, ca. 0,8 pC/3g.

Da den gennemsnitlige maximale β-energi fra blandede FP er 1,3 MeV, vil bidraget til nærmelsesvis svare til bidraget fra en tilsvarende mængde K-40 (E<sub>max</sub> = 1,4 MeV).

0,8 pC blandede FP giver i så fald 0,5 c/min, altså et bidrag, som er mindre end 2 % af den gennemsnitlige forventede aktivitet, hvorfor den vil unddrage sig påvisning.

Såfremt FP-aktiviteten imidlertid er koncentreret i den øverste cm af jorden, vil man derimod have en chance for at påvise den.

6.2.4 Jord indeholder som oftest varierende mængder af mere eller mindre forrådnede plantedele,

hvis K-indhold vil bidrage til den målte aktivitet. For ikke at forfalske måleresultaterne fjernes "genkendelige" plantedele inden fremstilling af prøven.

Endvidere indeholder jorden som oftest større eller mindre sten, hvis aktivitet er jorden uvedkommende, idet den er fixeret og ikke deltager i nogen biologisk cyklus. Stenene fjernes ved sigtning af den færdige jordprøve gennem en sigte no. 24 (250 μ).

Iøvrigt består behandlingen af jordprøven i en tørring ved 110°C, efterfulgt af en glødning ved 550°C. Herved forkulles alt organisk materiale, og en beskeden koncentrering af prøven finder sted. Samtidig bliver den mere velegnet til findeling i en morter og påfølgende sigtning. Se iøvrigt app. 6.2.A.

Prøvestørrelsen er 3,0 g, afvejet i en aluminiumtælleskål. Dette svarer til 80-90 % mætning.

6.2.5 Prøverne tælles som regel ca. 1 time, hvilket giver en usikkerhed på ca. 1 c/min·3 g. Resultaterne angives i c/min·3 g jord.

6.2.6 Reproduibiliteten af den anvendte metode fremgår af følgende dobbeltbestemmelser:

TABEL 6.2.5

a	c/min·3 g	30,2±1,2	24,8±1,1	24,3±1,1	23,6±1,0
b	c/min·3 g	25,3±1,1	22,1±1,0	24,2±1,1	23,0±1,0
a	c/min·3 g	22,8±1,1	23,9±1,1	24,9±1,1	22,9±1,1
b	c/min·3 g	19,5±1,1	25,1±1,1	24,7±1,1	23,4±1,1
a	c/min·3 g	33,6±1,1			
b	c/min·3 g	32,4±1,1			

Middelfejlen på en enkelt måling er 7 %, mens den gennemsnitlige tælleusikkerhed er 4,5 %. Usikkerheden hidrørende fra prøvetilberedningen er således af størrelsesordenen 5 %.

### 6.3 Måling af aktivitet i luften

6.3.1 Den del af luftens aktivitet, der er bundet til støvpartikler, se 3.3 - det er kun denne, man nogenlunde simpelt kan måle - hidrører dels fra henfaldsprodukter af de naturlige radioaktive familiers luftformige medlemmer, radon og thoron, som fra jorden diffunderer op i atmosfæren, dels fra fissionsprodukter stammende fra bombeforsøg, samt eventuelt fra anden kunstig aktivitet.

Den effektive halveringstid for Rn's efterkommere er ca. 45 min, se app. 6.3.G, og for Tn's efterkommere ca. 10,6 timer, se tabel 3.2, hvorimod de fissionsprodukter, der er mulighed for at opsamle her i landet, i almindelighed er så gamle, at deres kortlivede komponenter er forsvundet. Heri ligger en simpel måleteknisk mulighed for at analysere den tilstedeværende aktivitet i Rn, Tn og FP-komponenter. Opsamles støv fra luften i kort tid, f. eks. 5 minutter, vil i reglen mere end 90 % af aktiviteten skyldes Rn-efterkommere. Opsamles i længere tid (2 - 24 timer), og venter man mindst 4 timer med at tælle prøven, kan man ud fra en henfaldskurve, optaget i løbet af 1 - 2 døgn bestemme indholdet af henholdsvis Tn-efter-

x W.F.Libby, Proc. Nat.Acad. Sci. U.S. 42, 365, (1956) angiver for Sr-90, at forholdet mellem Sr-90 koncentrationen i 1-6" dybde og i 0-1" dybde i middel er 0,23, hvilket er ensbetydende med, at 80 % findes i den øverste 1" jord.

xx B. Mason: "Principles of Geochemistry", J. Wiley and Sons 1952.

kommere og FP. Efter ca. 4 døgn er der kun FP tilbage. Ved fortsat henfaldsmåling i nogen tid, kan man få nogen oplysning om disses alder, især hvis de er relativt friske.

Undersøgelsen af disse forhold foretages på følgende måde, der nærmere skal beskrives i det følgende:

Kortlivet (Rn-) aktivitet måles dels kontinuert med et dertil indrettet apparat, dels ved opsamling på filtrerpapir i kort tid ved hjælp af en støvsuger, se afsnit 6.3.2.

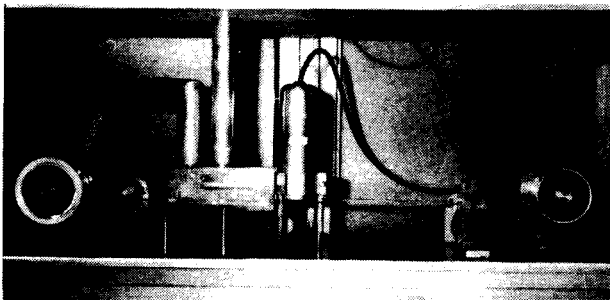
Daglig bestemmelse af Tn og FP sker ved opsamling på filter i 24 timer i et særligt apparat. Hertil har støvsugeren tidligere været benyttet ved opsamling i 24 timer, se afsnit 6.3.3.

Hver uge samles de daglige filterprøver til en enkelt stor prøve, hvorpå der måles henfald af fissionsprodukter, se afsnit 6.3.4.

### 6.3.2 Kortlivet aktivitet

6.3.2.1 Til måling af luftens kortlivede  $\beta$ -aktivitet, der som nævnt væsentligst skyldes Rn's henfaldsprodukter, benyttes en kontinuerlig opsamling af støv på et langsomt løbende aluminiumbånd, der passerer en elektrostatiske støvudskiller. Støvet fra luften slår sig ned på båndet og føres med dette forbi et tællerrør, hvis impulser føres til et ratemeter, hvis udslag opskrives af et registrerende instrument. På dette registreres desuden vindstyrke og vindretning, idet disse to størrelser formodes at have en vis relation til Rn-indholdet i luften, se 9.3.1. En detaljeret beskrivelse af de benyttede apparater findes i appendiks 6.3.A og B, og selve apparatet er gengivet på figur 6.3.1.

Disse målinger har været gennemført siden efteråret 1956 i lodsens hus på Risø.



Figur 6.3.1

6.3.2.2 For at danne sig et skøn over apparatets visning kan man beregne dets udslag for en konstant aktivitet i luften på f.eks. 1000 d/min·m<sup>3</sup>. Apparatets data er følgende:

Gennemstrømmende luftmængde	V: ca. 0,06 m <sup>3</sup> /min
Opsamlingseffektivitet	$\mu$ : - 0,25
Båndhastighed	v: - 7,5 cm/time
Tællergeometri	g: - 0,25
Effektiv båndlængde under tæller	L: - 2,0 cm
Afstand fra opsamling til tæller	a: - 5,5 cm

Per minut passerer apparatet altså af 1000 V d/min, hvoraf 1000 V $\mu$  opsamles. Per cm bånd bliver det:

$$1000 V \mu \frac{60}{v} \text{ d/min}$$

Den tid, det tager båndet at tilbagelægge distancen mellem opsamlingsstedet og tælleren, er ca. 45 min. eller ca. 1 effektiv halveringstid for Rn's efterkommere, se app. 6.3.G. Aktiviteten skal derfor divideres med 2 og multipliceres med den effektive båndlængde og med tællerenes geometrifaktor. Man vil derfor tælle:

$$1000 V \mu g L \frac{60}{v} \times \frac{1}{2}$$

$$= 1000 \times 0,06 \times 0,25 \times 0,25 \times 2 \times \frac{60}{7,5} \times \frac{1}{2}$$

$$= 30 \text{ c/min}$$

eller 1 c/min svarer til 33 d/min·m<sup>3</sup>.

Andre aktiviteter end Rn-efterkommere, f.eks. Tn-efterkommere, er sjældent til stede i større mængder end ca. 100 d/min·m<sup>3</sup>, svarende til ca. 6 c/min, og vil, da ratemeteret er indstillet til fuldt udslag for 1000 c/min, næppe kunne observeres. Man bemærker, at der må være ret betydelige mængder af fremmede aktiviteter i f. eks. laboratorieluft, for at de skal kunne opdaget med dette apparat. Det er da også nærmest tænkt som en kontrol på den naturlige aktivitet, således at man ikke forveksler en på anden måde målt usædvanlig høj luftaktivitet med en tilfældig stor Rn-mængde i luften. Der foreligger endnu ikke en justering af apparatets visning, men en metode til opnåelse af en sådan er udarbejdet, se 6.3.2.4.

6.3.2.3 En kontrol på effektiviteten af opsamlingen, der antagelig er det mest usikre led i denne måling, kan fås på følgende måde: hver uge udtages det benyttede Al-bånd af apparatet og renses for støv ved behandling med salpetersyre. Syren afkoges, og remanensen, der benævnes en LS-prøve, sammenlignes med gennemsnittet af ugens FP-målinger. Om anvendelsen af resultaterne, se app. 6.3.A, om fremstilling af prøverne, se app. 6.3.C.

6.3.2.4 Til direkte kontrol af den kontinuerlige støvopsamlers funktion er følgende metode udviklet: man opsamler med en særlig støvsuger, se app. 6.3.D, luft fra samme sted på et tidspunkt, hvor apparatet ikke viser for store svingninger. Der opsamles i 5 minutter og tælles på filteret fra 10 til 15 min efter opsamlings afslutning. Denne metode omtales nærmere i app. 6.3.F.

### 6.3.3 Langlivet aktivitet

6.3.3.1 Da de i luften tilstedeværende mængder af mere langlivet aktivitet er relativt små, 1 - 10 d/min·m<sup>3</sup>, er det nødvendigt at opsamle støv fra mindst 10 - 20 m<sup>3</sup> til en prøve. Bestemmelsen af denne aktivitet lettes betydeligt, hvis man kan opsamle fra f. eks. 100 m<sup>3</sup> eller mere. Opsamlingen kan ske enten elektrostatiske eller ved filtrering. Den første metode tillader næsten ubegrænsede luftmængder, medens den sidste har en begrænsning i denne henseende, idet filteret efterhånden tilstoppes af støvet og bliver vådt i fugtigt vejr. Begge dele medfører en ureproducerbar forøgelse af modstanden mod luftgennemstrømningen og ændrer opsamlingseffektiviteten. Filtermetoden er imid-

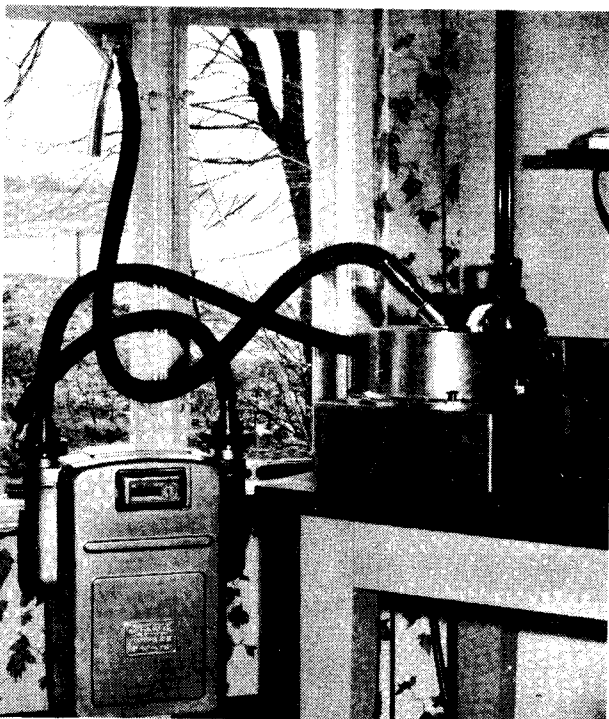
lertid den simpleste at benytte, både med hensyn til pasning og prøvetilberedning, idet man eventuelt kan lægge selve filteret under en tæller.

På denne måde blev luftprøverne da også udtaget og talt i tiden 1/11 1956 til 1/3 1957. Der benyttedes en speciel støvsuger, se. app. 6.3.D, hvorpå man anbringer et filter med en effektiv diameter på 5 cm i indsugningen. Den er desuden udstyret med et anemometer til måling af luftmængden. Med et sådant filter viste det sig, at man på grund af tilstopning ikke kan opsamle støv fra mere end ca. 20 m<sup>3</sup>. Der blev derfor opsamlet på 2 filtre i 2 timer hver, og den samlede luftmængde var ca. 30 m<sup>3</sup>.

For at få resultatet af fissionsproduktmålingen hurtigt, bestemmer man en henfaldskurve for de første 1 - 2 døgn og analyserer den for Tn-efterkommere. Dette medfører, at man er nødt til at have en god tælløjagtighed og deraf følgende ret lange tælleperioder. Endnu værre bliver det, når man ønsker at måle henfald på FP i en sådan prøve.

Der blev derfor bygget en særlig støvopsamler til disse målinger. Problemet med begrænsningen af luftmængden på grund af tilstopning af filteret kan løses ved at forøge dets areal. Ved at forøge diameteren af filterets effektive del til 22,5 cm opnås en forøgelse af arealet på 20 gange, og man kan derfor på et sådant filter opsamle støv fra 400 - 500 m<sup>3</sup> luft. En detaljeret beskrivelse af apparatet findes i app. 6.3.D, og selve apparatet er gengivet på figur 6.3.2.

Man opsamler nu i 24 timer, hvorved der tillige fås et mere sandt gennemsnit af døgnets aktivitet. Efter udtagningen af filteret foraskes dette forsigtigt over en argandbrænder, og asken overføres til en aluminiumstælleskål.



Figur 6.3.2

6.3.3.2 Prøven tælles 3-4 gange efter henholdsvis ca. 5 - 15 - 25 timer efter indtagningen med en usikkerhed på ca. 1 %. De derved fremkomne tællerresultater afbildes på et logaritmisk kurveblad. Herpå indtegnes tillige en linie med hældning svarende til Tn-efterkommernes halveringstid, 10,6 timer. Idet man ser bort fra fissionsprodukternes henfald i den relativt korte tid, der her er tale om, kan man ved at prøve sig frem hurtigt finde et konstant tal, der, trukket fra de enkelte tællinger, får differenserne til at ligge på en linie, der er parallel med den tegnede 10,6 timers linie. Denne linie indtegnes, og dens ordinat ved prøvetidspunktet aflæses. Denne udtrykker da prøvens Tn-aktivitet, og det konstante tal er dens fissionsproduktindhold, se eksempel i app. 6.3.H.

Resultatet af målingen angives som middelaktiviteten over hele døgnnet i sønderdelinger per minut per m<sup>3</sup> (d/min·m<sup>3</sup>). For fissionsprodukter findes aktiviteten

$$a = \frac{n}{V \mu \gamma g} \text{ d/min} \cdot \text{m}^3 \quad \text{hvor}$$

V er luftmængden,  $\mu$  filtereffektiviteten,  $\gamma$  foraskningens effektivitet og  $g$  tællerens geometrifaktor. Indtil videre regnes  $\mu = 0,75$ , se app. 6.3.E,  $\gamma = 1,0$  og  $g = 0,50$ , og man finder

$$a = 2,8 \times \frac{n}{V} \text{ d/min} \cdot \text{m}^3.$$

Ved beregningen af Tn-værdien må man desuden tage hensyn til henfaldet i løbet af opsamlings-tiden. Er Tn-indholdet i luften konstant, og luftgennemstrømningen ligeledes konstant, findes korrektionen at være

$$A = \frac{\lambda t}{1 - e^{-\lambda t}} \quad \text{hvor}$$

$\lambda$  er henfaldskonstanten for Tn-efterkommerne ( $\ln 2/10,6 = 0,066 \text{ h}^{-1}$ ) og  $t$  er opsamlingstiden i timer. Ved indsættelse af  $\lambda$  og  $t = 24$  findes

$$A = 2,0.$$

Dette tal kan også bestemmes ved en grafisk integrationsmetode. Tegnes en vandret linie, som repræsenterer den konstante opsamlingshastighed, på et logaritmisk kurveblad, og deles denne i et passende stort antal intervaller, kan man ved at indtegne linier med 10,6 h hældning fra disses midte ved at aflæse deres skæring med en lodret linie for enden af den vandrette og summere disse aflæsninger, beregne konstanten A. Man finder også ved denne metode  $A = 2,0$ .

Ønsker man at bestemme A ved varierende opsamlingshastighed, vil en direkte integration være besværlig. Med den grafiske metode skal man blot i stedet for den omtalte vandrette linie indlægge en kurve svarende til den formodede ændring i opsamlingshastigheden. Tænker man sig f. eks. denne lineært faldende til den halve værdi i løbet af et døgn, finder man således  $A = 2,3$ .

Idet den praktiske variation af opsamlingshastigheden svinger mellem disse yderpunkter, vil en værdi for A på 2,15 formentlig være passende.

Ved beregning af Tn-indholdet fås altså:

$$b = 2,8 \times 2,15 \times \frac{n}{V} \text{ d/min} \cdot \text{m}^3.$$

Usikkerheden på disse bestemmelser er ret stor. Opsamlingseffektiviteten kendes ikke med nogen sikkerhed; ved de målinger, der er foretaget af den,

se app. 6.3.E, har man fået en spredning på 10 %, hvortil endvidere må bemærkes, at målingerne er foretaget ud fra forudsætninger, der sandsynligvis langt fra er rigtige. Variationen i opsamlingshastigheden kan som vist give et bidrag til usikkerheden på ca. 10 %, og det samme kan i uheldige tilfælde selve den grafiske analyse af tællingerne. Usikkerheden på hele målingen er derfor af størrelsesorden 20 %. For Tn-efterkommerne kommer hertil, at den angivne middelværdi på grund af henfaldet får sine største bidrag fra den sidste del af døgnet.

6.3.3.3 Resultatet af disse målinger har en betydning, dels som grundlag for en statistik over svingningerne i luftens aktivitet, dels til sammenligning med, hvad man måler andre steder. Senere vil man også have en mulighed for at opdage en eventuel kontaminering af luften fra lokale kilder.

Da svingningerne fra dag til dag er meget store, får man et bedre billede af forholdene ved at danne ugegennemsnit. Disse tal benyttes til sammenligning med de tidligere omtalte LS-prøver (se 6.3.2.3).

6.3.4 Måling af henfald af fissionsprodukter fra luften.

6.3.4.1 Til måling af henfald på den del af aktiviteten, der bliver tilbage, efter at Rn- og Tn-efterkommerne er forsvundet, og som indtil videre kun kan være fissionsprodukter fra atom- og brintbombeforsøg, anvendes i begyndelsen enkelte af de stærkeste daglige luftprøver på filtre, samt LS-prøverne, se 6.3.2.3. Førstnævnte havde i almindelighed en tællehastighed på ca. 20 c/min, de sidste 50 - 100 c/min. Skulle disse prøver tælles med en usikkerhed på 1 %, hvilket er ønskeligt for at få en nogenlunde jævn kurve, ville man få tælle-tider på flere timer for hver prøve. Da man har mindst 2 prøver af denne art per uge, og hver af disse tælles mindst 5 gange i løbet af 2-3 måneder, var det med vor begrænsede tællekapacitet ikke muligt at tælle længere end 1 time per gang med deraf følgende ringere resultat. I februar 1957 indførtes den forbedring, at alle filtrene fra en uge blev forasket og samlet til en enkelt prøve, hvorved man fik 100 - 150 c/min at måle henfald på. Denne metode benyttes også efter starten af den nye støvopsamler, idet de daglige prøver overføres til en enkelt prøveskål efter afslutningen af de daglige målinger; herved opnås ca. 1000 - 1500 c/min. Ved tælling herpå i en halv time, fås en tælleusikkerhed, der er af samme størrelsesorden som opstillingens reproducibilitet.

6.3.4.2 Idet blandede fissionsprodukter henfalder efter  $t^{-1,2}$  - loven, hvor  $t$  er tiden efter eksplosionen, kan man af en henfaldskurve med tilnærmelse bestemme den målte aktivitets alder. Imidlertid er luftens indhold af FP efterhånden så stort og stammer fra så mange forskellige eksplosioner, at billedet forvanskes. Kun ved en pludselig forøgelse af aktiviteten med meget friske fissionsprodukter vil man med held kunne tidsfæste disse. Målingerne har imidlertid interesse i forbindelse med planteproverne til sammenligning med deres henfald.

Kun undtagelsesvis vil mere end en prøve per uge blive undersøgt for henfald.

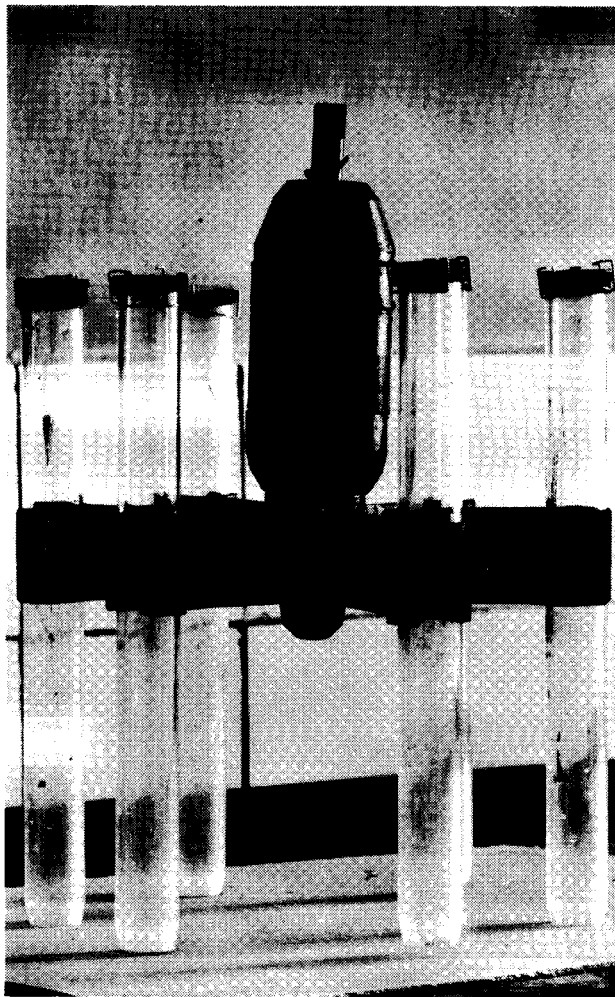
## 6.4 Måling af aktivitet i bundprøver

6.4.1 Ved bundprøver interesserer man sig natur-

ligt i første række for det øverste lag af bunden, idet det er afsat sidst. Man vil derfor ikke ved udtagning af prøverne kunne anvende den almindelige 0,1 m<sup>2</sup> van Veen bundhenter, men må anvende et instrument, som ikke forstyrrer lagdelingen i bunden under udtagningen. Til gengæld behøver prøven kun at være ganske lille.

Til dette formål har Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser ladet fremstille en mikrobundhenter, se fig. 6.4.1, som i udmærket grad opfylder ovennævnte krav. Den er en modificeret udgave af én af Krogh og Spärck for en snes år siden beskrevet bundhenter og består af 6 ca. 30 cm lange plexiglas-cylindre ca. 25 mm i diameter, monteret i en 6-armet lysekronelignende holder med blyvægte. Cylindrene er foroven forsynet med fjederbelastede ventiler med gummipakning, som tillader passage af vand opad, men ikke nedad. Cylindrene vil børe sig ned i bunden uden at forstyrre lagdelingen; under ophalingen lukker ventilerne, således at bundprøven følger med op. Desværre lader apparatet sig ikke anvende på sandbund.

Ved udtagning af laboratorieprøven anvendes kun de øverste ca. 20 mm af bundprøven i hver cylinder.



Figur 6.4.1

6.4.2 Bundprøver udtages i de samme punkter som havvandsprøver, idet disse punkters beliggenhed er



fastsat under hensyntagen til afsætningsforholdene i samråd med Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser.

Der tages en ugentlig prøve fra punkterne I og II skiftevis, samt en månedlig prøve fra de øvrige punkter, se figur 6.1.1.

6.4.3 Den naturlige aktivitet i bundprøver må forventes at være af nogenlunde samme størrelse som i jordprøver, og vi har ligesom ved disse valgt en prøvestørrelse på 3,0 g. Aktiviteten vil således formentlig ligge omkring 40 c/min·3 g i gennemsnit. Bidraget fra FP er formodentlig forsvindende, sammenlignet hermed.

6.4.4 Behandlingen af prøverne er også ganske som ved jordprøver. Efter afdrykning på et stykke filterpapir i en tragt tørres prøven ved 110°C, hvorefter den foraskes og sigtes, se app. 6.4.A.

6.4.5 Prøven tælles i ca. 1 time, hvilket giver en tælleusikkerhed på ca. 1 c/min. Resultatet angives i c/min·3 g prøve.

6.4.6 Der har ikke været foretaget nogen reproduktibilitetsbestemmelse på bundprøver, bl.a. fordi bundhenteren som oftest kun giver tilstrækkeligt materiale til en prøve. Det må anses for rimeligt at anvende den ved jordprøver fundne middelfejl på 7 % for en enkeltmåling.

#### 6.5 Måling af aktivitet i fisk

6.5.1 Da mere end 90 % af fiskefangsten i Roskilde fjord er ål, (jfr. skrivelse herfra af 3/10 1956) - se app. 6.5.A, er kun denne fisk undersøgt. Ålene fanges som regel med ålejern og flås med det samme, idet hoved og indvolde tillige fjernes

6.5.2 Der er ikke lagt noget fast program for undersøgelsen af ål. Der tages en prøve fra fjorden i ny og næ, når tiden tillader det. Det er hensigten at måle aktiviteten, såvel i kødet som i benene. Aktiviteten i benene er imidlertid så ringe, at det ikke har været muligt at måle den med det eksisterende apparatur, hvorfor kun kødet vil blive nærmere omtalt.

Prøvestørrelsen er valgt til 5 g for kød; for benenes vedkommende vil den vanskeligt kunne gøres større end ca. 2 g, da de almindelige ål ikke indeholder væsentlig mere.

6.5.3 Den naturlige aktivitet i kødet hidrører næsten udelukkende fra K. Kaliumindholdet er bestemt i to prøver ved analyse med Na-dipicrylaminat til ca. 2,5 o/oo, svarende til 11,4 c/min·5 g. Bidraget fra de øvrige naturligt forekommende radioaktive grundstoffer er antagelig mindre end 0,05 c/min·5 g.

Eventuel fall-out aktivitet må hidrøre fra havvandet. Såfremt vi forudsætter en koncentreringsfaktor på 10, vil der i ålen opbygges en FP-koncentration (se 6.1.3.4) på ca. 100 pC/kg, hvad der vil give ca. 0,5 c/min·5 g kød. Denne aktivitet vil således unddrage sig påvisning.

Den forventede aktivitet i ålekød bliver herefter ca. 12 c/min·5 g.

6.5.4.1 Det er indlysende, at det vil være nødvendigt at foraske prøven inden tællingen, da selvabsorptionen ellers ville umuliggøre målingen.

Foraskning af kød er imidlertid en vanskelig opgave, idet man ofte får et sort til brunt tyktflydende fluidum, hvad enten man anvender våd eller tør foraskning.

I litteraturen anføres en del, fortrinsvis våde metoder, der bygger på forskellige kombinati-

oner af konc. HNO<sub>3</sub>, konc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 30 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, konc. HClO<sub>4</sub>, kombineret med inddampning eller glødning af den færdige prøve. En del af disse metoder er gennemprøvet, men ingen af dem fandtes velegnet, idet der ikke kunne fremstilles en veldefineret uorganisk aske.

Ved den her anvendte metode fås som regel uden vanskelighed en næsten hvid aske af veldefineret sammensætning. Metoden bygger på en kombineret oxydation og dehydratation af prøven, efterfulgt af en foraskning.

Den tørrede prøve opløses i konc. HNO<sub>3</sub>, som derefter afdampes under en infralampe. Prøven forkules fuldstændigt med en ringe mængde konc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, som afdampes over en argandlampe. Sluttelig foraskes prøven i en muffelovn ved 550°C, se app. 6.5.B.

Askeindholdet, bestemt ved denne metode er ca. 1 %.

6.5.4.2 Ved tilberedning af prøver af åleben indskrænker behandlingen sig til en glødning ved 550°C, hvorved alt organisk stof bortbrændes. Prøven lader sig nu støde i en morter og er herefter i en bekvem form til fremstilling af tælleprøven. Tabet ved glødningen er godt 50 %. Se app. 6.5.C.

Som nævnt har det ikke været muligt at måle aktiviteten i åleben; en prøve på 2 g giver mindre end 2 c/min.

6.5.5 Kødprøverne tælles i 1 til 1,5 time, hvorved der opnås en tælleusikkerhed på mindre end 1 c/min. Resultatet angives i c/min·5 g kød.

6.5.6 Metodens reproduktibilitet fremgår af følgende dobbeltmålinger:

TABEL 6.5.1

a	c/min·5 g	12,4±0,7	11,9±0,7	17,8±1,0
b	c/min·5 g	12,4±0,6	11,4±0,7	16,0±1,0
a	c/min·5 g	10,8±0,7	12,0±0,9	
b	c/min·5 g	10,5±0,7	9,8±0,9	

Middelfejlen på en enkeltmåling er 8,3 %, medens den gennemsnitlige tælleusikkerhed er 6,5 %. Usikkerheden fra prøvetilberedningen er således af størrelsesordenen 5 %.

#### 6.6 Måling af aktivitet i planter

6.6.1 Til vore undersøgelser har vi valgt at koncentrere os om græs og mælkebøtter, idet disse kan findes overalt og næsten hele året.

Prøverne udtages med passende mellemrum i de samme punkter som jordprøverne. Der tages enten mælkebøtteblade eller græsstrå. Om vinteren må prøverne indskrænkes til græsprøver, da mælkebøtter ikke findes i den kolde årstid.

6.6.2 Det er foreløbig tanken at lade udtagningen af planteprøver følge programmet for jordprøverne, se 6.2.2. Det er dog tvivlsomt, om det i længden vil være rimeligt med så omfattende et program.

6.6.3.1 I modsætning til de fleste andre naturligt forekommende materialer hidrører størstedelen af aktiviteten i planter fra den kunstige radioaktivitet, der tilføres som fall-out. Naturligvis bidrager også de naturligt forekommende radioaktive grundstoffer til aktiviteten, herunder navnlig K-40.

K-indholdet i planter er meget varierende, både fra art til art og fra årstid til årstid; den naturlige aktivitet vil derfor variere fra prøve til prøve. Ud fra en K-bestemmelse lader det sig dog gøre, for en foreliggende prøve at udregne den naturlige radioaktivitet, således at man ved at subtrahere den fra totalaktiviteten kan få et indtryk af FP-aktiviteten.

FP-aktiviteten i planter hidrører dels fra FP optaget fra jorden, dels fra FP optaget fra luften ved op sugning gennem bladene af aktivitet fra støv, som af vind eller regn deponeres på bladoverfladen. Det sidste bidrag er langt større end det første, og der er ikke nogen relation mellem indholdet af FP i jorden og i de planter, der gror i den, se 8.2.4.

Det kan nævnes i forbindelse hermed, at man <sup>x</sup> har anbragt et platinnet lidt over jordoverfladen vinkelret på vindretningen og opsamlet støv herpå i 2 uger. Sammenlignet med fall-out bestemmelser med gummed-paper metoden for den samme periode gav platinnet 20 x så meget for samme areal.

Med hensyn til FP-aktivitetens fordeling i planterne indeholder bladene altid mest, medens frø og rødder indeholder væsentlig mindre. Den eneste isotop, der kan fremskynde nogen fare, er Sr-90, hvoraf der - fra blandede FP - optages ca. 10 x mere end af de næstfarligste (Ru-106 og Cs-137) <sup>xx</sup>. Alle andre isotoper er i denne sammenhæng negligable.

6.6.3.2 Den naturlige radioaktivitet i plante- aske hidrørende fra dens kemiske sammensætning, skyldes foruden K spor af Rb, U, Th og Ra i følgende omtrentlige maximale mængder. <sup>xxx</sup>

TABEL 6.6.1

grundstof	koncentration		µg/100 mg
U	1	ppm	0,1
Th	2	ppm	0,2
Rb	4	ppm	0,4
Ra	10 <sup>±7</sup>	ppm	10 <sup>±8</sup>

Det forventede bidrag til tællingerne fra alle de ovennævnte stoffer er mindre end 0,2 c/min.100 mg aske.

Bidraget fra K-indholdet udgør 0,9 c/min per % K i asken, bestemt ved tælling af 100 mg KCl, der gav 47,9<sub>±0,3</sub> c/min.

Kaliumindholdet i asken bestemmes ved fældning i basisk vædske med 0,1 n Na-dipicrylaminat (dipicrylamin = s-hexanitro-difenyamin) og vejning af det udfældede K-salt. <sup>xxxx</sup> Se endvidere app. 6.6.A. Herved findes i græsaske 20-25 % K og i mælkebøtteaske 25-30 % K, svarende til omkring nogle og tyve c/min.100 mg. Bidraget fra ovennævnte sporstoffer er altså ganske forsvindende, og den naturlige aktivitet kan beregnes alene ud fra en K-bestemmelse.

<sup>x</sup> E.A. Martell; Proj. Sunshine Bull. no. 10, suppl 2 1/6 1955.

<sup>xx</sup> J.W. Neel et al., Univ. of Calif. School of Medecine UCLA-247.

<sup>xxx</sup> Carl Wehmer "Die Pflanzenstoffe", Jena 1935.

<sup>xxxx</sup> C. Olsen, Comp. Rend. Lab. Carlsberg 24 no. 4-5 p. 73.

Bidraget fra FP-aktiviteten er ofte 4-5 gange så stort som den naturlige aktivitet.

6.6.4 Den indsamlede planteprøve befries inden den egentlige oparbejdning for vedhængende jord og støv under rindende vand. Den renses for fremmede plantedele og grovtørres ved ca. 110°C, hvorefter den findeles med en kværn. Den foraskes ved lav temperatur og efterglødes ved 500-550°C i en kvartsdigel, se app. 6.6.B.

6.6.5.1 Til tællingerne afvejes ca. 100 mg aske i de almindelige aluminiumtælleskåle. Resultatet korrigeres til c/min.100 mg aske, idet der ikke tages hensyn til selvabsorption; tykkelsen er kun ca. 10 mg/cm<sup>2</sup>.

Prøverne tælles som regel kun ca. en halv time, hvilket giver en usikkerhed på ca. 2 c/min. Som venteligt aftager aktiviteten med tiden, hvorfor vi ofte måler en prøve adskillige gange over en længere periode. De i tabellerne angivne resultater er målt ca. 1 døgn efter indsamlingen.

Grunden til, at vi har valgt at angive aktiviteten per mg aske og ikke per mg plante, er, at en plantes vægt er meget afhængig af forholdene (temperatur, luftfugtighed etc.). Vægten af plantemateriale lader sig kun reproducere ved en veldefineret tørring under bestemte betingelser, hvilket er meget besværligt og tidsrøvende. Det tørrede plantemateriale er nemlig stærkt hygroskopisk, hvilket ikke gælder asken, hvis afvejning ikke volder problemer.

6.6.5.2 For at kunne sammenligne vore resultater med andres angivelser, har vi foretaget et par bestemmelser af askeindholdet i tørret mælkebøtte- og græs-materiale med den anvendte foraskningsmetode, se app. 6.6.C.

TABEL 6.6.2

Mælkebøtte	15,2 % (nov. 1956)
Græs	12,3 % (nov. 1956)
	11,3 % (jan. 1957)

6.6.6.1 Reproducibiliteten af prøvetilberedningen bestemmes som sædvanlig ved tilberedning af dobbeltprøver. Sagen er dog ikke så enkel, som man skulle tro, idet der af og til optræder bemærkelsesværdige inhomogeniteter i prøven. Vi har således ved mekanisk neddeling af en græsaskeprøve på 100 mg, der gav 139 c/min, fået isoleret 3 fraktioner (repræsenterende omtrent hele prøvens vægt tilsammen) med følgende aktiviteter.

66,0 c/min.100 mg
68,4 c/min.100 mg
66,0 c/min.100 mg

samt en prøve på mindre end 1 mg, der gav 45,2<sub>±1,6</sub> c/min svarende til en aktivitet på adskillige tusinde c/min.100 mg.

Disse heterogeniteter vil naturligvis i høj grad forvrænge bedømmelsen af metodens reproducibilitet. Det er derfor nødvendigt i nogen grad at sortere dobbeltprøverne.

6.6.6.2 Der er foretaget følgende dobbeltbestemmelser på græs:

TABEL 6.6.3

a	c/min·100 mg	83,6±2,1	65,3±1,8	57,3±1,7
b	c/min·100 mg	79,8±2,1	65,5±1,9	51,5±1,6
a	c/min·100 mg	51,5±1,6	61,6±1,8	51,9±1,6
b	c/min·100 mg	53,6±1,6	53,4±1,6	49,5±1,6
a	c/min·100 mg	58,6±1,6	47,7±1,6	60,0±1,7
b	c/min·100 mg	57,6±1,6	50,5±1,6	58,0±1,7
a	c/min·100 mg	65,2±1,9	64,9±1,8	60,7±1,8
b	c/min·100 mg	72,7±2,0	60,7±1,8	61,7±1,7
a	c/min·100 mg	61,7±1,7 <sup>x</sup>	64,3±0,9	62,5±1,8
b	c/min·100 mg	102,6±2,5	64,6±1,8	68,8±1,8
a	c/min·100 mg	85,1±2,0	125±1 <sup>x</sup>	99,0±0,7
b	c/min·100 mg	76,0±0,9	73,7±1,9	84,6±2,0
a	c/min·100 mg	71,3±0,6	72,7±0,5 <sup>x</sup>	62,6±1,8
b	c/min·100 mg	80,0±2,0	139±1,4	59,7±1,8

Af ovennævnte grunde ses bort fra de med x mærkede dobbeltprøver ved bedømmelsen af metodens reproducibilitet. Middelfejlen på en enkeltmåling, beregnet ud fra de 18 dobbeltprøver, bliver 6,0 %, og den gennemsnitlige tælleusikkerhed er ca. 2,7 %. Metodens reproducibilitet er således omkring 5 % relativ for græs. Det er dog sandsynligt, at denne usikkerhed inkluderer bidraget fra mindre heterogeniteter i materialet.

6.6.6.3 Der er foretaget følgende dobbeltbestemmelser på mælkebøtter:

TABEL 6.6.4

a	c/min·100 mg	83,6±2,1	65,3±1,8	66,7±2
b	c/min·100 mg	79,8±2,1	65,5±1,8	70,2±2
a	c/min·100 mg	73,5±2	90,3±2	
b	c/min·100 mg	71,0±2	90,7±2	

Middelfejlen på en enkeltmåling bliver 2,8 %, medens den gennemsnitlige tælleusikkerhed er 2,7 %. Reproducibiliteten synes således for mælkebøtters vedkommende at være betydelig bedre, end tilfældet er for græs.

## 6.7 Måling af aktivitet i ferskvand

6.7.1 Til ferskvand henregnes i denne forbindelse alt vand med væsentlig lavere tørstofindhold end havvand, dog undtaget regnvand.

Prøverne udtages fra brønd, boring eller ledning i store polyethylenflasker med skruelåg efter reglerne i DS 201.

6.7.2 Der tages prøver i ny og næ af

Drikkevand  
Grundvand  
Overfladevand

fortrinsvis fra Risøområdet.

6.7.3 Den naturlige aktivitet i ovennævnte prøver hidrører fra de i tabel 6.7.1 anførte grundstoffer.

Disse angivelser er af indlysende grunde overordentlig omtrentlige og skal kun tjene til at illustrere den forventede fordeling af aktiviteten.

Det bemærkes især, at det ved disse prøver ikke er muligt at udregne den naturlige aktivitet ud fra en K-bestemmelse.

TABEL 6.7.1

Grundstof	Koncentration	μ g/l	c/min·l
U <sup>x</sup>	~ 0,003 ppm	3	~ 1
Th <sup>xxx</sup>	~ 0,005 ppm	5	~ 1
Ra <sup>xx</sup>	~ 10 <sup>+9</sup> ppm	10 <sup>+6</sup>	~ 5
K	~ 5 ppm	5000	~ 5

x Am.J. Sci. 253, 104 (1955).

xx S.K. Love, Ind. Eng. Chem. 7, 1541 (1951).

xxx J. Sedlet, ANL-5446 (1955) p. 18.

Prøverne vil næppe indeholde nogen påviselig FP-aktivitet, da denne i høj grad vil absorberes ved vandets passage gennem jorden.

6.7.4 Prøvetilberedningen inkluderer ligesom ved havvandsprøver en bestemmelse af tørstofindholdet, da det her er af interesse at kunne udtrykke aktiviteten såvel per gram tørstof som per liter vand.

Da ferskvand ofte indeholder en del suspenderede stoffer, hvis aktivitet ikke er prøvens aktivitet uvedkommende, for så vidt som de er i stand til at holde sig svævende i tilstrækkelig lang tid, har vi valgt ikke at filtrere prøven inden behandlingen. Derimod anses grove suspenderede partikler, f. eks. sandkorn for at være uvedkommende forureninger, som derfor bør fjernes, specielt fordi de vil gøre tørstofbestemmelsen værdiløs.

For at opnå denne adskillelse henstår den udtagne prøve til sedimentering i ca. 5 minutter, hvorefter laboratorieprøven udtages med en hævert.

Det er ved ferskvand ikke praktisk at kombinere tørstofbestemmelse og prøvefremstilling. Det er nemlig ved prøvefremstillingen nødvendigt at behandle mindst een liter vand, hvorimod man ved tørstofbestemmelsen nødtigt anvender over 200 ml.

Tørstofbestemmelsen udføres derfor for sig efter DS 255.

Ved fremstilling af tælleprøven inddampes ca. 1,5 liter vand. Af tidsmæssige grunde er her fra vejet reglen om, at inddampning bør ske uden kogning. Når prøven ved kogning er inddampet til ca. 100 ml, fjernes resten af vandet uden kogning ved hjælp af en kvartsstrålevarmer (1000 W). Se app. 6.7.A.

Ved indkogningen anvendes en emaillet gryde, som næppe vil interferere med aktivitetsbestemmelsen. For en sikkerheds skyld foretoges dog en inddampning efter den angivne metode af 4 liter destilleret vand. Tælling på remanensen (24 mg) gav 1,7±0,5 c/min. Selv om det antages, at hele denne aktivitet hidrører fra emailen, vil bidraget være uden betydning.

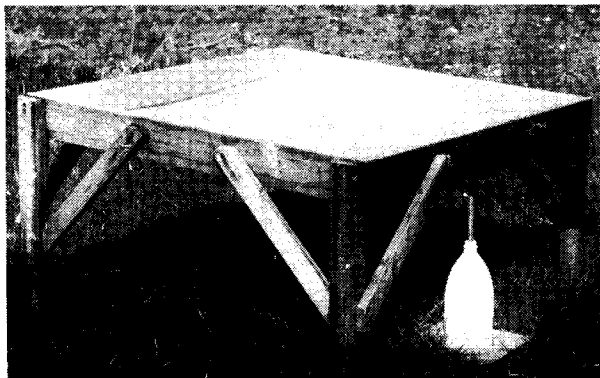
6.7.5 Prøven tælles normalt i 1,5-2 timer, hvilket giver en tælleusikkerhed på omkring 0,5 c/min.

Ved hjælp af tørstofbestemmelsen og vægten af prøven omregnes resultatet til c/min·l (og eventuelt tillige til c/min·g tørstof). Der tages ved disse omregninger ikke hensyn til selvabsorption, hvilket er nogenlunde tilladeligt, da prøven som regel er relativt tynd - ca. 50 mg/cm<sup>2</sup> - og den i øvrigt som regel har omtrent samme størrelse som den i 1 liter indeholdte mængde.

6.7.6 Der er ikke foretaget nogen egentlig bestemmelse af reproducibiliteten af metoden (dobbeltpøver), men da variationen af aktiviteten i vandprøver fra lodsens hus fra dag til dag er ringe, må man antage, at reproducibiliteten er af omtrent samme størrelse som tællenøjagtigheden, eller måske endda lidt bedre.

## 6.8 Måling af aktivitet i regnvand

6.8.1 Regnvand opsamles med en zinkbeklædt regnvandsopsamler på 1 m<sup>2</sup>, hvorfra vandet gennem et afløb løber ned i en 2 l polyethylenflaske, se figur 6.8.1. En nedbør på 1 mm vil således give 1 liter, hvorved man altid kan få den til en prøve nødvendige mængde vand på 100 ml, selv efter et beskedent regnfald.



Figur 6.8.1

6.8.2 Prøver af regnvand har siden september 1956 været opsamlet i haven ved Lodsens hus så vidt muligt en gang daglig. Samtidig aflæses nedbøren i mm med en regnmåler af almindelig type (Lambrecht).

Da regnvandets aktivitet må formodes i hovedsagen at stamme fra de højere luftlag, skulle der ikke være nogen grund til at foretage yderligere indsamling andre steder i nærheden af Risø.

6.8.3 Aktiviteten af regnvandsprøverne ligger på 10 - 100 c/min per 100 ml og skyldes praktisk taget udelukkende fissionsprodukter fra atombombeforsøg. Den naturlige aktivitet i luften genfindes ikke i nogen større udstrækning i regnvandet; al radon-aktivitet vil være uddøet, inden prøven når frem til tælling, og det samme gælder størstedelen af en eventuel thoron-aktivitet. Prøven bør dog først tælles dagen efter indsamlingen.

6.8.4 For at kunne måle den tilstedeværende aktivitet er det nødvendigt at koncentrere prøven. Dette sker mest hensigtsmæssigt ved inddampning. Denne inddampning kan drives mere eller mindre vidt, således at forstå, at man enten nøjes med at koncentrere den tilstrækkeligt til, at man kan måle den i en liquid counter, eller man tørrer den fuldstændigt og måler den i den almindelige tælleropstilling.

Da en regnvandsprøve som oftest indeholder en del faste støvpartikler, som kun vanskeligt kan

holdes opslemmet under tællingen, og da den tid, der kan spares ved at nøjes med en koncentreret af prøven, er ret beskedent, må den fuldstændige afdampning af vandet anses for den mest velegnede metode til forbehandling. Samtidig opnås det, at det på langt simplere måde er muligt at foretage henfaldsmålinger med nogen tids mellemrum på prøven.

Prøven bør ikke filtreres, idet filteret vil tilbageholde en væsentlig del af aktiviteten (40 %), tværtimod må man ved kraftig rystning sikre sig, at de faste partikler er jævnt fordelt i vædsken, inden analyseprøven udtages (100 ml).

Inddampningen sker lempeligst uden kogning, f.eks. på vandbad. Her anvendes en rundbundet nikelskål på vandbad under samtidig medvirken af en 250 W infralampe. De 100 ml kan på denne måde afdampes i løbet af 1,5 time.

Overføringen til aluminiumtælleskålen sker med destilleret vand som overføringsmedium.<sup>x</sup> Slutte- lig tørres prøven med en infralampe. Ved denne metode fås som regel uden vanskelighed en jævn, tynd belægning i tælleskålen. Se iøvrigt app. 6.8.A.

6.8.5 Tællingen af disse prøver behøver ikke at ske med nogen særlig god nøjagtighed, dels er de daglige svingninger meget store, dels er reproducibiliteten ikke videre god. Der tælles derfor kun en halv time på prøven.

Såfremt man imidlertid ønsker at følge henfaldet af disse prøver, vil en betydeligt forøget tælletid være nødvendig. Desuden vil det da kunne betale sig til dette formål at tilberede prøven af en noget større vandmængde.

Resultatet af tællingen angives som specifik aktivitet i d/min·l, idet geometrifaktoren antages at være 0,50 for Anton-tælleren, hvori prøverne tælles. Endvidere udregnes den totalt nedfaldne aktivitet i d/min·m<sup>2</sup> ved multiplikation med nedbøren i mm.

6.8.6 Reproducibiliteten er undersøgt ved nogle dobbeltbestemmelser:

TABEL 6.8.1

a c/min·100 ml	185 <sub>+6</sub>	102 <sub>+2</sub>	100 <sub>+2</sub>	70 <sub>+2</sub>	43 <sub>+2</sub>	23 <sub>+1</sub>
b c/min·100 ml	125 <sub>+5</sub>	101 <sub>+1</sub>	76 <sub>+2</sub>	63 <sub>+3</sub>	51 <sub>+2</sub>	24 <sub>+1</sub>

Dette giver en middelfejl på ca. 10 %, hvilket må anses for tilstrækkeligt til formålet. Forskellene er størst ved de stærkere prøver, formentlig fordi den store aktivitet som regel er bundet til de faste partikler.

## 6.9 Måling af aktivitet i mælk

6.9.1 Af mælk undersøges (foreløbig) kun sødmælk, da det er den form for mælk, som i videst udstrækning anvendes som menneskeføde. Prøverne tages direkte fra flaskerne, som de leveres ud til forbrugerne.

6.9.2 Vi har udelukkende analyseret mælk fra det nærmeste mejeri, mejeriet Brokilde i St. Valby. Der har ikke været noget bestemt program for prøverne; der er blevet taget en prøve i ny og næ, når tiden har tilladt det.

6.9.3 Til måling af mælkenes aktivitet har vi valgt en prøvestørrelse på 25 ml.

<sup>x</sup> C.G. Bell, USAEC NYO-4654, Jan. 1955.

Den naturlige aktivitet skyldes praktisk taget udelukkende kalium. Kaliumindholdet i mælk er i gennemsnit 1,55 g/l, men kan let variere 10 %.

TABEL 6.9.1

grundstof	koncentration	mg/25 ml	c/min·25 ml
K	1550 ppm	38,8	35,5
Rb <sup>x</sup>	4,5 ppm	0,1	0,15
Ra <sup>xx</sup>	$0,3 \cdot 10^{-9}$ ppm	$\sim 10^{-11}$	0,05

Det har ikke været muligt at finde nogen angivelse af U og Th-indholdet, men det ligger for begges vedkommende i hvert fald næppe højere end 0,01 mg/l, svarende til mindre end 0,1 c/min·25 ml.

Bidraget til aktiviteten fra fall-out er vanskeligt at skønne over, idet der ikke er nogen mulighed for direkte forurening. Libby <sup>xxx</sup> har i mælk fra Chicago (1955) fundet  $8 \times 10^{-6}$   $\mu$ C Sr-90/l. Hvis vi forudsætter forholdet Total FP-aktivitet/Sr-90 aktivitet = 30 (hvilket sandsynligvis er

højt sat) svarer det til ca.  $2,4 \times 10^{-4}$   $\mu$ C/l eller 6 pC/25 ml  $\sim$  7 c/min.

Den forventede aktivitet af en 25 ml mælkeprøve er således 30-40 c/min plus fissionsproduktaktivitet.

6.9.4 Tælleprøven fremstilles ved inddampning på vandbad og påfølgende foraskning. Under inddampningen tilsættes en smule eddikesyre for at undgå hindedannelse, der hæmmer fordampningen. Fremgangsmåden følger iøvrigt nøje den af Ministeriet for Landbrug og Fiskeri fastsatte metode til bestemmelse af askeindholdet i mælk. <sup>x</sup> Dog bruges en kvartsskål i stedet for en porcelænsdigel (jfr. 4.2.3). Askeindholdet i mælk er omkring 0,7 %. Se iøvrigt app. 6.9.A.

6.9.5 Prøven tælles sædvanligvis i 1 time, hvorved der opnås en tælleusikkerhed på ca. 1 c/min. Resultatet angives i c/min·25 ml.

6.9.6 Der er ikke foretaget nogen undersøgelse af metodens reproducibilitet, men de forskellige prøver viser ret ringe spredning. Reproducibiliteten er antagelig af omtrent samme størrelse som tælleusikkerheden.

x G. Bertrand og D. Bertrand, Ann. Inst. Pasteur 72, 805 (1946).

xx P.D. Shandley, Univ. Rochester Atomic Energy Program UR-164, p. 34 (1951).

xxx W.F. Libby, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S. 42, (6) 370 (1956).

x Arbejdsmetoder for kemiske undersøgelser, Ministeriet for Landbrug og Fiskeri, 1941.

## MÅLERESULTATER

7 I de følgende tabeller er anført alle de i tiden indtil 1/4 1957 foretagne aktivitetsbestemmelser. Alle målinger er korrigeret til en tellereffektivitet, svarende til 636 c/min for K-standardkilden (se 5.6.2).

Målingerne er ordnet efter art i samme rækkefølge som i foregående kapitel. Den totale usikkerhed på aktivitetsbestemmelser for det pågældende materiale er anført først i de forskellige grupper.

Alle prøver opbevares indtil videre, såfremt de ikke anvendes til analyser (for kalium). Prøverne mærkes efter følgende principper:

Først angives prøvens art efter følgende bogstavkode

A	Åleprøver	AB	Åleben	AK	Ålekød
B	Bundprøver				
F	Ferskvandsprøver				
H	Havvandsprøver				
J	Jordprøver				
L	Luftprøver	LF	Støv fra filter		
		LS	Støv fra aluminiumbånd		

M Mælkeprøver

P Plantep prøver

R Regnvandsprøver

PG Græsprøver

PM Mælkebøtteprøver

Dernæst anføres en stedsbetegnelse, idet zone-nummeret og punktet angives med romertal og arabiske tal henholdsvis (se tabel 6.2.3). For havvandsprøver og bundprøver anføres kun punktet (romertal).

Sluttelig angives tidspunktet for indsamlingen af prøven som 4 cifre, idet de to første angiver dato og de to sidste måned. Årstal angives ikke. En afvigelse herfra frembyder dog LS prøver og de ugentlige LF-prøver, der repræsenterer en uges støvopsamling; her betyder de to sidste cifre ugens nummer, de to første årstallet (århundrede angives ikke).

Såfremt to eller flere prøver skulle have samme mærkning (dobbeltprøver, neddeling), skelnes de fra hinanden ved tilføjelse af et af de store bogstaver i alfabetet, begyndende med A.

En prøves mærkning kan f. eks. se således ud

PG-I-2-0603 C

hvilket betyder, at det drejer sig om en prøve af græsaske, som er indsamlet på græsplænen foran Lodsens hus den 6/3 1957. Der er fremstillet mindst 3 prøver af samme slags.

### 7.1 Havvandsprøver

Den totale usikkerhed på aktivitetsbestemmelser i havvand er ca. 6 % (6.1.6).

Punkt I

TABEL 7.1.1

Dato	Tørstof g/l	c/min·2,5 g
1/10	14,15	13,6
2/10	14,17	14,0
3/10	14,81	14,0
5/10	13,96	13,6
8/10	14,05	13,4
10/10	13,61	13,5
12/10	13,75	13,7
15/10	14,10	11,7
17/10	14,18	11,7
19/10	14,15	11,8
22/10	14,08	12,7
24/10	14,32	12,5
26/10	14,21	13,0
29/10	13,90	12,4

Middeltal 14,10 g/l 13,0 c/min·2,5 g  
Spredning 0,9 - -

Punkt II

TABEL 7.1.2

Dato	Tørstof g/l	c/min·2,5 g
4/10	17,76	14,3
6/10	13,79	13,6
9/10	13,73	12,7
11/10	13,89	13,1
13/10	14,00	13,6
16/10	13,71	12,8
18/10	14,51	12,0
20/10	13,95	12,1
23/10	13,85	11,0
25/10	14,45	13,2
27/10	13,79	12,1
30/10	13,78	14,7

Middeltal 13,93 g/l 12,9 c/min·2,5 g  
Spredning 1,0 - -

Punkt I

TABEL 7.1.3

Dato	Tørstof g/l	c/min·2,5 g
2/11	13,77	12,1
6/11	13,64	13,4
8/11	14,10	13,5
10/11	13,88	13,1
13/11	14,08	13,6
15/11	13,94	12,3
17/11	14,10	11,9
20/11	14,10	12,7

Middeltal 13,95 g/l 12,6 c/min·2,5 g  
 Spredning 0,6 - -

Punkt II

TABEL 7.1.4

Dato	Tørstof g/l	c/min·2,5 g
3/11	14,03	13,3
7/11	13,98	13,5
9/11	14,00	12,7
12/11	13,93	13,4
14/11	14,02	13,8
16/11	13,94	12,4
19/11	13,98	13,6

Middeltal 13,98 g/l 13,0 c/min·2,5 g  
 Spredning 0,6 - -

Punkt I

TABEL 7.1.5

Dato	Tørstof g/l	c/min·2,5 g
6/12	14,27	15,4
11/12		16,0
13/12		15,6
15/12		16,0
18/12		14,1
20/12		17,0

Middeltal 15,7 c/min·2,5 g  
 Spredning 1,0 - -

Punkt II

TABEL 7.1.6

Dato	Tørstof g/l	c/min·2,5 g
4/12	14,09	13,5
8/12		17,2
12/12		15,6
14/12		14,5
17/12		13,2
19/12		13,6
21/12		15,1

Middeltal 14,7 c/min·2,5 g  
 Spredning 1,4 - -

Punkt I

TABEL 7.1.7

Dato	Tørstof g/l	c/min·2,5 g
2/1	14,18	13,0
4/1		13,4
8/1		13,5
12/1		13,7
15/1		14,2
17/1	14,03	14,1
19/1		14,8
22/1		14,0
24/1		13,0
26/1		14,2
29/1		13,2
31/1		12,6

Middeltal 13,6 c/min·2,5 g  
 Spredning 0,4 - -

Punkt II

TABEL 7.1.8

Dato	Tørstof g/l	c/min·2,5 g
3/1	13,95	13,1
5/1		13,0
11/1		13,4
14/1		13,5
16/1		13,9
18/1	13,56	13,3
21/1		13,1
23/1		13,5
25/1		13,3
28/1		13,5
30/1		13,7

Middeltal 13,4 c/min·2,5 g  
 Spredning 0,3 - -

Punkt I

TABEL 7.1.9

Dato	Tørstof g/l	c/min·2,5 g
2/2		11,4
5/2		13,0
7/2		13,4
9/2	14,34	13,0
12/2		13,2
14/2		14,6
16/2		13,3
19/2		12,9
21/2		14,0
23/2	13,37	12,5
26/2		13,8
28/2	13,66	12,3

Middeltal 13,1 c/min·2,5 g  
 Spredning 0,8 - -

Punkt II

TABEL 7.1.10

Dato	Tørstof g/l	c/min·2,5 g
1/2		12,5
4/2		13,9
6/2		14,7
8/2		13,6
11/2	13,93	14,0
13/2		14,3
15/2		12,6
18/2		13,9
20/2		14,0
22/2	13,64	12,6
25/2		13,0
27/2		14,4

Middeltal 13,6 c/min·2,5 g  
 Spredning 0,8 - -

Punkt I

TABEL 7.1.11

Dato	Tørstof g/l	c/min·2,5 g
2/3		12,3
5/3		13,3
7/3		11,9
9/3	13,37	12,8
12/3		13,2
14/3		13,1
16/3	13,84	13,4
19/3		13,8
21/3		13,9
23/3	13,11	14,1
26/3		14,4
28/3	13,77	13,6
30/3		12,9

Middeltal 13,3 c/min·2,5 g  
 Spredning 0,7 - -

Punkt II

TABEL 7.1.12

Dato	Tørstof g/l	c/min·2,5 g
1/3	13,75	12,8
4/3		12,6
6/3		11,7
8/3	13,61	15,3
11/3		14,6
13/3		14,6
15/3	14,10	11,9
18/3		13,1
20/3		14,4
22/3	13,47	14,0
25/3		14,3
27/3		12,8
29/3	13,75	13,0

Middeltal 13,5 c/min·2,5 g  
 Spredning 1,2 - -



Punkt III

TABEL 7.1.13

Dato	Tørstof g/l	c/min·2,5 g
16/10	17,12	13,3
22/10	18,14	12,7
30/10	17,62	12,5
6/11	18,60	11,9
12/11	17,32	12,4
19/11	18,74	11,6
4/12	18,77	20,1
10/12	18,48	13,4
17/12	18,54	12,8
1/1	19,41	12,5
14/1	19,68	12,9
21/1	18,62	12,5
29/1	18,73	13,2
4/2	18,70	11,9
11/2	18,88	13,1
18/2	18,35	12,0
25/2	17,86	13,0
4/3	19,77	13,0
11/3	17,80	15,8
18/3	20,29	13,0
25/3	17,06	12,9

Middeltal 18,50 g/l 13,2 c/min·2,5 g

Punkt IV

TABEL 7.1.14

Dato	Tørstof g/l	c/min·2,5 g
31/10	18,68	12,8
12/11	19,77	12,0
19/11	18,99	10,9
4/12	19,52	15,2
10/12	19,22	14,0
17/12	19,69	13,0
10/1	18,95	12,2
14/1	19,81	13,6
21/1	20,24	11,9
29/1	20,40	10,8
4/2	19,30	11,4
11/2	20,61	13,0
18/2	19,64	13,2
25/2	19,73	13,8
4/3	18,92	11,7
11/3	20,55	13,0
18/3	21,07	10,5
25/3	21,04	13,3

Middeltal 19,78 g/l 12,6 c/min·2,5 g

Punkt V

TABEL 7.1.15

Dato	Tørstof g/l	c/min·2,5 g
31/10	19,74	10,9
12/11	21,17	11,7
19/11	20,44	12,4
4/12	20,72	13,1
10/12	21,07	10,6
17/12	20,92	12,5
10/1	21,81	12,2
14/1	20,45	12,4
21/1	22,59	11,8
29/1	21,09	12,5
4/2	20,32	14,5
11/2	21,61	12,3
18/2	21,47	13,6
25/2	20,87	13,6
4/3	21,79	12,2
11/3	21,86	12,5
18/3	21,25	12,3
25/3	22,74	12,2

Middeltal 21,22 g/l 12,4 c/min·2,5 g

Punkt VI

TABEL 7.1.16

Dato	Tørstof g/l	c/min·2,5 g
31/10	20,61	13,6
12/11	22,68	11,7
19/11	20,07	12,2
4/12	20,90	14,4
10/12	22,29	14,5
17/12	21,86	12,9
10/1	18,14	12,3
14/1	20,87	12,7
21/1	23,91	11,4
29/1	21,61	11,9
4/2	23,44	12,5
11/2	23,15	12,9
18/2	21,92	13,5
25/2	20,80	16,1
4/3	21,52	12,4
11/3	23,42	13,7
18/3	21,77	14,3
25/3	22,56	13,2

Middeltal 21,75 g/l 13,1 c/min·2,5 g

Punkt VII

TABEL 7.1.17

Dato	Tørstof g/l	c/min·2,5 g
13/12	13,90	13,0
20/12	13,95	13,9
3/1	13,98	12,6
24/1	13,54	12,7
31/1	13,87	13,0
7/2	13,55	13,3
14/2	13,52	12,8
21/2	13,71	12,9
28/2	13,45	12,2
7/3	13,54	12,8
14/3	13,71	12,6
21/3	13,45	13,7
28/3	13,27	13,4

Middeltal 13,65 g/l 13,0 c/min·2,5 g

Punkt VIII

TABEL 7.1.18

Dato	Tørstof g/l	c/min·2,5 g
17/1	11,72	14,6
24/1	12,86	12,8
31/1	13,34	14,2
7/2	13,11	13,5
14/2	11,78	13,4
28/2	12,53	11,8
7/3	13,15	12,0
14/3	12,82	12,1
21/3	12,57	12,1
28/3	12,07	13,3

Middeltal 12,60 g/l 13,0 c/min·2,5 g

7.2 Jordprøver

Den totale usikkerhed på aktivitetsbestemmelser på jordprøver er ca. 7 % (6.2.6).

TABEL 7.2.1

Zone I punkt 2

Dato	c/min·3 g
27/10	28,8
3/11	29,2
10/11	32,4
17/11	26,5
24/11	24,8
1/12	21,4
8/12	27,1
15/12	24,2
21/12	23,5
5/1	23,3
12/1	25,2
19/1	24,7
26/1	25,5
2/2	24,6
8/2	25,6
15/2	22,2
23/2	28,0
1/3	25,8
8/3	25,8
15/3	27,0
22/3	33,7
29/3	26,6

Middeltal 26,2 c/min·3 g

Spredning 3,0 c/min·3 g

TABEL 7.2.2

Zone I punkt 2

Dato	c/min·3 g
24/10	30,5
25/10	27,7
26/10	28,2
27/10	28,8
29/10	31,2
30/10	26,9
31/10	24,4
1/11	33,0
2/11	31,6
3/11	29,2

Middeltal 29,1 c/min·3 g  
 Spredning 2,5 c/min·3 g

TABEL 7.2.3

Zone I punkt 2

Dato	c/min·3 g
25/1	20,0
26/1	25,4
28/1	25,8
29/1	30,1
30/1	25,5
31/1	24,9
1/2	23,2
2/2	24,5
4/2	25,4
5/2	26,9

Middeltal 25,2 c/min·3 g  
 Spredning 2,6 c/min·3 g

TABEL 7.2.4

Zone I punkt 2

17/11-56

Sted nr.	c/min·3 g
I	25,7
II	23,6
III	24,4
IV	27,1
V	26,8
VI	30,3
VII	26,9
VIII	25,6
IX	26,3
X	30,0

Middeltal 26,7 c/min·3 g  
 Spredning 2,1 c/min·3 g

TABEL 7.2.5

Zone I punkt 2

9/1-57

Sted nr.	c/min·3 g
I	24,4
II	24,8
III	22,2
IV	22,3
V	23,1
VI	27,7
VII	23,1
VIII	27,2
IX	24,5
X	23,2

Middeltal 24,3 c/min·3 g  
 Spredning 1,9 c/min·3 g

TABEL 7.2.6

Zone I punkt 2

19/1-57

Prøve nr.	c/min·3 g
A	23,9
B	24,0
C	24,5
D	24,8
E	22,3
F	25,8
G	26,1
H	26,0
I	25,6
K	23,7

Middeltal 24,7 c/min·3 g  
 Spredning 1,2 c/min·3 g

TABEL 7.2.7

Zone I

Pkt.	Koordin.	dato	c/min	dato	c/min	dato	c/min	dato	c/min	dato	c/min	dato	c/min	dato	c/min	dato	c/min	dato	c/min
1	1225V 90S	1/2	29,8	8/2	26,1	15/2	24,1	23/2	23,4	1/3	33,0	8/3	25,1	15/3	28,0	22/3	31,2	29/3	29,5
2	725V 25N	"	23,2	"	25,5	"	22,1	"	28,0	"	25,7	"	25,7	"	27,0	"	33,7	"	26,6
3	665V 360N	"	31,9	"	26,6	"	28,3	"	29,5	"	35,6	"	27,6	"	27,4	"	37,3	"	28,0
4	425V 20S	"	29,9	"	26,8	"	27,3	"	29,6	"	26,9	"	29,1	"	29,0	"	27,2	"	30,7
5	230V 280N	"	32,4	"	29,1	"	29,1	"	29,7	"	29,9	"	30,6	"	28,5	"	30,1	"	30,6

Middeltal for zone I (samtlige målinger)

28,6 c/min·3 g

Spredning

3,1 c/min·3 g

TABEL 7.2.8

Zone II

Pkt.	Koordinater	dato	c/min·3g	dato	c/min·3g
1	26L 8950/9150	6/2	30,3	8/3	32,4
2	26L 8700/8400	"	28,6	"	32,0
3	26L 8550/7700	"	32,3	7/3	34,0
4	26L 7400/7300	"	27,2	"	35,1

Middeltal for zone II (samtlige målinger)

31,5 c/min·3 g

TABEL 7.2.9

Zone III

Pkt.	Koordinater	dato	c/min·3g	dato	c/min·3g
1	26F 9150/0950	7/2	34,6	8/3	27,7
2	26M 0650/8900	"	34,4	"	30,1
3	26L 8200/6350	"	28,5	7/3	28,7
4	26L 5400/5350	"	30,6	"	30,0

Middeltal for zone III (samtlige målinger)

30,6 c/min·3 g

TABEL 7.2.10

Zone IV

Pkt.	Koordinater	dato	c/min·3g
1	26G 0700/2850	15/2	37,8
2	26G 2350/0600	15/2	37,0
3	26M 3950/7100	19/2	29,6
4	26M 0500/2200	19/2	33,3
5	26L 2900/1550	14/2	33,7
6	26L 1050/5650	14/2	26,3
7	25P 8750/9650	14/2	31,4
8	26F 4100/3000	21/2	24,2

Middeltal for zone IV

31,7 c/min·3 g

TABEL 7.2.11

Zone V

Pkt.	Koordinater	dato	c/min·3g
1	26A 8150/2700	15/2	31,6
2	26G 3800/6950	21/2	43,8
3	26H 1350/0750	19/2	31,4
4	26N 1750/7150	19/2	28,0
5	26M 4100/0350	19/2	34,1
6	26R 0000/4950	19/2	32,1
7	26Q 1450/5950	14/2	34,5
8	25P 8350/2850	14/2	28,5
9	25P 3450/5800	14/2	31,5
10	25K 6650/1700	14/2	35,5
11	25K 6750/9050	21/2	29,2
12	26A 2600/2300	21/2	28,3

Middeltal for zone V

32,4 c/min·3 g

## 7.3.1 Kortlivet aktivitet i luften

TABEL 7.3.1.1

Antal observationer af vindretning, vindstyrke og Rn-aktivitet med 3 timers interval i tiden fra 21/9-56 til 20/1-57.

Vindretning: NØ					
Vindstyrke	0-4	4-6	6-8	8-10	> 10 m/sek
> 700 c/min	0	0	0	0	0
600-700 -	0	0	0	0	0
500-600 -	0	0	0	0	0
400-500 -	1	0	0	0	0
300-400 -	2	0	0	0	0
250-300 -	6	0	0	0	0
200-250 -	2	0	0	0	0
150-200 -	5	1	0	0	0
100-150 -	16	5	2	0	0
75-100 -	0	2	0	0	0

Vindretning: SV					
Vindstyrke	0-4	4-6	6-8	8-10	> 10 m/sek
> 700 c/min	0	1	0	0	0
600-700 -	0	0	0	0	0
500-600 -	2	1	0	0	0
400-500 -	4	0	2	0	0
300-400 -	7	2	5	0	1
250-300 -	6	9	6	0	0
200-250 -	6	8	7	1	1
150-200 -	6	11	11	14	3
100-150 -	2	0	7	5	9
75-100 -	0	0	0	0	1

Vindretning: Ø					
Vindstyrke	0-4	4-6	6-8	8-10	> 10 m/sek
> 700 -	0	0	0	0	0
600-700 -	0	0	0	0	0
500-600 -	0	0	0	0	0
400-500 -	4	0	0	0	0
300-400 -	4	0	0	0	0
250-300 -	7	0	0	0	0
200-250 -	13	0	0	0	0
150-200 -	18	8	1	0	0
100-150 -	9	20	16	13	0
75-100 -	2	5	11	5	0

Vindretning: V					
Vindstyrke	0-4	4-6	6-8	8-10	> 10 m/sek
> 700 -	0	2	0	0	0
600-700 -	0	0	0	0	0
500-600 -	0	1	0	0	0
400-500 -	2	0	1	0	0
300-400 -	2	4	4	0	0
250-300 -	1	1	3	0	0
200-250 -	13	12	9	5	0
150-200 -	25	27	40	27	3
100-150 -	6	15	14	17	18
75-100 -	0	0	1	1	7

Vindretning: SØ					
Vindstyrke	0-4	4-6	6-8	8-10	> 10 m/sek
> 700 -	1	0	0	0	0
600-700 -	1	0	0	0	0
500-600 -	1	0	0	0	0
400-500 -	1	0	0	0	0
300-400 -	2	2	1	0	0
250-300 -	4	6	0	1	0
200-250 -	8	9	11	3	0
150-200 -	7	7	8	6	1
100-150 -	1	5	5	13	5
75-100 -	0	0	0	0	0

Vindretning: NV					
Vindstyrke	0-4	4-6	6-8	8-10	> 10 m/sek
> 700 -	0	0	0	0	0
600-700 -	0	0	0	0	0
500-600 -	0	3	1	0	0
400-500 -	2	0	1	0	0
300-400 -	1	1	6	1	0
250-300 -	4	0	2	0	0
200-250 -	2	1	2	0	0
150-200 -	7	2	0	0	0
100-150 -	9	18	11	4	14
75-100 -	0	0	3	2	4

Vindretning: S					
Vindstyrke	0-4	4-6	6-8	8-10	> 10 m/sek
> 700 -	0	0	0	0	0
600-700 -	0	0	0	0	0
500-600 -	0	0	0	0	0
400-500 -	0	0	0	0	0
300-400 -	5	0	0	0	0
250-300 -	3	4	4	1	0
200-250 -	5	7	9	4	1
150-200 -	8	10	7	8	7
100-150 -	2	0	2	3	2
75-100 -	0	0	0	0	0

Vindretning: N					
Vindstyrke	0-4	4-6	6-8	8-10	> 10 m/sek
> 700 -	0	0	0	0	0
600-700 -	0	0	0	0	0
500-600 -	0	0	0	0	0
400-500 -	3	0	0	0	0
300-400 -	0	2	0	0	0
250-300 -	3	3	0	0	0
200-250 -	1	2	1	0	0
150-200 -	2	2	1	0	0
100-150 -	2	9	1	0	0
75-100 -	0	0	0	0	0

TABEL 7.3.1.2

Antal observationer af vindstyrke og Rn-aktivitet med 3 timers interval i tiden fra 23/7 til 16/9 1956.

Vindstyrke	0-4	4-6	6-8	8-10	> 10 m/sek.
> 700 c/min	0	1	1	1	0
600-700	2	0	0	1	0
500-600	3	0	7	0	1
400-500	5	1	15	2	1
300-400	15	3	13	2	3
250-300	10	4	7	2	4
200-250	7	5	13	5	14
150-200	13	18	19	15	9
100-150	6	5	10	15	32
75-100	1	1	2	5	0

TABEL 7.3.1.3

Antal observationer af vindstyrke og Rn-aktivitet med 3 timers interval i tiden fra 21/9-56 til 20/1-57, (sammenfatning af tabel 7.3.1.1).

Vindstyrke	0-4	4-6	6-8	8-10	> 10 m/sek.
> 700 c/min	1	3	0	0	0
600-700	1	0	0	0	0
500-600	3	5	1	0	0
400-500	17	0	3	0	0
300-400	23	13	16	1	1
250-300	34	23	15	5	0
200-250	50	39	39	13	2
150-200	78	68	68	55	14
100-150	47	76	58	55	48
75-100	2	7	15	8	12

TABEL 7.3.1.4

Antal observationer af vindstyrke og Rn-aktivitet med 3 timers interval i tiden fra 23/7-56 til 20/1-57, (sammenfatning af tabellerne 7.3.1.2 og 7.3.1.3).

Vindstyrke	0-4	4-6	6-8	8-10	> 10 m/sek.
> 700 c/min	1	4	1	1	0
600-700	3	0	0	1	0
500-600	6	5	8	0	1
400-500	22	1	18	2	1
300-400	38	18	29	3	4
250-300	44	27	22	7	4
200-250	57	44	52	18	16
150-200	91	86	87	70	23
100-150	53	81	68	70	80
75-100	3	8	17	13	12

TABEL 7.3.1.5

Middelværdi af Rn-aktivitet for varierende vindretning og vindstyrke (efter korrektion for tællerbaggrund).

Vindretning	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	N	
Vindstyrke									
0-4 m/sek	115	145	205	155	220	130	130	200	c/min
4-6	45	55	140	135	190	135	120	115	-
6-8	50	25	120	135	155	115	145	100	-
8-10	-	50	80	105	160	85	70	-	-
> 10	-	-	45	95	80	45	40	-	-

TABEL 7.3.1.6

Middelværdi af Rn-aktivitet for varierende vindretning (efter korrektion for tællerbaggrund).

Vindretning	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	N	
Rn-aktivitet	100	85	135	110	170	95	110	145	c/min

TABEL 7.3.1.7

Middelværdi og fordeling af observationer af Rn-aktivitet for forskellige vindstyrker (korrigeret for tællerbaggrund).

De til venstre anførte tal er den del af observationerne i procent, der er mindre end den i tabellens indre anførte Rn-aktivitet i pågældende vindstyrkes interval. Til 50% svarer således middelværdien.

Vindstyrke	0-4	4-6	6-8	8-10	> 10 m/sek.	
5 %	45	32	24	25	20	c/min
10 %	60	42	37	33	26	-
25 %	90	65	68	48	40	-
50 %	140	100	118	72	65	-
75 %	210	160	195	108	105	-
90 %	305	230	300	160	160	-
95 %	375	290	360	215	210	-

TABEL 7.3.1.8

LS-prøver

Afrenset støv fra AL-bånd i kontinuerlig luftaktivitetsmåler

Uge	c/min	LS/L
5646	57	48
5647	62	54
5648	46 x	-
5649	68	93
5650	85	44
5651	120	64
5652	100	63
5701	68	47
5702	75	40
5703	150	90
5704	195	56
5705	170	68
5706	180	77
5707	94	69
5708	90	81
5709	140	93
5710	116	93
5711	195	83
5712	190	165
5713	280	133

x kun ca. 4,5 dag.

7.3.2 Langlivet aktivitet i luften

TABEL 7.3.2

Dato	Th d/min·m <sup>3</sup>	FP d/min·m <sup>3</sup>	Uge	Th-gen- nemsnit	FP-gen- nemsnit
1/11	120	1			
2/11	96	2	5644	60	4,6
3/11	15	6,0			
4/11	8	0,3			
5/11	6	1,4			
6/11	6	1,2			
7/11	6	0,2			
8/11	6	0,8	5645	6	1,2
9/11	3	1,2			
10/11	3	2,2			
11/11	9	1,2			
12/11	7	1,8			
13/11	12	2,0			
14/11	10	2,2			
15/11	7	1,5	5646	8	1,2
16/11	7	0,1			
17/11	6	0,2			
18/11	8	0,6			
19/11	30	0,7			
20/11	25	1,2			
21/11	30	1,2			
22/11	32	1,2	5647	30	1,1
23/11	29	1,2			
24/11	31	1,9			
25/11	30	0,6			

Dato	Th d/min·m <sup>3</sup>	FP d/min·m <sup>3</sup>	Uge	Th-gen- nemsnit	FP-gen- nemsnit
26/11	5	2,6			
27/11	4	1,6			
28/11	4	1,1			
29/11	3	0,7	5648	6	1,3
30/11	4	0,8			
1/12	9	1,0			
2/12	12	1,1			
3/12	7	0,9			
4/12	9	0,1			
5/12	5	1,7			
6/12	7	0,6	5649	11	0,7
7/12	10	1,0			
8/12	24	0,4			
9/12	12	0,4			
10/12	6	2,0			
11/12	14	1,6			
12/12	8	3,2			
13/12	23	1,6	5650	16	1,9
14/12	7	2,3			
15/12	34	2,2			
16/12	22	0,6			
17/12	11	2,8			
18/12	19	3,0			
19/12	11	2,8			
20/12	8	1,3	5651	11	1,9
21/12	22	2,0			
22/12	5	0,5			
23/12	4	0,7			
24/12	5	0,8			
25/12	5	2,8			
26/12	4	3,2			
27/12	5	0,5	5652	5	1,6
28/12	4	1,0			
29/12	5	1,6			
30/12	6	1,3			
31/12	7	1,3			
1/1	12	2,8			
2/1	7	1,3			
3/1	9	1,0	5701	8	1,4
4/1	14	0,8			
5/1	4	~ 0			
6/1	5	2,9			
7/1	4	0,9			
8/1	9	6,6			
9/1	9	1,9			
10/1	4	0,9	5702	7	1,9
11/1	7	0,8			
12/1	10	0,9			
13/1	4	1,0			

Dato	Th d/min·m <sup>3</sup>	FP d/min·m <sup>3</sup>	Uge	Th-gen- nemsnit	FP-gen- nemsnit
14/1	3	2,8			
15/1	7	2,2			
16/1	6	1,1			
17/1	9	2,8	5703	7	1,7
18/1	6	0,6			
19/1	7	0,7			
20/1	8	1,5			
21/1	9	0,7			
22/1	23	4,3			
23/1	16	4,2			
24/1	11	5,1	5704	15	3,5
25/1	15	4,2			
26/1	19	2,5			
27/1	10	3,3			
28/1	3	2,8			
29/1	9	4,0			
30/1	25	3,1			
31/1	16	0,9	5705	11	2,5
1/2	11	0,7			
2/2	6	3,7			
3/2	8	2,2			
4/2	10	2,4			
5/2	26	3,2			
6/2	12	2,8			
7/2	3	1,8	5706	11	2,4
8/2	8	1,5			
9/2	8	2,9			
10/2	9	1,9			
11/2	7	1,4			
12/2	6	1,5			
13/2	8	2,2			
14/2	5	1,8	5707	6	1,4
15/2	6	0,1			
16/2	5	0,3			
17/2	8	2,3			
18/2	8	1,9			
19/2	9	1,3			
20/2	4	1,0			
21/2	7	0,2	5708	6	1,1
22/2	8	1,0			
23/2	3	1,7			
24/2	1	0,7			
25/2	3	0,9			
26/2	4	1,5			
27/2	16	0,8			
28/2	4	1,7	5709	12	1,3
1/3	18	1,6			
2/3	12	1,4			
3/3	25	1,2			

Dato	Th d/min·m <sup>3</sup>	FP d/min·m <sup>3</sup>	Uge	Th-gen- nemsnit	FP-gen- nemsnit
4/3	12	2,0			
5/3	8	1,3			
6/3	25	0,4			
7/3	8	1,2	5710	12	1,2
8/3	8	2,2			
9/3	9	0,9			
10/3	13	0,9			
11/3	20	1,7			
12/3	104	2,8			
13/3	132	3,3			
14/3	34	3,7	5711	43	2,4
15/3	5	2,3			
16/3	5	1,4			
17/3	4	1,3			
18/3	3	0,5			
19/3	4	0,6			
20/3	2	1,2			
21/3	7	1,8	5712	9	1,2
22/3	4	0,8			
23/3	43	1,4			
24/3	3	1,7			
25/3	9	3,6			
26/3	27	1,6			
27/3	39	2,0			
28/3	20	2,1	5713	18	2,1
29/3	17	2,6			
30/3	9	2,2			
31/3	8	0,6			

### 7.3.3 Henfald af luftprøver

TABEL 7.3.3

Henfald af luftprøver og datering af fissionsprodukter.

Prøve	Begyndelses- halveringstid	Alder af fissionsprod.	Dato for eksplosion
	dage	dage	
L 0311	75	155	1/6 -56
L 1411	57	108	
LS 5646	55	104	3/8 -56
L 2411	45	82	3/9 -56
LS 5647	50	92	
L 2611	45	82	
LS 5648	55	104	19/8 -56
LS 5649	60	116	13/8 -56
L 1212	70	142	
LF 1312	60	116	13/8 -56



Prøve	Begyndelses-	Alder af	Dato for
	halveringstid	fissionsprod.	
	dage	dage	
L 1412	80	170	
LS 5650	60	116	19/8 -56
L 1912	80	170	
LS 5651	60	116	27/8 -56
L 2612	75	155	24/7 -56
LS 5652	70	142	7/8 -56
L 0101	52	96	
L 0601	60	116	10/9 -56
LS 5701	60	116	7/9 -56
L 0801	40	70	29/10-56
LS 5702	60	116	16/9 -56
L 1401	60	116	19/9 -56
L 1701	60	116	22/9 -56
L 1801	50	92	17/10-56
LS 5703	63	122	16/9 -56
L 2201	63	132	
L 2501	70	142	3/9 -56
LF 5704	75	155	
LS 5704	70	142	3/9 -56
L 2901	54	101	
LS 5705	58	111	
L 0902	75	155	6/9 -56
LS 5706	46	83	15/11-56
LF 5707	75	155	11/9 -56
LS 5707	75	155	11/9- 56
LF 5708	72	146	18/8 -56
LS 5708	52	97	15/11-56
LF 5709	72	146	14/11-56
LF 5710	65	129	28/10-56
LF 5711	80	170	24/9 -56
LF 5712	87	188	13/9 -56
LF 5713	37	64	23/1 -57

TABEL 7.4.2

Punkt II. Fint sand + mudder

Dato	c/min·3 g
1/2	23,0
20/3	27,5

Middeltal 25,2 c/min·3 g

TABEL 7.4.3

Punkt III. Mudder

Dato	c/min·3 g
6/12	57,4
10/1	45,1
11/3	45,2

Middeltal 49,2 c/min·3 g

TABEL 7.4.4

Punkt IV. Mudder

Dato	c/min·3 g
21/11	28,1
6/12	36,5
11/3	34,0

Middeltal 32,9 c/min·3 g

TABEL 7.4.5

Punkt V. Mudder + sand.

Dato	c/min·3 g
21/11	28,5
11/3	33,4

Middeltal 31,0 c/min·3 g

TABEL 7.4.6

Punkt VI. Sand.

Dato	c/min·3 g
31/10	20,9
21/11	25,8

Middeltal 23,4 c/min·3 g

#### 7.4 Bundprøver

Den totale usikkerhed på aktivitetsbestemmelserne er antagelig ca. 7 % (6.4.6).

TABEL 7.4.1

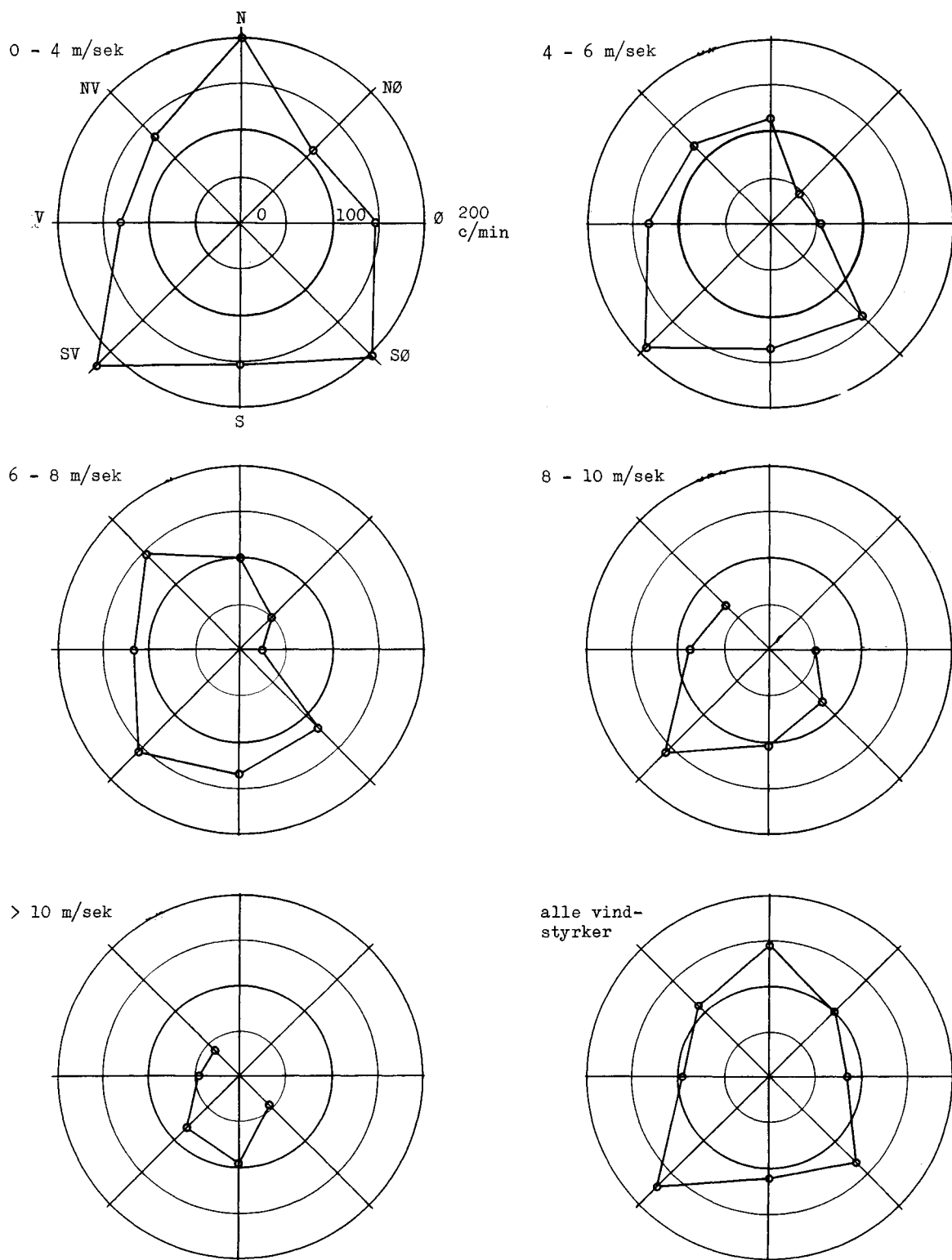
Punkt I. Mudder.

Dato	c/min·3 g
6/12	34,9
17/1	33,9
12/3	33,6
28/3	38,8

Middeltal 35,3 c/min·3 g

Radonaktivitetens afhængighed af vindretningen

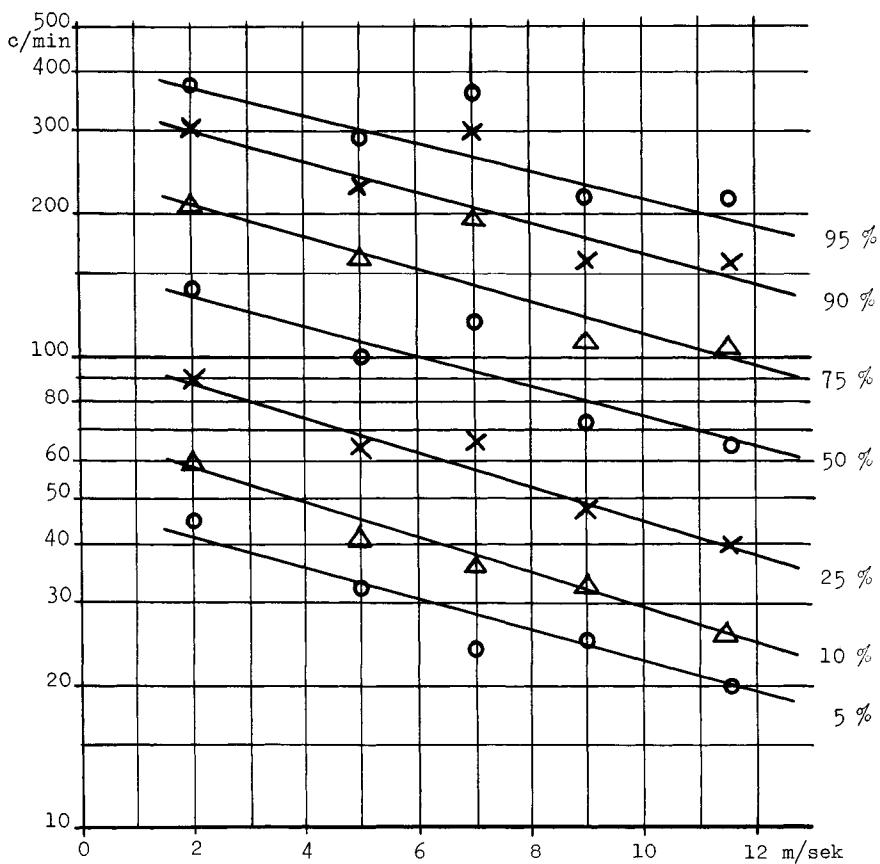
ved forskellige vindstyrker



Figur 7.3.1

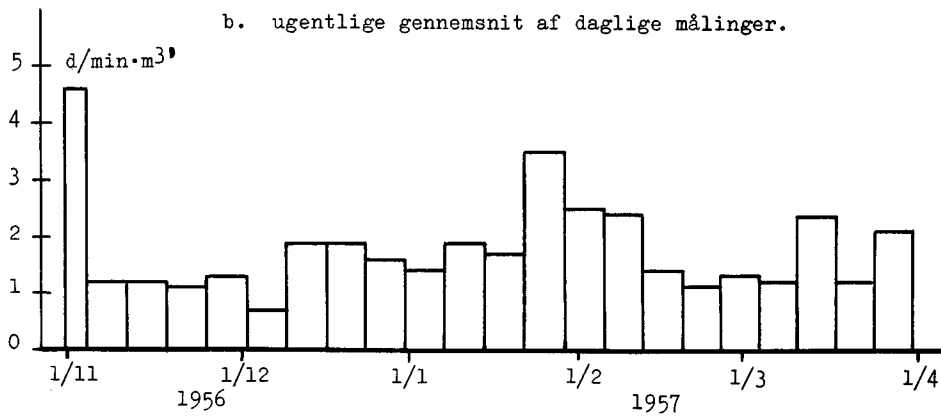
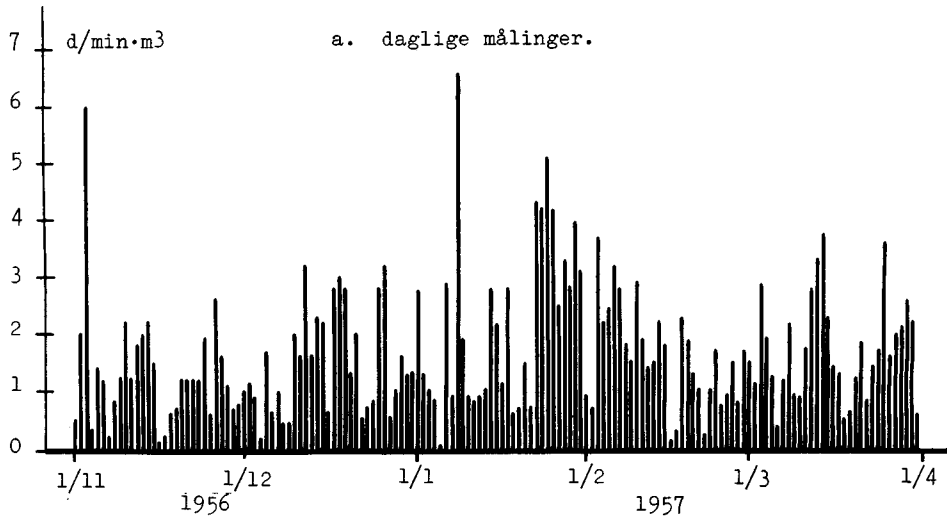
Radonaktivitetens afhængighed af vindstyrken

Procenttallene angiver den brøkdelen af observationerne, der har aktivitet mindre end den tilsvarende linies punkter.

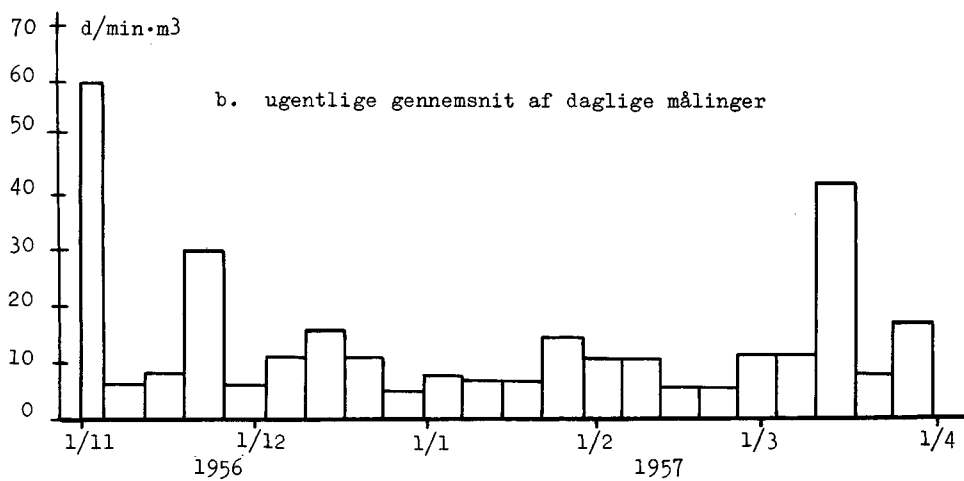
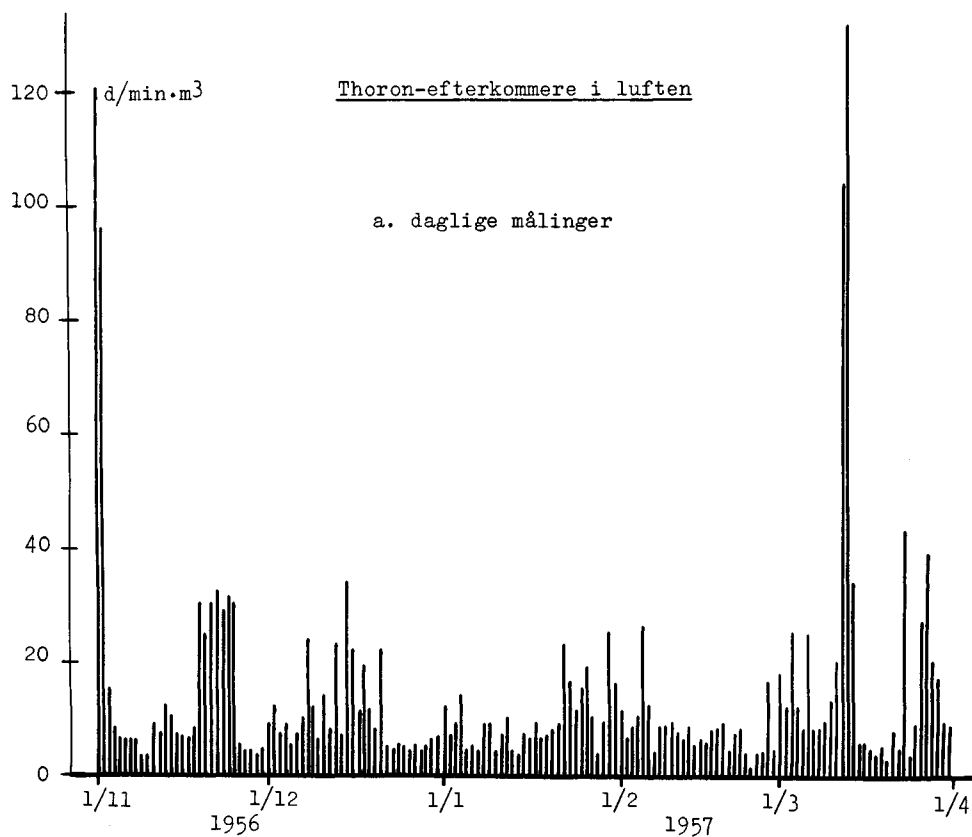


Figur 7.3.2

Fissionsprodukter i luften



Figur 7.3.3



Figur 7.3.4

TABEL 7.4.7

Punkt VII. Mudder

Dato	c/min·3 g
7/12	84,3
20/12	58,3
3/1	71,0
31/1	61,4
21/2	37,0
8/3	45,8

Middeltal 59,6 c/min·3 g

TABEL 7.4.8

Punkt VIII. Mudder

Dato	c/min·3 g
17/1	28,8
28/2	54,3
8/3	31,8

Middeltal 38,3 c/min·3 g

## 7.5 Ålekød

Den totale usikkerhed fra en aktivitetsbestemmelse i ålekød er ca. 8 %; da imidlertid alle målinger (på nær den sidste) er dobbeltmålinger, kan man regne med ca. 6 % i denne tabel.

TABEL 7.5.1

Dato	Sted	c/min·5 g
19/12	Risø	12,4
4/1	VII	11,7
24/1	VII	16,4
7/2	Bløden	10,5
19/2	Kalkgrund	10,7
13/3	"	10,7

Middeltal 12,1 c/min·5 g

## 7.6 Planter

Usikkerheden på en aktivitetsbestemmelse i græs er ca. 6 % (6.6.6).

TABEL 7.6.1

Zone I. Punkt 2. Græs

Dato	c/min·0,1 g
7/11	52,4
14/11	62,6
21/11	53,3
28/11	47,3

Dato	c/min·0,1 g
5/12	58,1
12/12	49,1
19/12	59,0
2/1	68,9
9/1	62,6
16/1	64,5
23/1	65,7
30/1	78,5
5/2	71,9
13/2	89,5
20/2	72,6
27/2	70,9
6/3	76,2
15/3	61,9
22/3	70,0
29/3	86,8

Middeltal 66,1 c/min·0,1 g

TABEL 7.6.2

Zone I. Punkt 2. Græs

Dato	c/min·0,1 g
5/11	65,7
6/11	54,1
7/11	52,4
8/11	50,8
9/11	56,1
10/11	56,9
13/11	56,0
14/11	61,1
15/11	52,3
16/11	54,0

Middeltal 55,9 c/min·0,1 g  
Spredning 4,4 -

TABEL 7.6.3

Zone I. Punkt 2. Græs, d. 28/11-56

Sted nr.	c/min·0,1 g
I	51,0
II	49,5
III	54,8
IV	40,6
V	43,8
VI	40,8
VII	50,5

Middeltal 47,3 c/min·0,1 g  
Spredning 5,5 -

TABEL 7.6.4

Zone I. Punkt 2. Græs, d. 20/2-57

Sted nr.	c/min·0,1 g
I	69,9
II	70,1
III	71,0
IV	71,1
V	71,0
VI	74,7
VII	79,0
Middeltal	72,4 c/min·0,1 g
Spredning	3,4 -

TABEL 7.6.5

Zone I. Punkt 2. Græs, d. 6/3-57

Prøve	c/min·0,1 g
A	72,1
B	135,1 x
C	82,4
D	83,9
E	100,3 x
F	76,9
G	78,0
H	73,9
J	70,3
K	74,9
Middeltal	84,8 c/min·0,1 g

TABEL 7.6.6

Zone I. Græs

Punkt	Koordinater	Dato	c/min·0,1 g
1	1225 V 90S	-	-
2	725V 25N	-	-
4	425V 20S	8/3	51,2
5	230V 280N	8/3	34,8

Dato	c/min·0,1 g	Dato	c/min·0,1 g	Dato	c/min·0,1 g
15/3	46,1	22/3	62,2	29/3	-
-	61,9	-	70,0	-	86,8
-	47,1	-	67,0	-	75,8
-	36,8	-	38,2	-	-

Middeltal for zone I 56,5 c/min·0,1 g

TABEL 7.6.7

Zone II. Græs

Punkt	Koordinater	Dato	c/min·0,1 g
1	26L 8950/9150	8/3	71,3
2	26L 8700/8400	8/3	74,6
3	26L 8550/7700	7/3	59,4
4	26L 7400/7300	7/3	48,4
Middeltal for zone II			63,4 c/min·0,1 g

TABEL 7.6.8

Zone III. Græs

Punkt	Koordinater	Dato	c/min·0,1 g
1	26F 9150/0950	8/3	76,2
2	26M 0650/8900	8/3	67,3
3	26L 8200/6350	7/3	82,7
4	26L 5400/5350	7/3	61,6
Middeltal for zone III			72,0 c/min·0,1 g

TABEL 7.6.9

Zone I. Punkt 2. Mælkebøtte

Dato	c/min·0,1 g
22/10	80,6
1/11	86,5
9/11	77,2
21/11	70,4
28/11	68,6
5/12	72,3
12/12	90,5
19/12	74,3
Middeltal	77,5 c/min·0,1 g
Spredning	7,5 -

TABEL 7.6.10

Zone I. Punkt 2. Mælkebøtte

Dato	c/min·0,1 g
22/10	80,6
24/10	62,3
25/10	71,1
26/10	81,7
27/10	81,5
29/10	103,2

## Zone I. Punkt 2. Mælkebøtte

Dato	c/min·0,1 g
30/10	84,8
31/10	65,4
1/11	86,5
2/11	67,6
Middeltal	78,5 c/min·0,1 g
Spredning	12,3 -

TABEL 7.6.11

## Zone I. Punkt 2. Mælkebøtte d. 9/11-56

Sted nr.	c/min·0,1 g
I	67,3
II	69,1
III	81,3
IV	81,4
V	82,3
VI	83,0
VII	76,0
Middeltal	77,2 c/min·0,1 g
Spredning	6,6 -

TABEL 7.7.3

Dato	Sted	Tørstof g/l	c/min·1	c/min·0,5g	Antal målinger
12/10 -12/3	Lodsens hus	0,40	7,9	10,0	7
8/1 -30/3	Risøgård	0,73	13,1	9,1	3
30/11	1180V 90N	0,38	5,6	7,4	1
"	705V185N	0,40	5,9	7,4	1
"	230V220N	0,39	5,7	7,3	1
"	220Ø 35N	0,30	14,8	24,7	1

TABEL 7.7.4

Dato	Sted	Tørstof g/l	c/min·1	c/min·0,5g
16/11	Krystalisværk (fødevand)	0,33	2,5	3,8
"	" inden graderværk	2,36	27,5	5,8
"	" efter graderværk	2,39	23,5	5,1
26/3	Septiktank, Risø	0,49	8,1	8,0

## 7.7 Ferskvand

Usikkerheden på aktivitetsbestemmelser i ferskvand er ca. 0,6 c/min·2.

TABEL 7.7.1

## Vandhanen i lodsens hus.

Dato	Tørstof g/l	c/min·1	c/min·0,5 g
12/10	0,38	6,7	8,8
19/10	0,39	7,8	10,0
24/10	0,38	7,1	9,3
8/11	0,41	8,0	9,8
26/11	0,42	8,2	9,8
13/12	0,42	8,4	10,0
12/3	0,39	9,4	12,4
Middeltal	0,40 g/l	7,9 c/min·1	10,0 c/min·0,5 g
Spredning	0,02 g/l	0,9 c/min·1	1,1 c/min·0,5 g

TABEL 7.7.2

## Vandhanen på Risøgård

Dato	Tørstof g/l	c/min·1	c/min·0,5 g
8/1	0,72	12,8	8,9
26/2	0,73	12,7	9,0
30/3	0,75	13,9	9,5
Middeltal	0,73 g/l	13,1 c/min·1	9,1 c/min·0,5 g

## 7.8 Regnvand

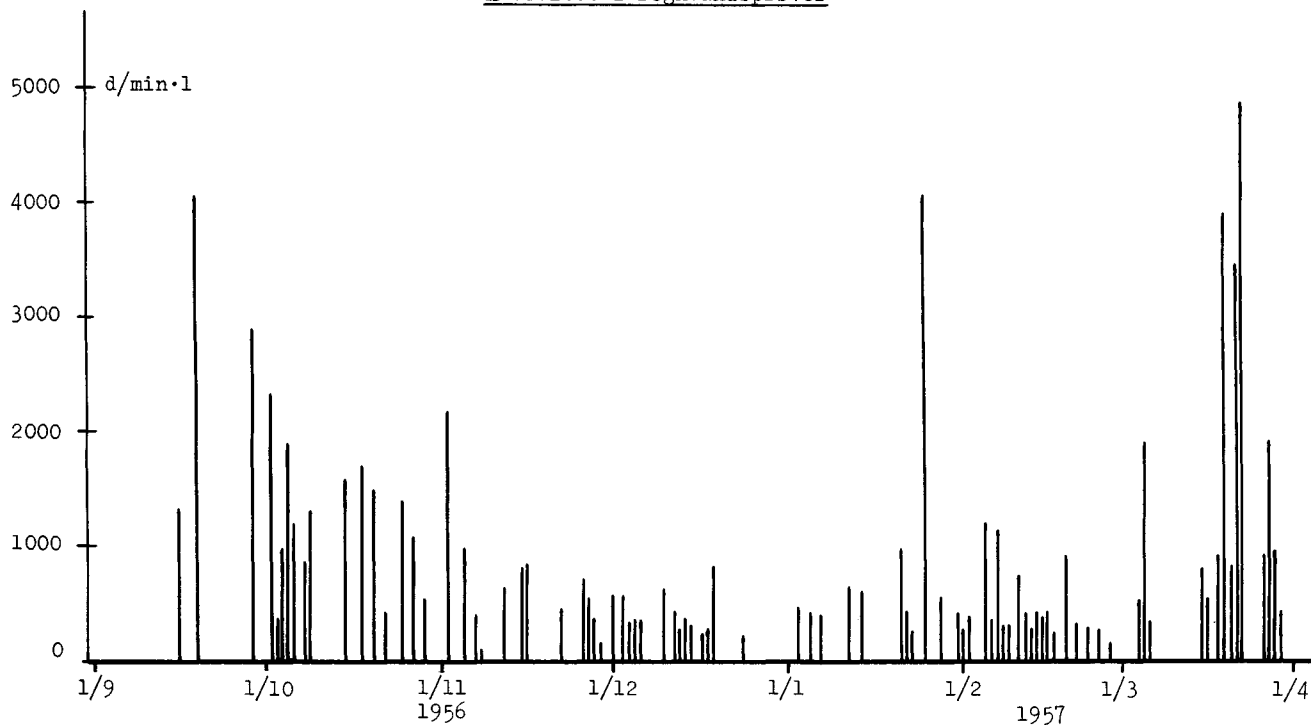
Usikkerheden på aktivitetsbestemmelser i regnvand er omkring 10 % (6.8.6). s = sne eller slud.

TABEL 7.8.1

Dato	Nedbør mm	d/min·1	d/min·m <sup>2</sup>
16/9	5,5	1310	7200
19/9	< 1	4020	< 4000
28/9	< 1	4160	< 4000
29/9	1,8	2880	5200
2/10	11,1	2320	25400
3/10	6,9	350	2400
4/10	6,6	960	6300
5/10	3,1	1890	6100
6/10	1,5	1180	1800
8/10	1,2	830	1000
9/10	1,3	1290	1700
15/10	1,4	1560	2200
18/10	< 1	1680	< 1700
20/10	4,6	1440	5800
22/10	1,2	400	500
25/10	1,8	1380	2500
27/10	< 1	1060	< 1000
29/10	11,5	490	5600

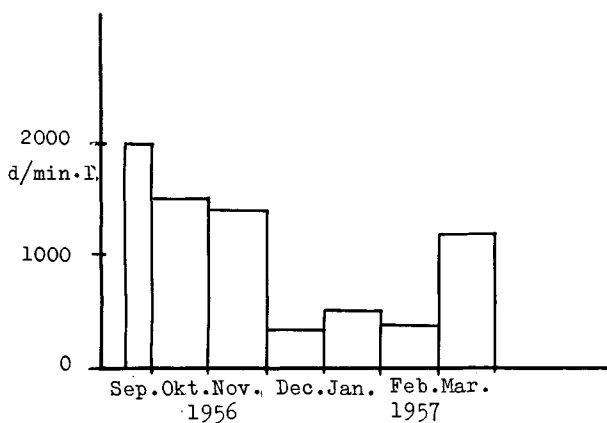


Aktivitet i regnvandsprøver



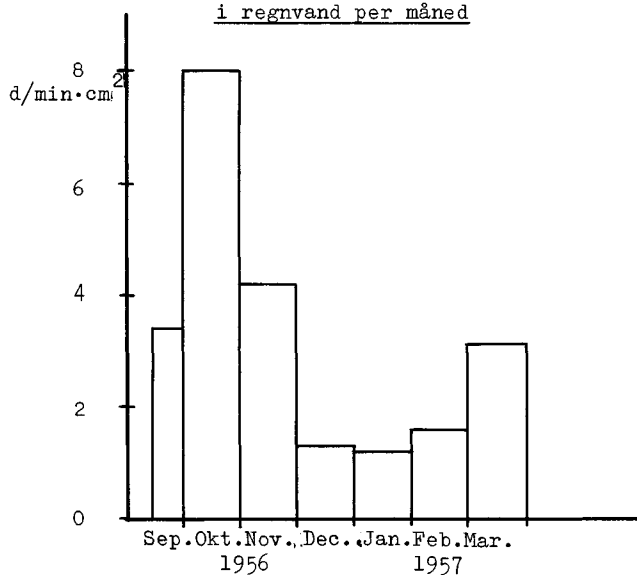
Figur 7.8.1

Månedlige gennemsnit af regnvandsprøver



Figur 7.8.2

Totalt nedfald af fissionsprodukter  
i regnvand per måned



Figur 7.8.3

Dato	Nedbør mm	d/min·l	d/min·m <sup>2</sup>
2/11	< 1	2140	< 2100
5/11	< 1	980	< 1000
7/11	7,8	400	3100
8/11	4,3	80	300
12/11	1,4	620	900
15/11	< 1	790	< 800
16/11	1,8	830	1500
22/11	< 1	440	< 400
26/11	1,6	690	1100
27/11	5,1	520	2600
28/11	1,8	350	600
29/11	4,3	150	600

Dato	Nedbør mm	d/min·l	d/min·m <sup>2</sup>
9/2	4,7	284	1300
11/2	3,3	750	2500
12/2	1,3	405	500
13/2	5,0	270	1400
14/2	8,8	430	3800
15/2	< 1	395	< 400
16/2	1,1	430	500
18/2	3,5	220	800
19/2	< 1 s	920	< 900
21/2	< 1	343	< 300
23/2	1,7	278	500
25/2	< 1	252	< 300
27/2	< 1	150	< 200

1/12	< 1	560	< 600
3/12	2,0	540	1100
4/12	3,9	330	1300
5/12	1,3	350	400
6/12	7,1	350	2500
10/12	1,3	630	800
12/12	7,0	420	2900
13/12	2,0	270	500
14/12	4,6	350	1600
15/12	1,4	290	400
17/12	3,0	210	600
18/12	0,9	250	200
19/12	< 1	790	< 800
24/12	1,0 s	180	200

4/3	< 1	520	< 500
5/3	< 1	1890	< 1900
6/3	< 1	320	< 300
15/3	1,9 s	800	1500
16/3	2,8 s	519	1400
18/3	3,5	908	3200
19/3	< 1 s	3900	< 3900
20/3	6,7	802	5400
21/3	1,6	3470	5600
22/3	< 1	4870	< 4900
26/3	1,2	912	1100
27/3	1,3	1931	2500
28/3	4,3	945	4100
29/3	< 1	428	< 400

3/1	4,2 s	440	1800
5/1	3,9	410	1600
7/1	3,2	380	1200
12/1	1,0	620	600
14/1	1,3	575	700
21/1	< 1	980	< 1000
22/1	1,4	410	600
23/1	< 1	250	< 300
25/1	< 1 s	4040	< 4000
28/1	5,0	550	2800
31/1	1,0	400	400

TABEL 7.8.2

Måned	Nedbør mm	Total aktivitet d/min·m <sup>2</sup>	Middel aktivitet d/min·l
Sept. 56	8	16000	2000
Okt. 56	53	80000	1500
Nov. 56	30	42000	1400
Dec. 56	37	13000	350
Jan. 57	23	12000	520
Febr. 57	41	16000	400
Marts 57	26	31000	1200

1/2	2,8	270	800
2/2	< 1	352	< 400
5/2	< 1	1205	< 1200
6/2	< 1	340	< 300
7/2	< 1	1120	< 1100
8/2	4,6	297	1400

## 7.9 Mælk

Den totale usikkerhed på en aktivitetsbestemmelse i mælk er antagelig mindre end 5 % (6.9.6).

TABEL 7.9.1

<u>Dato</u>	<u>c/min·25 ml</u>
8/1	37,7
9/1	33,1
14/1	39,1
16/1	36,4
3/2	36,5
14/2	36,2
21/2	37,0
4/3	31,7
8/3	34,6
15/3	36,5
24/3	30,6
31/3	40,0
Middeltal	35,8 c/min·25 ml
Spredning	2,8 c/min·25 ml

## SPECIELLE UNDERSØGELSER

### 8.1 Den forhøjede aktivitet i Roskilde fjord i december 1956

8.1.1 Den 1. oktober 1956 begyndte de regelmæssige undersøgelser af  $\beta$ -aktiviteten i Roskilde fjord; først med 3 ugentlige prøver i punkt I og II (lige uden for Risø), og senere i samme måned blev der tilføjet en ugentlig prøve i punkt III-VI (se figur 6.1.1). Disse undersøgelser blev afbrudt fra 20. november til 4. december 1956, idet båden KATHINKA, som indsamler prøverne, var til reparation i denne tid. På dette tidspunkt var der imidlertid indsamlet så stort et materiale om  $\beta$ -aktiviteten i fjorden, at man kunne føle sig temmelig sikker med hensyn til aktivitetens art og størrelse.

Der var ialt blevet målt på 56 havvandsprøver, som i middel gav 12,8 c/min per 2,5 g tørstof, og målingerne ligger gaussisk fordelt omkring denne middelværdi med en spredning på 1,1 c/min, d.v.s. lidt højere end de 0,7 c/min som tælleusikkerheden giver anledning til.

Ifølge 6.1.3.3 er kalium det eneste af de naturligt radioaktive stoffer, som bidrager måleligt til prøvernes tællehastighed, idet det giver 12,5 c/min per 2,5 g tørstof. Fissionsprodukterne fra fall-out må ifølge 6.1.3.4 formodes at give højst 0,8 c/min per 2,5 g tørstof. Under samme forudsætninger som nævnt i 6.1.3.4 skal der, idet fjordens areal er 125 km<sup>2</sup> tilføres fjorden ca. 4 curie for at give en forhøjelse på 1 c/min per 2,5 g tørstof, eller et radioaktivt nedfald på 8 d/min·cm<sup>2</sup> for at give samme forøgelse.

Vi anså derfor en forøgelse på mere end 1-2 c/min for temmelig usandsynlig. Det kom derfor som en stor overraskelse, da den første prøve efter afbrydelsen (H III 0412) gav 20,8 c/min, og omtrent halvdelen af prøverne i den følgende tid lå betydeligt over middeltallet i oktober-november. Tabel 8.1.1 viser aktivitetens middelværdi før december, i december og efter december i de 7 kontrolpunkter.

TABEL 8.1.1

Middelaktiviteten (c/min per 2,5 g tørstof) i Roskilde fjord. Tallene i parentes angiver antal målinger.

Punkt	I	I	III	IV	V	VI	VII
Okt-nov 1956	12,9 (22)	13,0 (19)	12,4 (6)	11,9 (3)	11,6 (3)	12,5 (3)	
Dec 1956	15,7 (6)	14,7 (7)	15,4 (3)	14,1 (3)	12,1 (3)	13,9 (3)	13,4 (2)
Jan-mar 1957	13,4 (37)	13,6 (36)	13,0 (12)	12,4 (12)	12,7 (12)	13,1 (12)	12,9 (11)

Det ses, at aktiviteten har været højere i december end i månederne før og efter i samtlige punkter undtagen punkt V.

Aktivitetens stigning og stigningens varighed for de enkelte kontrolpunkter vil blive diskuteret nøjere i det følgende.

#### 8.1.2

Punkt I. Den første prøve efter afbrydelsen i prøveindsamlingen blev taget den 6. december, og den gav 2,5 c/min over middelværdien for oktober-november. Samtlige prøver i december var høje med en middelværdi på 15,7 c/min, uden at der var tale om nogen aftagen i aktiviteten. I januar er aktiviteten derimod faldet til 13,3 c/min uden nogen prøve over 15 c/min.

Punkt II. Den første prøve efter afbrydelsen (H II 0412) viste normal aktivitet på 13,5 c/min, men den 8/12 er den steget til 17,2 c/min; her falder aktiviteten ned til normal værdi igen i løbet af en uge. Dog gav prøven fra 21/12 15,1 c/min. I januar-marts er aktiviteten i dette punkt ligesom i de andre punkter konstant, men lidt højere end i oktober-november.

Punkt III. Her gav prøven den 4/12, som før omtalt, 20,4 c/min, men da den næste prøve blev taget den 10/12, var aktiviteten faldet til 13,4 c/min, og den har siden været normal.

Punkt IV. Prøverne fra den 4/12 og 10/12 gav 15,2 og 14,0 c/min henholdsvis, men siden har aktiviteten været normal.

Punkt V. Her har aktiviteten hele tiden været normal.

Punkt VI. Prøverne fra 4/12 og 10/12 gav 14,4 og 14,5 c/min henholdsvis, men siden har aktiviteten været normal. Ud fra disse to målinger er det vanskeligt at sige, om aktiviteten nogen sinde er steget over det normale i dette punkt.

Punkt VII. To målinger i december gav i middel 13,4 c/min, og 11 målinger i januar-marts gav 12,9 i middel. Ud fra dette kan man ikke sige, om der er sket en forøgelse af aktiviteten i punkt VII.

Kort fortalt: Den 4. december 1956 var aktiviteten i punkterne III, IV og VI højere, end den havde været i de to forudgående måneder. Ved Risø er aktiviteten i fjorden derimod normal denne dag, men den 6. december er aktiviteten også her steget over det normale. I punkterne III, IV og VI varer denne stigning kun ca. en uges tid, men i punkt I er denne forhøjelse uændret for samtlige målinger i december.

8.1.3 Ud fra vandstandsobservationer i Roskilde havn i december måned kan man i grove træk regne med følgende strømningsforhold<sup>x</sup> i Roskilde fjord:

<sup>x</sup> Mag. scient. Knud P. Andersen, Danmarks Fiske- og Havundersøgelser; privat meddelelse.

29/11 - 1/12: stærk strøm fra syd  
 2/12 : ringe strøm  
 3/12 : stærk strøm fra nord  
 4/12 - 8/12: jævn strøm fra syd  
 9/12 - 11/12: ringe strøm  
 12/12 - 13/12: jævn strøm fra nord  
 14/12 : jævn strøm fra syd  
 15/12 - 18/12: ringe strøm  
 19/12 - 28/12: jævn til stærk strøm fra syd.

Som nævnt i sidste afsnit havde den forhøjede aktivitet ikke nået Risø den 4/12, da det nærmeste kontrolpunkt nord for Risø (III) viser den højeste hidtil målte aktivitet (20,1 c/min). Den 6/12 var den forhøjede aktivitet imidlertid nået Risø, men ifølge ovenstående har vandet strømnet mod nord i disse dage, d.v.s. fra Risø i retning mod punkt III. Man kunne nu vente at finde dette aktive vand fra punkt III i punkt IV, V eller VI d. 10/12, da prøve blev taget næste gang i disse punkter, men dette var ikke tilfældet.

8.1.4 For at få nærmere oplysninger om den forhøjede aktivitet har vi:

1. målt kaliumindholdet i 3 særlig aktive prøver.
2. fulgt henfaldet af ni stærke prøver.

TABEL 8.1.3

Prøve	Vægt gram	$n_K$ c/min	Dato for måling	$n_D$ c/min	$n_D \pm n_K$ c/min	$\Delta n$ c/min
H III 0412	2,80	12,9	4/12	21,4	8,5	0,9
			7/1	16,3	3,4	0,4
			20/1	15,8	2,9	0,4
			10/3	15,1	2,1	0,5
			24/3	14,4	1,5	0,5
			30/3	14,5	1,6	0,7
			13/12	15,8	3,0	0,8
H I 0612	2,74	12,8	30/1	15,0	2,2	0,6
			28/3	14,4	1,6	0,7
			30/3	15,2	2,3	0,7
			14/12	16,9	4,2	0,9
H I 1112x	2,68	12,7	1/4	14,1	1,4	0,7
			14/12	15,6	2,9	0,8
H II 1212	2,65	12,7	11/1	14,8	2,1	0,5
			30/3	14,4	1,7	0,7
			16/12	15,9	3,2	0,7
H II 1212 x	2,69	12,7	12/1	15,5	2,8	0,5
			2/4	13,8	1,1	0,7
			16/12	16,3	3,7	0,8
H I 1312x	2,62	12,6	13/1	14,9	2,4	0,7
			28/3	14,5	1,9	0,7
			17/12	17,1	4,5	0,7
H I 1512	2,55	12,6	6/1	15,3	2,7	0,7
			21/12	17,0	4,5	0,8
H I 2012	2,53	12,5	21/1	14,7	2,2	0,4
			28/3	13,6	1,1	0,7
			22/12	15,1	2,6	0,6
H II 2112	2,48	12,5	13/1	13,6	1,1	0,5
			30/3	13,3	0,8	0,7
			H I	2,75	12,8	okt 56
(Middel for 4-30. okt.)			feb 57	12,3		0,2
H II	2,74	12,8	okt 56	13,2		0,2
(Middel for 4-30. okt.)			feb 57	13,0		0,2

3. forsøgt at koncentrere den fremmede aktivitet ved udfældning.

8.1.4.1 Kaliumaktiviteten i 3 prøver med særlig høj aktivitet blev målt med et Perkin-Elmer flammespektrometer på Rigshospitalets analytiske laboratorium, og resultatet af disse målinger er opført i følgende tabel. Alle tre prøver viser normalt K-indhold, hvorfor den forhøjede aktivitet ikke kan skyldes K.

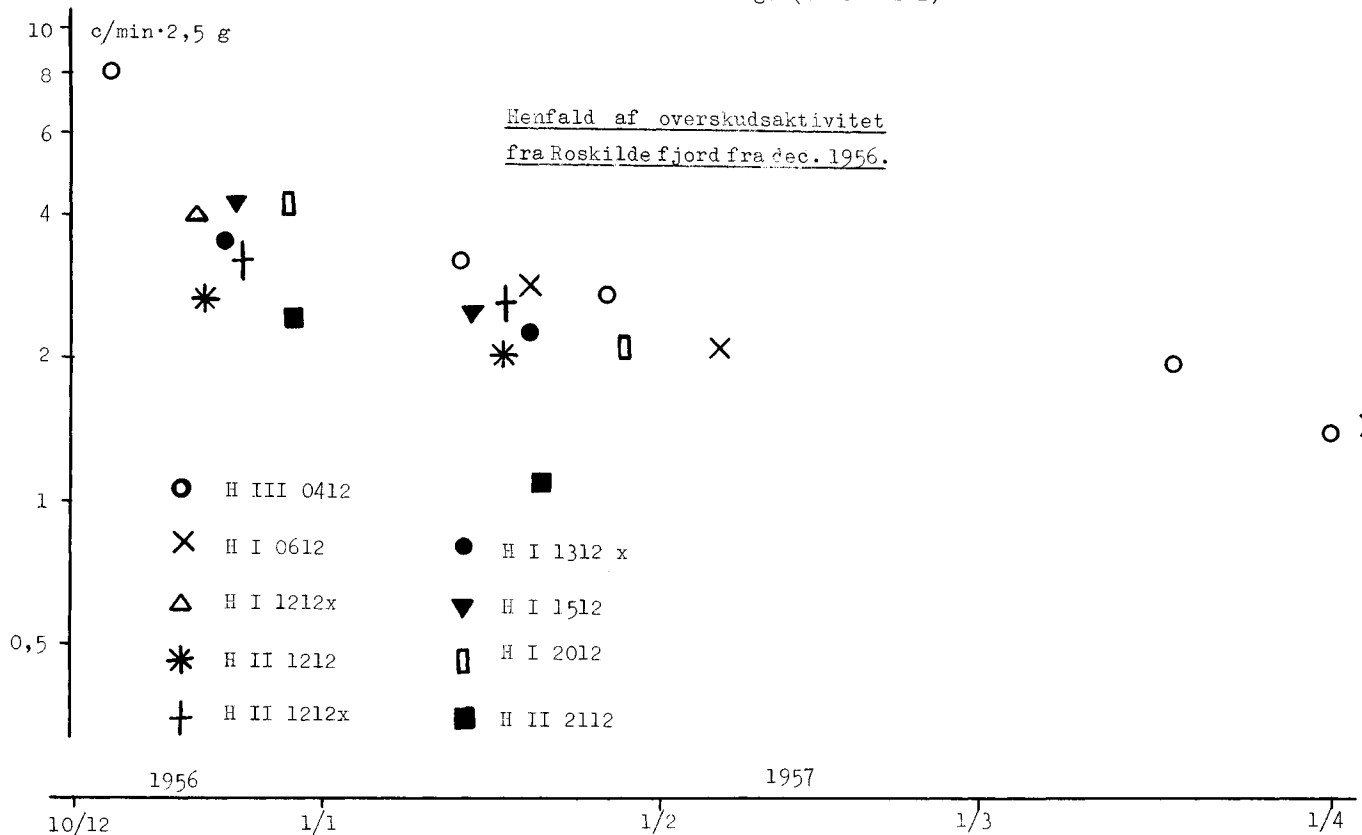
TABEL 8.1.2

Prøve	Aktivitet c/min·2,5 g	K-indhold mg/g tørstof
H II 0412 x	19,4	9,9
H II 0812	19,8	10,4
H II 0812 x	14,7	10,1

8.1.4.2 Der er blevet målt henfald af 9 prøver fra december 1956, som viste særlig høj aktivitet, og resultatet af disse målinger er opført i tabel 8.1.3. Til sammenligning har man også målt samtlige prøver fra punkt I og II fra tidsrummet 4. - 30. oktober 1956 igen i februar 1957. Middelværdien af disse målinger er også indført i tabel 8.1.3. Det fremgår heraf, at havvandsprøverne fra oktober kun er henfaldet ganske lidt, hvorimod prøverne fra december viser et tydeligt henfald.

For at få et mere direkte mål for henfaldet af den fremmede aktivitet har man i tabel 8.1.3 trukket prøvernes normale kaliumaktivitet  $n_K$  fra den målte totale aktivitet  $n_p$ , og på figur 8.1.1 er denne aktivitet afbildet som funktion af tiden;

det ses heraf, at denne aktivitet henfalder med en halveringstid på ca. 70 dage. Det kan i denne forbindelse nævnes, at den aktivitet, som stammer fra fissionsprodukter, i en græsprøve fra januar 1957 (PG 1601) har en begyndelseshalveringstid på 65 dage (se 8.2.2.2).



Figur 8.1.1

8.1.4.3 Da den i december måned 1956 konstaterede forhøjede aktivitet endnu i begyndelsen af 1957 synes at være til stede, omend i reduceret omfang, blev det forsøgt at udfælde overskudsaktiviteten, d.v.s. den aktivitet, som ikke kan forklares ud fra prøvens indhold af naturligt radioaktive stoffer, med  $Fe(OH)_3$  og  $BaSO_4$ , se app. 8 A. Denne metode er blevet anvendt mange steder <sup>x</sup> ved undersøgelser af fissionsproduktaktiviteten i havvand

og har den fordel, at man opnår en adskillelse fra den naturlige K-aktivitet. Desuden vil det være muligt at behandle ret store mængder havvand, således at man skulle kunne få isoleret en tælleprøve, repræsenterende overskudsaktiviteten fra flere liter vand.

Tabel 8.1.4 giver en oversigt over de hidtil udført målinger.

TABEL 8.1.4

Dato	Sted	Aktivitet c/min·2,5 g	Tørstofindhold g/l	Overskudsaktivitet c/min·l	Prøvestørrelse liter	Udfældet aktivitet c/min	Udfældet aktivitet c/min·l
jan.	Fjorden bl. prøve				1	3,9±0,8	~ 4
31/1	I	12,9±0,7	ca. 14	~ 0	1	3,7±0,8	~ 4
"	I	"	"	~ 0	1	1,4±0,5	~ 1
4/2	VI	12,8±0,7	23,4	~ 0	1	2,4±0,5	~ 2
8/2	II	13,9±0,7	ca. 14	~ 10	5	8,1±0,4	~ 2
12/2	Køge Bugt	14,5±0,7	13,2	~ 10	5	9,0±0,5	~ 2
(nov. 56)	Atl.havet	12,7±0,7	38,9	~ 0	5	2,8±0,5	~ 0,5
	Postevand Lodshuset		0,4		3	1,7±0,8	~ 0,5

<sup>x</sup> Radiobiological Survey of Bikini, Eniwetok, and Likiep Atolls, USAEC AECD-3446, Oak Ridge, 1949. Y. Miyake, Gen. Paper P/1057, Vol. 13 p. 381, 1956.

Ud fra de her opnåede resultater ser metoden ikke lovende ud.

For det første har det, selv med atlantehavsvand, som givetvis indeholder helt forsvindende mængder af FP-aktivitet, ikke været muligt at få den udfældede prøve helt fri for nedrevet aktivitet.

For det andet synes den udfældede aktivitet ikke at variere sybart med overskudsaktiviteten, ligesom den enkelte dobbeltprøve (31/1-57) er meget lidt lovende.

Endelig er aktiviteten, selv fra 5 liter havvand, for lille til at kunne tælles med rimelig nøjagtighed inden for en rimelig tid.

Det vil vel nok være dristigt helt at forkaste metoden ud fra ovenstående spinkle grundlag, men det ser i hvert fald ikke ud til, at den er egnet til vort formål.

#### 8.1.5 Konklusion

Det må anses for ret usandsynligt, at så store mængder (ca. 4 curie jfr. 8.1.1), som der skal til for at give den forøgelse af aktiviteten, som blev konstateret i december, kan komme med spildevand fra hospitaler eller andre institutioner ved Roskilde fjord, som anvender radioaktive isotoper.

Hverken i luften eller i regnvandet blev der målt nogen særlig høj aktivitet i december; tværtimod viser december en nedfalden aktivitet fra regn på kun 1,3 c/min·cm<sup>2</sup> sammenlignet med 8,0 og 4,2 c/min·cm<sup>2</sup> i oktober og november (se tabel 7.8.2).

Det er derfor vanskeligt at sige noget om, hvorledes denne ekstra aktivitet er kommet i fjorden.

Vi har konstateret, at den ikke skyldes kalium (se 8.1.4.1), samt at den henfalder med en halveringstid på omkring 70 dage.

Det er svært at tænke sig andet, end at denne aktivitet stammer fra fissionsprodukter fra atom-bomber, hvorledes de nu end har nået denne koncentration i fjorden på dette tidspunkt, da fissionsaktiviteten i både regn og luft var særlig lav i denne måned. Aktivitetens henfald kunne også tyde herpå.

## 8.2 Fissionsprodukter i græs

8.2.1 Planternes aktivitet stammer dels fra deres indhold af kalium og dels fra fissionsprodukter. Græssets kaliumindhold giver således ca. 20 c/min per 0,1 g aske (se 6.6.3) af den totale  $\beta$ -aktivitet, som har ligget mellem 40 og 90 c/min; d.v.s. 20-70 c/min stammer fra fissionsprodukterne.

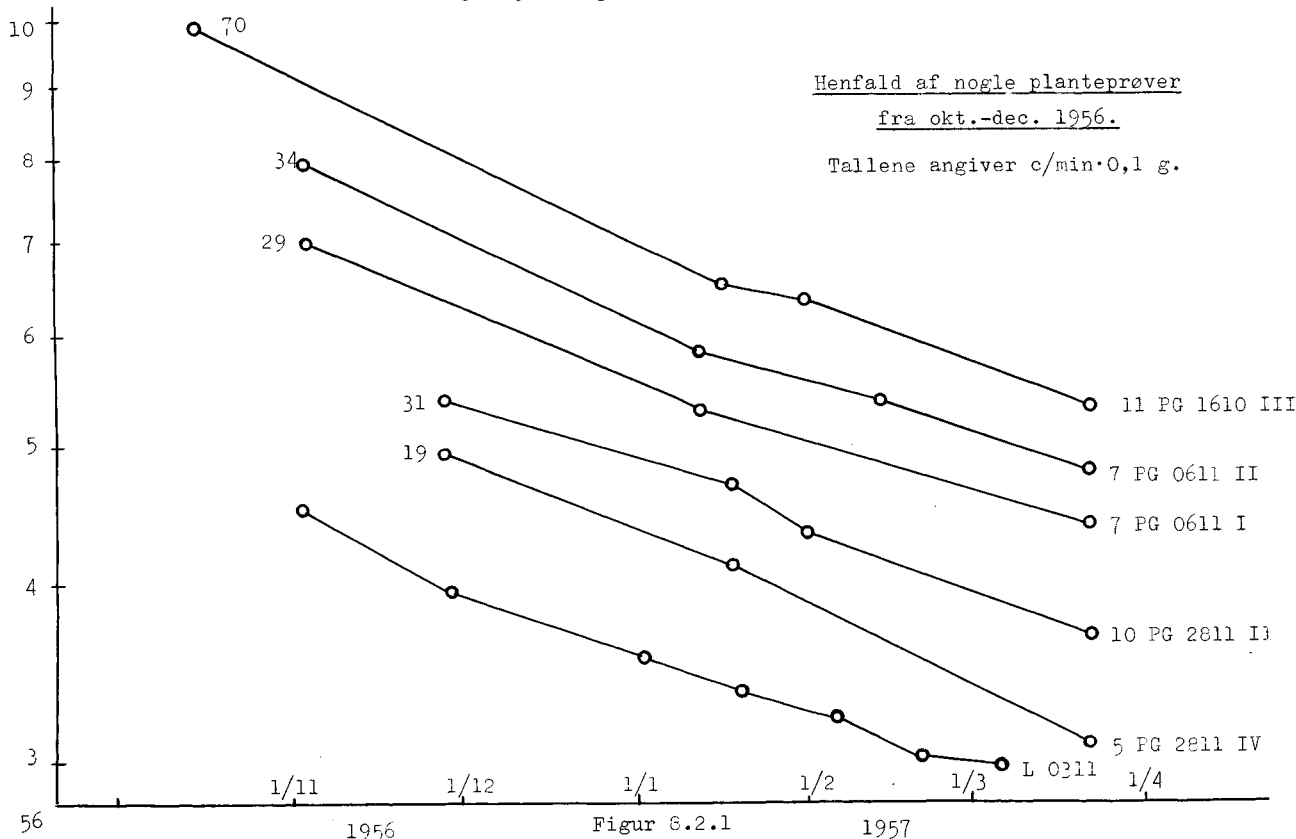
For at søge nærmere oplysninger om fissionsaktiviteten har vi:

1. målt forskellige planteprovers henfald
2. delt særlig aktive græsprøver ned i flere fraktioner og derved konstateret, at deres overskudsaktivitet som regel sidder på et enkelt korn, isoleret sådanne korn og målt deres henfald.
3. dyrket græs indendørs og målt dets aktivitet.
4. isoleret Ce fra de øvrige fissionsprodukter i græsaske.

Disse undersøgelser beskrives nærmere i det følgende.

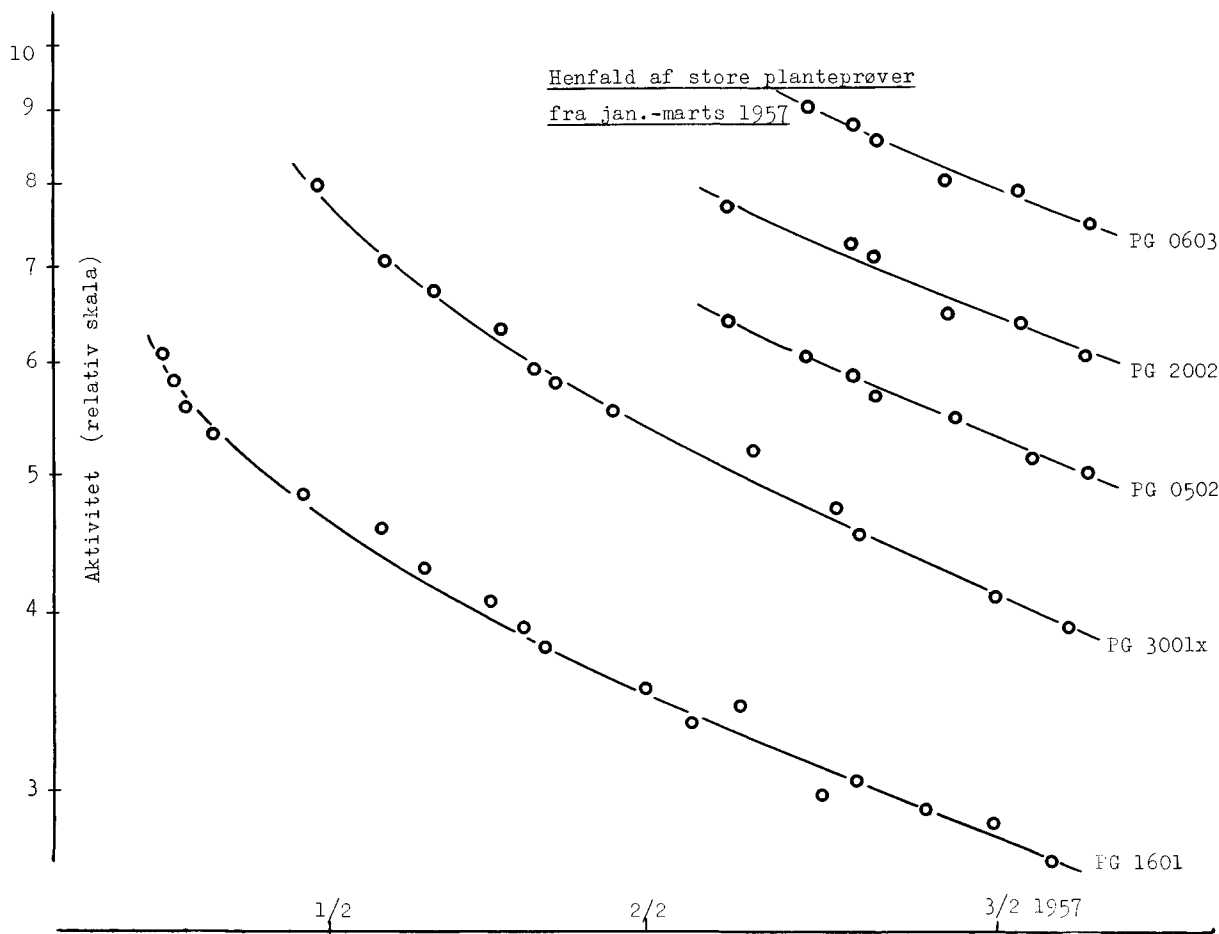
### 8.2.2 Måling af henfald på græsprøver.

8.2.2.1 Vi har målt henfald på nogle græsprøver fra perioden oktober-december 1956. For at finde fissionsproduktens bidrag til aktiviteten har vi trukket kaliums middelaktivitet (20 c/min·0,1 g aske) fra den totale aktivitet, og resultatet af disse målinger er vist på figur 8.2.1, hvor disse græsprovers fissionsaktivitet er afbildet i logaritmisk målestok som funktion af tiden. Ved hver henfaldskurve er endvidere angivet den første og sidste målte fissionsaktivitet. For at kunne sammenligne henfaldet af disse græsprøver med henfaldet af luftprøver fra samme periode (som alle henfalder med omtrent samme hastighed, jfr. tabel 7.3.3) er henfaldskurven for en luftprøve fra 3. november 1956 (L 0311) også indtegnet på figur 8.2.1; det ses tydeligt, at denne prøves aktivitet aftager med nogenlunde samme hastighed som græsprøvernes fissionsaktivitet.



8.2.2.2 Fra januar 1957 har vi undersøgt græsprøvernes fissionsaktivitet mere systematisk, idet vi har taget nogle græsprøver på 400 og 800 mg aske, bestemt deres kaliumindhold og fulgt deres

henfald med god nøjagtighed. Figur 8.2.2 viser resultatet af disse målinger, hvor fissionsaktiviteten er tegnet i logaritmisk målestok som funktion af tiden.



Figur 8.2.2

Heraf ses det, at planteprøver fra samme tid henfalder med næsten samme hastighed, og at denne hastighed kun varierer langsomt med tiden.

Græsprøvernes henfaldshastighed kan således give oplysninger om aktivitetens oprindelse og eventuelt afgøre, om en overskudsaktivitet stammer fra fall-out fra atombomber eller andre kilder. Der tages derfor månedlig en planteprøve på 400 mg, og dens henfald måles.

### 8.2.3 Neddeling af græsprøver

8.2.3.1 I februar og marts 1957 har der været flere græsprøver, som har indeholdt særlig store mængder af fissionsprodukter, helt op til 170 c/min per 0,1 g aske. Hvis en sådan græsprøve deles ned i flere mindre portioner, vil man næsten altid finde, at de fleste af portionerne har den normale aktivitet, medens hele overskudsaktiviteten ligger i en enkelt portion. Hvis nu denne portion deles yderligere ned, finder man som regel, at overskudsaktiviteten ikke kan deles, men følger en enkelt portion, hvoraf man må antage, at hele denne aktivitet er bundet til et enkelt korn.

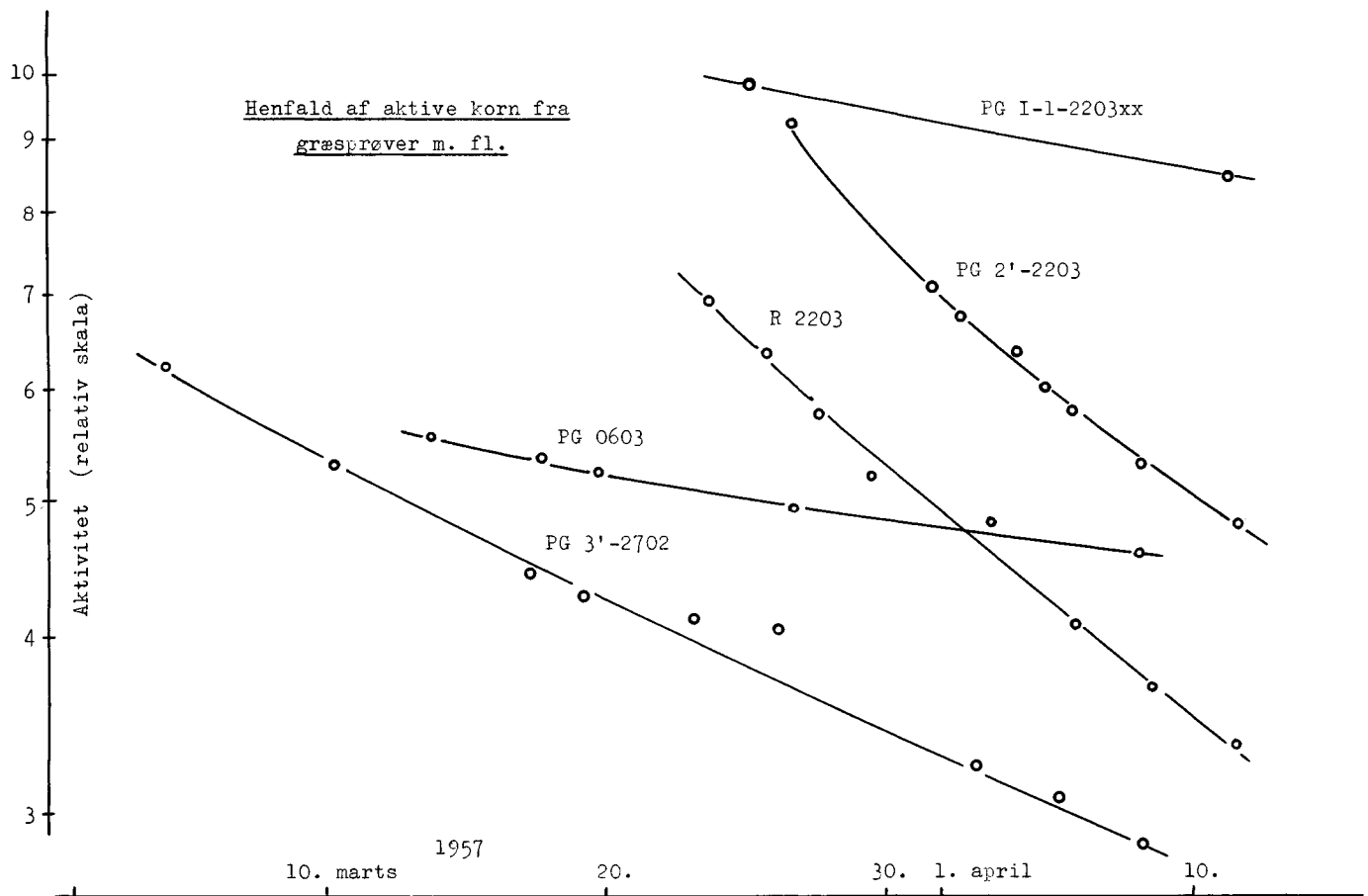
I februar-april 1957 har der været flere græsprøver af denne art, men sandsynligvis ingen før

den tid. Det vil blive vist nedenfor, at den aktivitet, som sidder på disse korn, må stamme fra en bombe, som er eksploderet væsentligt senere end de (eller den) bomber, hvorfra resten af fissionsprodukterne kommer; ved beregning af bombens eksplosionsdato (8.2.4) fås god overensstemmelse med en virkelig eksplosionsdato. Dette må tages som et direkte bevis for, at den del af græssets aktivitet, som ikke skyldes kalium, virkelig stammer fra eksplosionsforsøgene.

8.2.3.2 Ved mekanisk neddeling af særligt aktive græsprøver har vi fået to prøver (PG 3'-2702 og PG 2'-2203) med begyndelsesaktiviteterne 42 og 124 c/min, bestående af meget små mængder af planteaske (næsten usynlige for PG 3'-2702's vedkommende) med et enkelt korn i den ene og to korn i den anden. Disse prøvers henfald er blevet målt, og resultatet af disse målinger er vist på figur 8.2.3, hvor aktiviteten er afbildet i logaritmisk målestok som funktion af tiden.

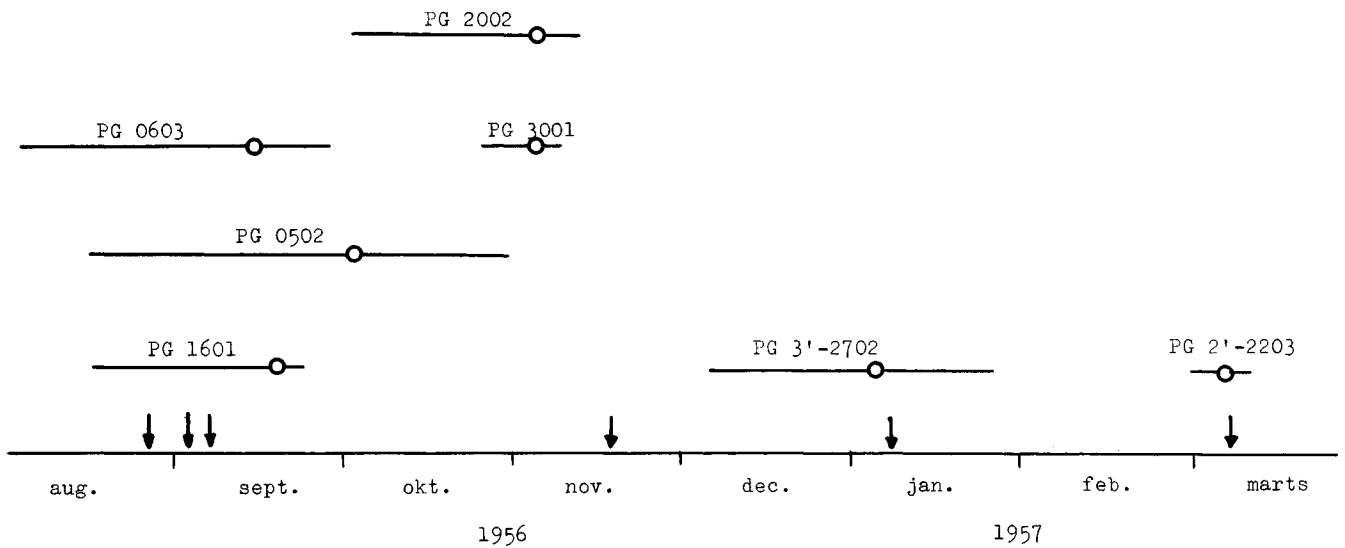
Til sammenligning vises henfaldet af to normale prøver fra samme periode (PG 0603 og PG-I-1 2203xx) samt en regnvandsprøve fra samme dag som den ene planteprøve (R 2203).





Figur 8.2.3

Atombombers datobestemmelse fra FP i græs.  
 Pilene angiver atombombers ekspløsiionsdato.



Figur 8.2.4

Det fremgår af figur 8.2.3, at 1) PG 2'-2203 og PG 3'-2702 henfalder væsentlig hurtigere end de to græsprøver fra samme periode (PG 0603 og PG-I-1 2203xx), så deres aktivitet må stamme fra senere bomber, 2) PG 2'-2203 og R 2203 henfalder praktisk taget lige hurtigt, så aktiviteten i disse to prøver må formodes at stamme fra samme atom-bombe (jfr. 8.2.4).

#### 8.2.4 Bestemmelse af fissionsprodukternes alder.

Fissionsprodukter har halveringstider, som spænder fra brøkdele af et sekund op til millioner af år. En ufraktioneret blanding vil derfor henfalde langsommere og langsommere. Der er en entydig sammenhæng mellem FP's henfaldshastighed og deres alder, og denne sammenhæng kan beregnes, hvis man kender de enkelte fissionsprodukters halveringstider og udbytte ved fissionen. Ved beregning af fissionsprodukternes alder har vi brugt  $\beta$ -henfaldskurven for fissionsprodukter hidrørende fra termisk fission i U-235<sup>x</sup> (se også figur 9.3.2); en atombombes eksplosion fremkommer imidlertid ved hurtig fission i U-235, Pu-239 eller U-238, hvorved der fås en lidt forskellig blanding af fissionsprodukter, men forskellen er dog uden større betydning.

Vi har på denne måde bestemt alderen af fissionsprodukterne i de prøver, som er vist på figur 8.2.1 og 8.2.2. Dette vises på figur 8.2.4, hvor der også er markeret de atombomber, som er blevet affyret i det sidste år. Her må man imidlertid huske, at fissionsprodukterne i en planteprøve som regel vil stamme fra flere forskellige atombomber, således at den fundne dato vil ligge et eller andet sted mellem disse atombombes eksplosionsdatoer. De seneste atombomber vil dog i de fleste tilfælde bidrage mest til den totale aktivitet, således at den fundne eksplosionsdato vil ligge nær de seneste eksplosionsdatoer.

På figur 8.2.4 ses således tydeligt en korrelation mellem den fra fissionsaktivitetens henfald bestemte dato og den rigtige eksplosionsdato.

#### 8.2.5 Fissionsprodukter i græs dyrket indendørs.

Man må forklare planternes store indhold af fissionsprodukter ved, at de optager dem direkte fra luften og regnvandet ved absorption fra bladernes overflade. For at bevise dette har vi dyrket indendørs i Lodsens hus græs i en kasse på ca. 0,5 m<sup>2</sup> med jord fra haven. Vi har taget to prøver af dette græs og målt dets totale  $\beta$ -aktivitet, samt askens K-indhold. Resultatet af disse målinger er opført i tabel 8.2.1, hvor samtidig to græsprøver fra plænen foran Lodsens hus er taget med. Her ser man, at fissionsaktiviteten i græs fra fri luft er ca. 7 gange større end i græs, som er blevet dyrket indendørs.

TABEL 8.2.1

Prøve	c/min · 0,1 g aske	K-indhold	n <sub>K</sub> c/min	n <sub>p</sub> ÷ n <sub>K</sub> c/min
PG-I-0-1503	36,4 ± 0,8	33,4 %	30,1	6,3
PG-I-0-2203	36,5 ± 1,3	33,4 %	30,1	6,4
PG-I-2-1503	61,9 ± 1,8	ca. 22 %	ca. 20	ca. 42
PG-I-2-2203	70,0 ± 1,8	ca. 22 %	ca. 20	ca. 50

<sup>x</sup> J.R. Stehn - Knolls Atomic Power Lab - Dec. 1956.

#### 8.2.6 Fremstilling af Ce-144 ud fra græs.

8.2.6.1 For at demonstrere tilstedeværelsen af betydelige mængder FP i planter fremstilledes ud fra en græsaskeprøve en prøve af Ce-144. Ce-144 blev valgt, fordi denne isotop udgør over 20 % af den samlede aktivitet i blandede FP, der er mellem 9 mdr. og 3 år gamle.<sup>xx</sup>

8.2.6.2 Fremstillingen bygger på en udfældning af Ce<sup>IV</sup> som jodat, hvorved Ce-aktiviteten adskilles fra de øvrige sjældne jordarters grundstoffer. <sup>xxx</sup> Adskillelsen fra Zr er vanskelig og gennemføres ved en række udfældninger under tilsætning af Zr-holdback carrier. Metoden kræver anvendelse af en centrifuge, men da en sådan ikke forefandt, måtte man renoncere på en god adskillelse fra Zr for at undgå for lille udbytte. Den anvendte metode er beskrevet i app. 8.B.

8.2.6.3 Ud fra 1 g græsaske isoleredes en prøve af ceriumoxyd, sandsynligvis med et indhold af zirkonium. Prøven gav 55 c/min umiddelbart efter fremstillingen, hovedsagelig hidrørende fra Ce-144 (eller rettere dets datterprodukt Pr-144) med en halveringstid på 290 dage. Zr-urenheden indeholder Zr-95 med en halveringstid på 65 dage.

Efter 3 uger var prøven henfaldet til 48 c/min, svarende til et indhold af Zr-95 på omkring 30 %.

#### 8.2.7 Konklusion

Ved begyndelsen af dette arbejde var vi slet ikke klar over, at der findes så store mængder af fissionsprodukter i planterne, idet der praktisk taget intet findes herom i litteraturen. Da vi så fandt langt større aktivitet i planterne, end der kan stamme fra kalium, blev der udført en række særlige undersøgelser, som er blevet beskrevet i dette kapitel. Vi har således vist, at planterne optager langt den største del af fissionsprodukterne direkte fra regnvandet og luften (se 8.2.5). At denne overskudsaktivitet stammer fra en blanding af fissionsprodukter har vi vist direkte ved måling af aktivitetens henfald (se 8.2.2), samt ved at bevise tilstedeværelsen af Ce-144 ved en kemisk adskillelse.

<sup>xx</sup> Hunter and Ballou, *Nucleonics* Vol. 9 no 5, C-2 1951

<sup>xxx</sup> W.F. Boldridge, D.N. Hume, Paper 294, p. 1693, *Radiochemical Studies: The Fission Products*, part VI. McGraw Hill 1951.

## DISKUSSION AF RESULTATERNE

### 9.1 Aktiviteten i Roskilde fjord

9.1.1 I perioden fra 1. oktober 1956 til 31. marts 1957 er der ialt blevet målt  $\beta$ -aktiviteten af 225 havvandsprøver fra de 8 kontrolpunkter i og lige uden for Roskilde fjord.

Den månedlige middelværdi af aktiviteten i disse punkter er vist i tabel 9.1.1. Middeltallet af samtlige målinger er 13,1 c/min per 2,5 g tørstof. Ifølge beregninger i 6.1.3.3 over den forventede

$\beta$ -aktivitet i Roskilde fjord, skyldes aktiviteten næsten udelukkende kalium, men hertil kan der dog ventes et lille bidrag fra fall-out. Ifølge samme afsnit må tørstoffets K-indhold formodes at være ret konstant 10,4 mg kalium per g tørstof. Med vor tælleropstilling giver dette  $12,5 \pm 0,1$  c/min per 2,5 g tørstof (se 6.1.3.3). Fissionsprodukterne ventes at give et bidrag mellem 0,0 og 0,8 c/min. Den fundne middelaktivitet på 13,1 c/min er i god overensstemmelse hermed, svarende til en middel fissionsaktivitet på 0,6 c/min per 2,5 g tørstof.

TABEL 9.1.1

Den månedlige middelværdi for aktiviteten (c/min per 2,5 g tørstof) i Roskilde fjord. Tallene i parentes betyder antal målinger.

Punkt	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	I-VIII
Okt	13,0 (14)	12,9 (12)	12,8 (3)	12,8 (1)	10,9 (1)	13,6 (1)			12,9 (32)
Nov	12,6 (8)	13,0 (7)	12,0 (3)	11,5 (2)	12,0 (2)	12,0 (2)			12,6 (24)
Dec	15,7 (6)	14,7 (7)	15,4 (3)	14,1 (3)	12,1 (3)	13,9 (3)	13,4 (2)		13,9 (27)
Jan	13,6 (12)	13,4 (11)	12,8 (4)	12,1 (4)	12,2 (4)	12,1 (4)	12,8 (3)	13,9 (3)	13,1 (45)
Feb	13,1 (12)	13,6 (12)	12,5 (4)	12,9 (4)	13,5 (4)	13,7 (4)	12,8 (4)	12,9 (3)	13,2 (47)
Marts	13,3 (13)	13,5 (13)	13,7 (4)	12,1 (4)	12,3 (4)	13,4 (4)	13,1 (4)	12,4 (4)	13,1 (50)

### 9.1.2 Tidsmæssige variationer i aktiviteten

Hvis man betragter den månedlige middelværdi af samtlige målinger (se tabel 9.1.1), ser man, at aktiviteten har været næsten konstant i oktober og november, men er steget med ca. 2 c/min i december, faldet igen næsten til sin oprindelige værdi i januar, og holdt denne værdi konstant i tiden januar til marts.

Den forhøjede aktivitet i december 1956 er blevet diskuteret i 8.1 og vil derfor ikke blive omtalt nærmere her.

Da den tidsmæssige variation er lille i forhold til tælleusikkerheden (0,7 c/min per 2,5 g

tørstof for en enkelt måling), kan man knapt nok sige noget om, hvorvidt der er forskel i aktivitetens tidsvariation i de enkelte kontrolpunkter, men aktivitetens månedlige middelværdi varierer for alle kontrolpunkterne på den ovenfor omtalte måde: Høj aktivitet i december (pkt. 5 dog undtagen), en forholdsvis konstant aktivitet i de to perioder oktober - november 1956 og januar - marts 1957, dog lidt højere aktivitet i den sidstnævnte periode (se tabel 8.1.1).

### 9.1.3 De stedlige variationer

Hvis man sammenligner de enkelte kontrolpunkters månedlige middelaktivitet (se tabel 9.1.1),

får man det indtryk, at aktiviteten er lidt lavere i fjorden nord for Risø end syd for, men der er dog undtagelser herfra. For at få forskellen mellem de enkelte punkter mere klart frem er aktivitetens middelværdi og spredning for alle kontrolpunkterne blevet regnet ud for perioden 1. oktober

1956 - 31. marts 1957, december måned dog undtagen på grund af den usædvanlige aktivitet i denne måned (se 8.1), og resultatet af disse beregninger vises i tabel 9.1.2. Middelværdiens usikkerhed er her beregnet ud fra spredningen og antal målinger.

TABEL 9.1.2

Punkt	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Aktivitet	13,1±0,1	13,3±0,1	12,8±0,2 (12,6)	12,3±0,3	12,4±0,2	13,0±0,2 (12,7)	12,9±0,1	13,0±0,3
Antal målinger	59	55	18	15	15	15	11	10
Spredning	0,75	0,87	0,90 (0,52)	1,03	0,82	1,15 (0,85)	0,40	0,98

For punkt III og VI må det bemærkes, at to enkelte målinger (HIII 1103 og HVI 2502, jfr. tabel 7.1.13 og 7.1.16) bidrager særlig meget til middelværdien og spredningen. Tallene i parentes i tabel 9.1.2 angiver middelværdien og spredningen i de 2 punkter, når der ikke tages hensyn til disse to målinger.

Det ses her, at middelaktiviteten for alle kontrolpunkterne i den sydlige del af Roskilde fjord (I, II, VII og VIII) er nogenlunde den samme ca. 13,0 c/min per 2,5 g tørstof, medens de andre ligger lidt lavere.

#### 9.1.4 Målingernes fordeling omkring middelværdien

Hvis aktiviteten var konstant, ville en gruppe af målinger fordele sig efter den gaussiske fordelingslov omkring middelværdien med en spredning, som vil være lig med den totale usikkerhed, der ved havvandsmålinger er ca. 0,8 c/min per 2,5 g tørstof (se 6.1.6).

Den observerede spredning for de enkelte målepunkter i perioden 1/10 1956 - 31/3 1957 (december dog undtagen) er vist i tabel 9.1.2, og man ser her, at den ikke er meget højere end usikkerheden.

Det er kun for punkt I og II, at der er så man-

ge målinger hver måned, at spredningerne kan regnes ud månedlig med nogen sikkerhed; disse er opført i tabel 9.1.3.

TABEL 9.1.3

	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	marts
Punkt I	0,8	0,6	1,0	0,4	0,8	0,7
" II	1,0	0,6	1,3	0,3	0,8	1,2

Her får man igen samme resultat: en spredning omkring eller lidt større end den, som tællehastighedens statistiske usikkerhed alene ville give.

#### 9.1.5 Havvandets tørstofindhold

Da der altid tælles på samme mængde tørstof (2,5 g), skal man kende vandets tørstofindhold for at kunne beregne den målte aktivitet i aktivitetsenheder per liter vand. Tørstofindholdet måles derfor jævnlige, og disse målinger er opført sammen med aktiviteten i tabellerne 7.1.1 - 7.1.18.

Tørstoffets middelværdi og spredning i de 8 kontrolpunkter beregnet fra samtlige målinger i perioden fra 1. oktober 1956 til 31. marts 1957 er vist i tabel 9.1.4.

TABEL 9.1.4

Punkt	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Tørstof g/l	13,97	13,89	18,50	19,78	21,22	21,75	13,65	12,60
Spredning	0,36	0,23	0,85	0,75	0,71	1,16	0,23	0,56
Antal målinger	32	29	21	18	18	18	13	10

Heraf ses det, at tørstofindholdet er konstant for hvert punkt inden for nogle få procent, og at det vokser ud mod fjordmundingen. Nogen regelmæssig variation af tørstofindholdet med tiden er der sandsynligvis ikke.

9.1.6 En forhøjelse på 1 c/min per 2,5 g tørstof i fjordens aktivitet kan netop påvises. Hvis denne  $\beta$ -aktivitet er af samme hårdhed som kalium ( $E_{\max} = 1,4$  MeV), svarer dette til, hvis man regner med et tørstofindhold på 17 g/l, 12 pC/l, som kun er 1,5 % af den største tilladelige koncentration af den mest farlige  $\beta$ -aktive isotop (Sr-90:  $MPL = 8 \times 10^{+7} \mu C/ml$ ).

## 9.2 Aktiviteten i jorden

9.2.1 I overensstemmelse med de retningslinier, der er angivet i kapitel 2, er målingerne tilrettelagt med henblik på at konstatere variationen af jordens aktivitet i Risø-området med tid og sted.

### 9.2.2 Substratets indflydelse

Inden man kan sammenligne de forskellige målinger i tid og sted, må man undersøge, hvorvidt en forskel i jordart er af betydning for den observerede aktivitet. Vi har derfor i februar-marts 1957 sammenlignet tre i målingerne forekommende jordarter for at se, om noget sådant er tilfældet.

TABEL 9.2.1

16 prøver af ler	gav i middel		30,1 <sub>+3,0</sub>	c/min·3 g
6 - - - grus	- - -		31,1 <sub>+2,9</sub>	- -
35 - - - muld	- - -		31,3 <sub>+3,2</sub>	- -

(tabel 9.2.3)

Da der således ikke er nogen afgørende forskel på disse jordarter, er de behandlet under eet i det følgende. Iøvrigt er 85 % af samtlige prøver muldjordsprøver.

9.2.3 Variationen med stedet i zone I

Det afgørende punkt er her at undersøge, med hvilken usikkerhed en enkelt prøve kan siges at repræsentere et område af en bestemt størrelse. For at undersøge dette blev der udtaget en række prøver på samme tidspunkt fra områder af forskellig størrelse, idet der her er gjort den forudsætning, at variationen med stedet ikke er tidsafhængig. (2.2).

9.2.3.1 Der udtoges 1 stor prøve fra zone I, punkt 2, og heraf fremstilledes 10 prøver til tælling. Resultaterne er anført i tabel 7.2.6. Det fremgår, at spredningen er 1,2 c/min. Måleusikkerheden er som anført i 6.2.6 ca. 7 %, eller 1,7 c/min.

En enkelt prøve repræsenterer således hele laboratorieprøven, d.v.s. et bestemt punkt af jordoverfladen, inden for denne måleusikkerhed.

9.2.3.2 Der udtoges inden for et areal af ca. 200 m<sup>2</sup> omkring zone I, punkt 2, 10 prøver til tælling jævnt fordelt over området. Forsøget gentoges to måneder senere. Resultaterne er opført i tabellerne 7.2.4 og 7.2.5. Spredningen er henholdsvis 2,1 og 1,9 c/min, medens måleusikkerheden er ca. 1,9 og 1,7 c/min henholdsvis.

En enkelt prøve repræsenterer således en begrænset del af jordoverfladen (~ 100 m<sup>2</sup>) inden for ca. + 1 c/min·3 g.

9.2.3.3 Der udtoges inden for zone I prøver fra 5 punkter (se 6.2.2) på samme tidspunkt. Dette gentoges med en uges mellemrum 9 gange i tiden 1/2 til 1/4 1957. Resultaterne er opført i tabel 7.2.7. Spredningen inden for zone I bestemt ved disse 9 sæt målinger kan udregnes til 2,6 c/min. Måleusikkerheden er ca. 2,0 c/min.

En enkelt prøve repræsenterer således hele zone I inden for 1-2 c/min·3 g.

9.2.4 Variationen med tiden i zone I

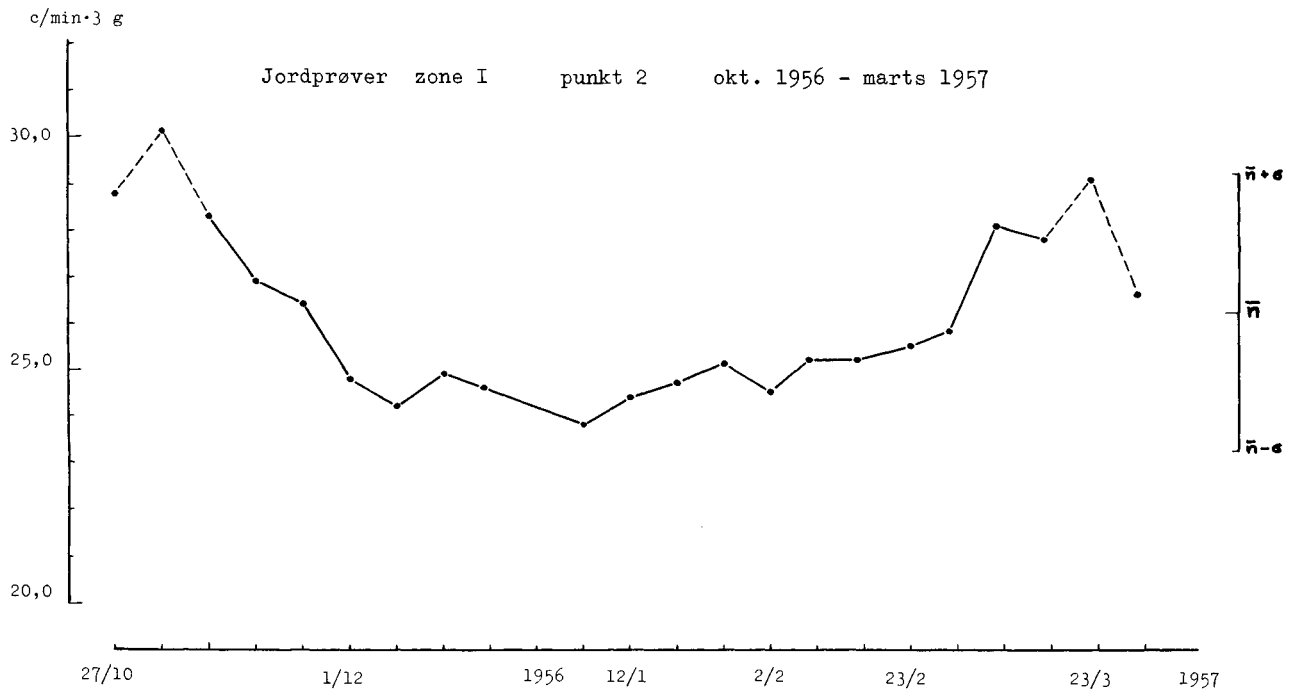
Ved undersøgelser af tidsvariationen er det hensigtsmæssigt at skelne mellem hurtige variationer (fluktuationer) og langsomme ændringer fra måned til måned. Ved undersøgelse af variationen med tiden er i det væsentlige kun anvendt materiale fra zone I, punkt 2 (jfr. 2.2).

9.2.4.1 Der udtoges 10 på hinanden følgende dage (24/10 - 3/11 1956) fra samme punkt prøver til tælling. Forsøget gentoges 3 måneder senere (25/1 - 5/2 1957). Resultaterne er anført i tabellerne 7.2.2 og 7.2.3. Spredningen er henholdsvis 2,5 og 2,6 c/min, medens måleusikkerheden er ca. 2,0 og 1,8 c/min henholdsvis.

Variationen med tiden i løbet af en 10-dages periode er således mindre end ca. 2 c/min·3 g.

9.2.4.2 Der udtoges i en periode på 5 måneder (27/10 - 29/3) ugentlige prøver til tælling fra samme punkt. Resultaterne er opført i tabel 7.2.1. Spredningen er 3,0 c/min, og måleusikkerheden er ca. 2,0 c/min. Der er sandsynligvis en systematisk variation med tiden i løbet af måleperioden, idet det ser ud til, at aktiviteten har passeret et minimum omtrent midt i perioden. I figur 9.2.1 er afbildet tabel 7.2.1 med forlænget tidskonstant, d.v.s. ordinaten til en bestemt dato er middeltallet for en 4 ugers periode.

Variationen fra middeltallet over en periode på 5 måneder er kun 2-3 c/min·3 g.



Figur 9.2.1

9.2.4.3 Der udtoges i 5 punkter i zone I (se 6.2.2) ugentlige prøver til tælling i en periode på 2 måneder (1/2 - 1/4 1957). Resultaterne er opført i tabel 7.2.7. Spredningen over perioden varierer for de 5 punkter fra 1,1 - 3,9 c/min, men giver i gennemsnit 2,7 c/min. Måleusikkerheden er ca. 2,0 c/min.

Gennemsnitsvariationen for de 5 punkter i en periode på 2 måneder er således omkring 2 c/min·3g.

#### 9.2.5 Aktiviteten i zone I

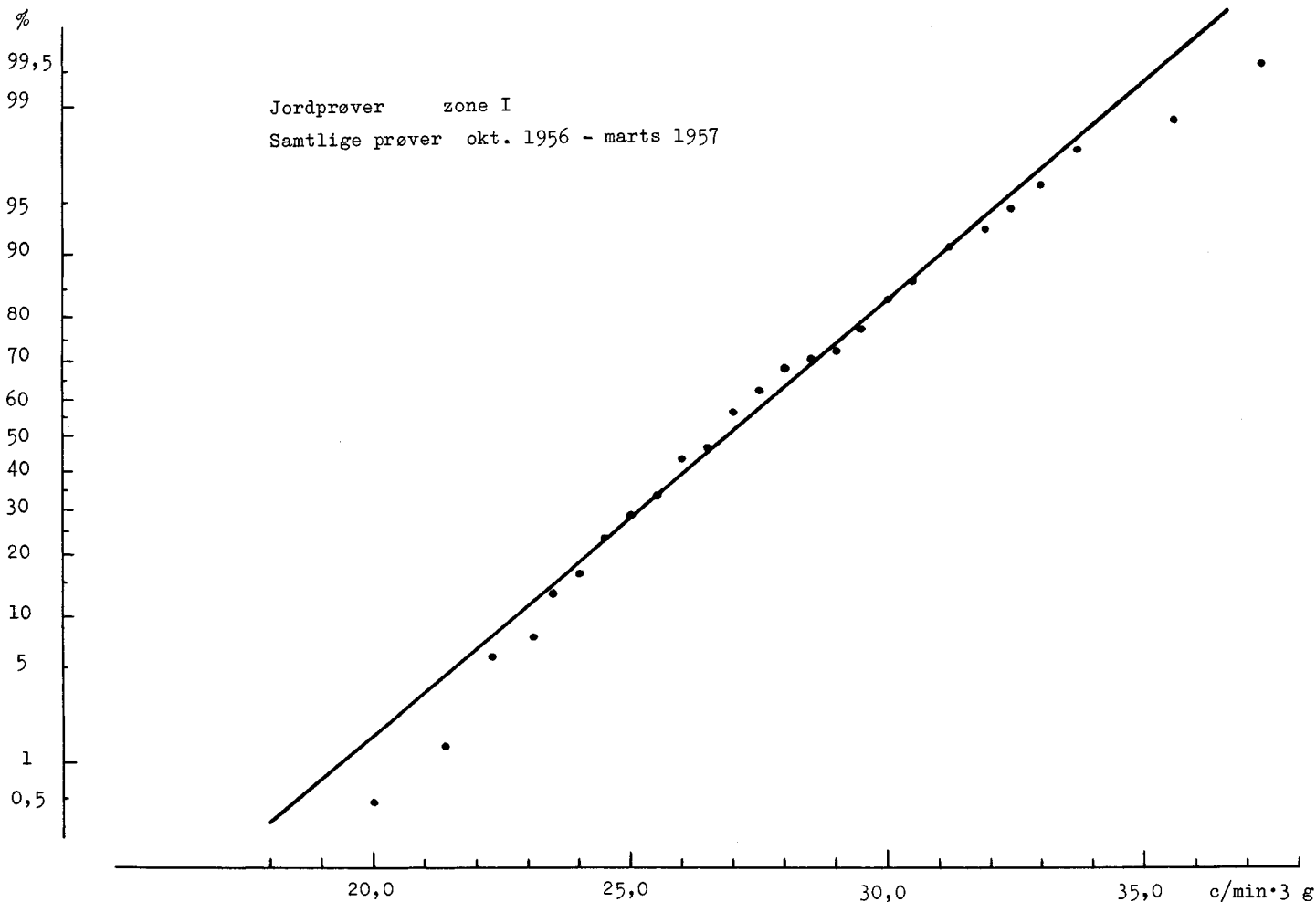
Da variationen både med hensyn til tid og sted i hele zone I i hele den undersøgte periode er omtrent af samme størrelse som måleusikkerheden, er

det ikke muligt at sige andet og mere, end hvad hidtil er anført.

Det rimeligste udtryk for aktiviteten i zone I i perioden oktober 1956 til april 1957 vil således være middeltallet af samtlige målinger, og variationen med tid og sted er lig med spredningen.

I figur 9.2.2 er vist samtlige målinger (113) i zone I, afbildet på sandsynlighedspapir. Middeltallet er 27,0 c/min·3 g, og spredningen 3,2 c/min·3 g. Heraf skyldes ca. 1,9 c/min måleusikkerheden.

Den henholdsvis laveste og højeste værdi var 20,0 og 37,3 c/min·3 g.



Figur 9.2.2

#### 9.2.6 Aktiviteten i de øvrige zoner. (II-V)

Da tidsafhængigheden bestemt ud fra målingerne i zone I kun er af omtrent samme størrelse som måleusikkerheden, og alle målinger i de øvrige zoner iøvrigt er taget inden for en måned, vil alle resultater i denne gruppe blive behandlet under eet uden hensyn til prøvetidspunktet.

Resultaterne fra de 4 zoner er anført i tabellerne 7.2.8 - 7.2.11 og kan sammenfattes i følgende oversigt:

TABEL 9.2.2

Zone	Antal målinger	Middeltal c/min·3 g	Spredning c/min·3 g
II	8	31,5	2,7
III	8	30,6	2,6
IV	8	31,7	4,8
V	12	32,4	4,4
II-V	36	31,6	3,7

Den store spredning i zone V hidrører næsten udelukkende fra et enkelt punkt, punkt 2, der gav 43,8 c/min·3 g. Såfremt der ses bort fra dette punkt, bliver resultaterne modificeret lidt.

TABEL 9.2.3

Zone	Middeltal	Spredning
V	31,3 c/min·3 g	2,6 c/min·3 g
II-V	31,3 - -	3,2 - -

9.2.7 Som venteligt er der ikke nogen forskel på gennemsnitsaktiviteten i de 4 zoner indbyrdes, hvorimod der sandsynligvis er en reel forskel fra zone I på omkring 3 c/min·3 g. Aktiviteten i zone I er således omkring 10 % lavere end i den øvrige del af det undersøgte område.

Mere bemærkelsesværdigt er det, at spredningen bortset fra zone IV kun er af samme størrelse som i zone I. Der er således grund til at tro, at aktiviteten i jorden selv over store områder varierer meget lidt. Et større antal målinger vil sandsynligvis underbygge dette yderligere.

Grunden til, at aktiviteten på Risø (zone I) er lidt lavere end andre steder, er muligvis de store jordarbejder, der er blevet udført her i den undersøgte periode.

9.2.8 Man kunne vente i jordprøver analogt med planteprovér (6.6.6) at finde aktive korn hidrørende fra fall-out. Det viser sig imidlertid at være uhyre sjældent.

Ved neddeling har vi undersøgt et antal jordprøver, som så ud til at ligge over det normale, men har kun i et tilfælde fundet nogen væsentlig heterogenitet.

Fra en prøve (J I-3-0103), der gav 42,3 c/min·3 g, lykkedes det at isolere en fraktion på ca. 100 mg, der gav 13,2 ± 1,3 c/min. En almindelig jordprøve på 100 mg vil kun give ca. 2 c/min. De øvrige fraktioner samledes sammen og taltes igen, hvorefter prøven gav 35,6 c/min. Det er denne værdi, der er anført i tabel 7.2.7.

Neddeling af den i 9.2.5 omtalte prøve på 43,8 c/min·3 g viste ikke nogen heterogenitet, ligesom en dobbeltprøve gav omtrent samme værdi. <sup>x</sup>

9.2.9 Der har ikke ved nogen af de indsamlede prøver kunnet konstateres noget henfald. Hele den målte aktivitet lader sig let forklare ud fra jordens indhold af kalium og andre naturligt forekommende radioaktive grundstoffer, jfr 6.2.3.

9.2.10 På grund af jordprøvernes ret konstante aktivitet både i tid og sted lader de sig med fordel anvende i kontrolsystemets tjeneste (1.1).

Til forøgelse af jordens aktivitet til det dobbelte kræves ca. 20 pC per gram, eller ca. 50 pC/cm<sup>3</sup>, såfremt energien af de udsendte β-partikler er som for kalium (E<sub>max</sub> = 1,4 MeV). Såfremt det drejer sig om små β-energi, kræves væsentlig mere.

### 9.3 Aktiviteten i luften

#### 9.3.1 Kortlivet aktivitet

9.3.1.1 I det følgende omtales målinger af luftens kortlivede aktivitet i perioden 23/7-56 til 20/1-57 foretaget ved Lodsens hus på Risø. I hele perioden er desuden målt vindhastighed og fra 21/9-56 desuden vindretning. Disse resultater er opført i tabellerne 7.3.1.1 - 7.3.1.4 som antallet af observationer, der ligger i givne intervaller af de forskellige variable. Observationer i denne betydning fremkommer som aflæsninger med 3 timers interval af en middelkurve trukket gennem punkter svarende til det registrerende instruments visning (se 6.3.2.1) hver hele time. Der fås herved ialt 8 observationer per dag. På grund af det store antal er disse enkeltobservationer ikke medtaget her.

9.3.1.2 Den målte aktivitet skyldes hovedsageligt Rn, som overalt i større eller mindre mængde trænger op af jordoverfladen. Da den har en halveringstid på 3,8 dage, har den mulighed for et ret langvarigt ophold i luften og dermed for ret betydelige vandring fra dannelsessted til henfaldssted; med en vindhastighed på 10 m/sek tilbagelægges således en afstand på ca. 3300 km i løbet af en halveringstid. Luft, der ankommer til opsamlingsstedet vil derfor have en Rn-aktivitet, der afhænger af den naturlige aktivitet i jorden i de områder, den har passeret flere dage forinden. Man kan derfor vente, at aktiviteten afhænger af vindretningen og måske på forskellig måde ved forskellige vindstyrker.

9.3.1.3 Til undersøgelse af en eventuel retningsafhængighed har vi udregnet middelaktiviteten i 8 vindretningsintervaller og 5 vindstyrkeintervaller, se tabel 7.3.1.5 og for de 8 vindretningsintervaller uden hensyn til vindhastigheden, tabel 7.3.1.6. Disse tal er afbildet på figur 7.3.1.

For de svageste vinde er retningsafhængigheden mindst udpræget, medens man for de større vindstyrker har den største middelaktivitet i retningsområderne omkring SV, d.v.s. i luft, der har passeret Vest- og Centraleuropa, og den mindste i retningsområderne omkring NØ, hvor observationsmaterialet dog er meget sparsomt ved de største vindhastigheder.

Af retningsafhængigheden er mindre udpræget ved de svage vinde må sikkert forklares derved, at aktiviteten da er udpræget lokalt bestemt, og at jordoverfladens sammensætning ikke varierer særlig meget indenfor det nærmeste område som f. eks. Sjælland, jfr. 9.2.7. Desuden er retningsmålingen ikke effektiv ved vindhastigheder under 2 m/sek.

9.3.1.4 Ved afbildning af fordelingen af samtlige Rn-målinger på logaritmisk sandsynlighedspapir får man med tilnærmelse en ret linie, se figur 9.3.1, hvilket svarer til en Gauss-fordeling af logaritmen til aktiviteten. Man finder middelværdien 4400 d/min·m<sup>3</sup>, idet 1 c/min ifølge 6.3.2.2 svarer til 33 d/min·m<sup>3</sup>. Spredningen er en faktor på ca. 0,43.

Til undersøgelse af aktivitetens afhængighed af vindstyrken optegnes den samme fordeling for de enkelte vindstyrkeintervaller, hvorved bestemmes tallene i tabel 7.3.1.7, som er afbildet i figur 7.3.2. Det ses, at middelaktiviteten med tilnærmelse falder exponentielt med vindstyrken og at spredningen er konstant, d.v.s. de indtegnede linier er parallelle.

<sup>x</sup> En ny prøve fra samme punkt (zone V, punkt 2) fra april 1957 gav 29,6 c/min·3 g.

Denne vindstyrkeafhængighed må antagelig forklares på følgende måde:

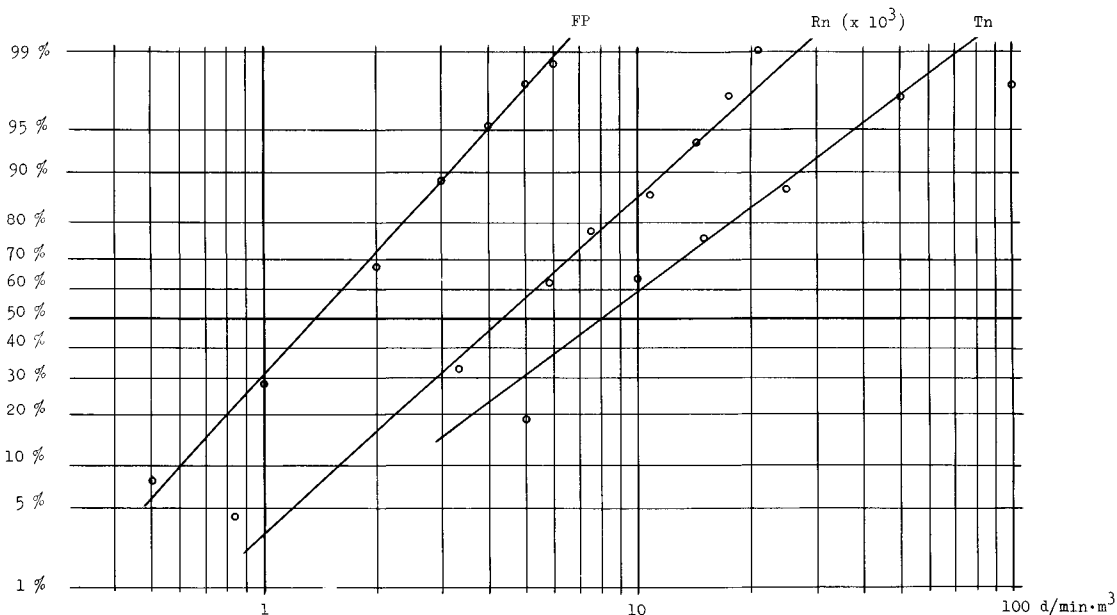
De nedre luftlag tilføres hele tiden en nogenlunde konstant mængde Rn fra jorden. Fra disse fordeles Rn-mængden opefter i luften ved diffusion og ved opblanding af de forskellige luftlag på grund af hvirvler etc., hvilket sidste sker livligere med voksende vindhastighed, hvorved aktiviteten ved jorden må falde med denne.

Ved meget lave vindhastigheder er opblandingen ringe og fordelingen af Rn-mængden sker udelukkende ved diffusion. Under specielle meteorologiske forhold kan man få temperaturinversioner, d.v.s. at temperaturen vokser opefter i nærheden af jordoverfladen, hvorved diffusion opefter forhindres. Tilstedeværelse af temperaturinversion kan f.eks. konstateres ved, at røg fra en skorsten bliver hængende i samme højde i lang tid uden at spredes. Dette indtræder særlig ofte i sommermånederne om natten på grund af jordoverfladens afkøling ved varmeudstråling til verdensrummet. Man vil da iagttage en stadigt voksende aktivitet fra omkring midnat til nogle timer efter solopgang, hvor inversionen ophører.

Når man i nær fremtid påbegynder regelmæssige målinger af temperaturgradienten i luften over Risø, vil man få et materiale til talmæssig behandling af dette forhold. Eventuelt vil man også kunne foretage aktivitetsmålinger i forskellig højde over jorden omtrent samtidig fra meteorologitårnet ved metoden, der er beskrevet i afsnit 6.3.2.

9.3.1.5 Tabel 7.3.1.8 viser resultaterne af målinger på de i afsnit 6.3.2.3 omtalte LS-prøver til kontrol af den kontinuerlige luftaktivitetsmålers effektivitet. Der har i den sidste del af perioden været et noget større forhold LS/L (LS/LF) end i den første. Om dette skyldes en ændring i effektiviteten eller de indførte ændringer i de daglige luftmålinger til FP-bestemmelse kan endnu ikke afgøres. Selv en ret betydelig effektivitetsændring vil imidlertid næppe ændre de i det foregående udledte resultater væsentligt. Ydermere er de største afvigelser først indtruffet efter den behandlede periodes afslutning.

Fordeling af målinger af aktivitet i luften



Figur 9.3.1

### 9.3.2 Langlivet aktivitet

9.3.2.1 Der er foretaget daglige målinger af luftens indhold af fissionsprodukter og thoron-efterkommere siden 1/11-56 ved Lodsens hus på Risø; i begyndelsen ved 4 timers opsamling, efter 1/3-57 ved opsamling hele døgnet. Måleresultaterne er opført i tabel 7.3.2. Af de daglige målinger er de ugentlige gennemsnit udregnet og opført samme sted. Samtlige målinger er afbildet på figur 7.3.3 og 7.3.4 for henholdsvis fissionsprodukters og thoronefterkommeres vedkommende.

9.3.2.2 Både FP- og Tn-målingerne viser meget store svingninger fra dag til dag, hvilket formentlig må tilskrives meteorologiske fænomener. Til undersøgelse af værdierne fordeling har vi optalt antallet af målinger i passende valgte aktivitetsintervaller og afbildet resultatet på logaritmisk sandsynlighedspapir, se figur 9.3.1, hvor også en tilsvarende fordeling af Rn-målingerne er indtegnet (resultater fra tabel 7.3.1.4). Man finder herved med meget god tilnærmelse en normal fordeling af logaritmen til aktiviteten med omtrent samme spredning for de tre typer aktivitet. Af samme figur kan middelværdierne aflases:

TABEL 9.3.2.1

Luftaktivitet i tiden 1/11-56 til 31/3-57.

	Middelværdi	Spredningsfaktor
Fissionsprodukter:	1,4 d/min·m <sup>3</sup>	0,52
Thoron-efterk.:	8,0 d/min·m <sup>3</sup>	0,36
Radon-efterk.:	4400 d/min·m <sup>3</sup>	0,43

Det må hertil bemærkes, at de anførte spredninger kun refererer til fordelingen, ikke til måleusikkerheden; specielt for Rn-målingerne er den absolutte værdi kun meget dårligt bestemt, se i øvrigt afsn. 6.3.2.

Noget forsøg på korrelation af FP- og Tn-målingerne med meteorologiske størrelser er endnu ikke gjort, bortset fra nedennævnte undersøgelse af afhængigheden af nedbøren.



9.3.2.3 Til undersøgelse af luftaktiviteternes afhængighed af nedbøren har vi udregnet middelaktiviteten for ingen, lille og stor nedbørsmængde per døgn over hele perioden fra 1/11-56 til 31/3-57. Fremgangsmåden er den samme som beskrevet i afsnit 9.3.2.2.

TABEL 9.3.2.2

Middelværdi af luftaktivitet ved forskellig nedbørsmængde.

Nedbør	0	0-2	> 2 mm/døgn
FP	1,5	1,5	1,3 d/min·m <sup>3</sup>
Tn	9	9	6,5 d/min·m <sup>3</sup>

Man bemærker kun et ringe fald ved den største nedbør, delvis i modsætning til den almindelige antagelse, at en nedbør på nogle få mm renser luften fuldstændigt for støv og dermed for aktivitet. Det må imidlertid også bemærkes, at det her drejer sig om middelværdier over et døgn, hvor det jo sjældent regner hele tiden.

9.3.2.4 For at få et bedre overblik over aktivitetens niveauets ændringer med tiden har man udregnet gennemsnit af målingerne for hver uge, se figur 7.3.3 og 7.3.4. For FP er fluktuationerne i disse tal ikke særlig store og modsvares i reglen af tilsvarende ændringer i Tn-tallene, hvorfor man formentlig må sige, at de hovedsagelig er meteorologisk betinget. Nogen væsentlig ændring i luftens indhold af FP synes der således ikke at have været i denne periode. Luftens indhold af Tn-efterkommere, der jo stammer fra konstante naturlige ak-

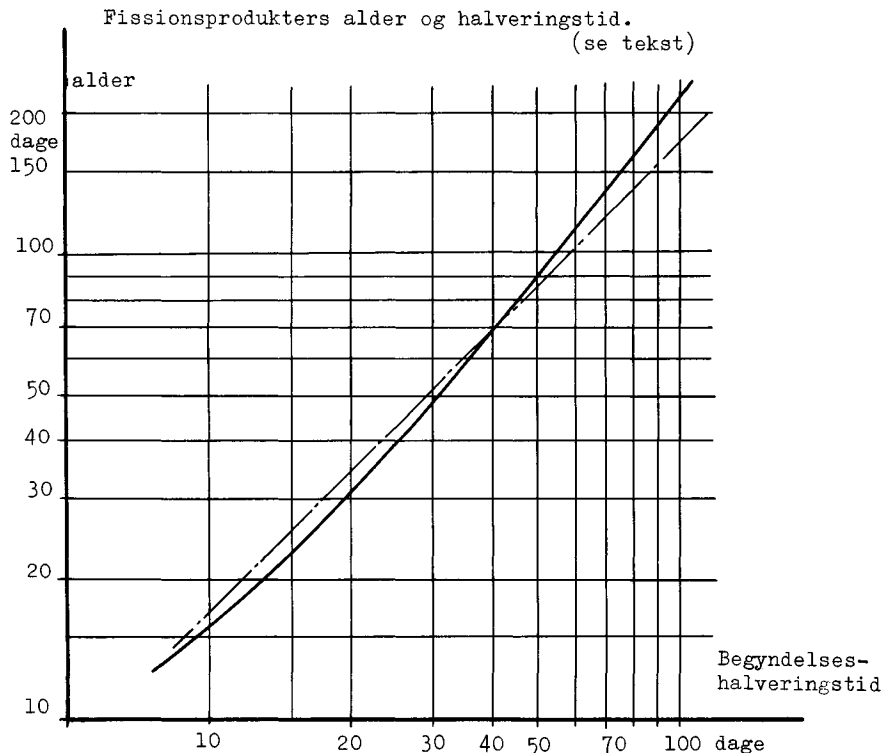
viteter, skal ifølge sagens natur i middel være konstant.

9.3.3 Henfald af fissionsprodukter i luftprøver

9.3.3.1 Samtidig med opsamlingen af de første luftprøver påbegyndtes henfaldsmålinger på disse. Resultaterne heraf var ikke tilfredsstillende i den første tid, idet prøvernes aktivitet i forhold til den tælletid, der kunne afses til disse målinger var alt for lille. Med indførelsen af LS-prøverne og de foraskede luftfiltre, se afsnit 6.3.4, formindskedes usikkerheden betydeligt. Yderligere var tællerens stabilitet ikke for god i den første tid. I tabel 7.3.3 er opført de nogenlunde sikre resultater af de foretagne henfaldsmålinger i form af begyndelseshalveringstider.

9.3.3.2 Fremgangsmåden til opnåelse af de anførte resultater er følgende:

Måleresultaterne afsættes på logaritmisk kurvepapir, og den bedst mulige henfaldskurve lægges gennem punkterne. Denne kurves tangenthældning ved prøvetidspunktet bestemmer prøvens begyndelseshalveringstid, der umiddelbart kan aflæses på kurvebladet. Af en kurve, figur 9.3.2, der er bestemt ud fra en opgivelse af den totale  $\beta$ -aktivitet af FP fra en eksplosion som funktion af tiden  $x$  (den fuldt optrukne kurve på figuren; til sammenligning er indtegnet en stiplede linie, der svarer til  $t^{+1,2}$ -loven) bestemmes prøvens tilsyneladende alder, når begyndelseshalveringstiden kendes. Ud fra alderen kan man umiddelbart bestemme den dato, den pågældende aktivitet tilsyneladende stammer fra. Se også afsn. 8.2.4.



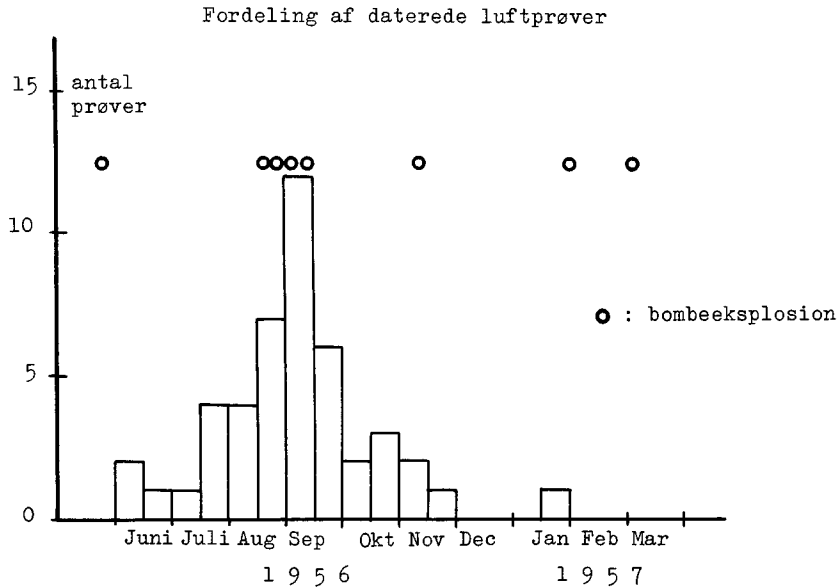
Figur 9.3.2

<sup>x</sup> J.R. Stehn. Knolls Atomic Power Lab. Dec. 1956.

9.3.3.3 Denne datering er foretaget for de prøver, hvor halveringstiden er bedst bestemt, og anført i tabel 7.3.3. På figur 9.3.3 er fordelingen af disse daterede prøver afbildet sammenlignet med de omtrentlige tidspunkter for kendte atom- eller brintbombeeksplosioner.

Man bemærker, at størsteparten af prøverne

stammer fra bomberne i august-september 1956, men at også de senere bomber er repræsenteret. En datering vil, bortset fra den betydelige måleusikkerhed, være præget af blandingsforholdet mellem aktiviteterne fra de forskellige bomber, og man vil derfor i reglen finde en dato, der ligger noget længere tilbage end de nyeste komponenter i aktiviteten.



Figur 9.3.3

Det fremgår i øvrigt af tabellen, at alderen varierer stærkt fra prøve til prøve svarende til, at det er noget tilfældigt, fra hvilken bombeeksplosion en prøves aktivitet stammer.

9.3.3.4 For regnvandsprøver er en tilsvarende undersøgelse på grund af manglende tællekapacitet kun gennemført i enkelte tilfælde, se i øvrigt afsnit 9.8.

#### 9.4 Aktiviteten i bundprøver

9.4.1 Bundprøver fra punkterne I-VIII er undersøgt, dog kun i beskedent omfang. Det totale antal prøver er 24. Resultaterne er opført i tabellerne 7.4.1 - 7.4.8. Et overblik over resultaterne kan fås af følgende tabel:

TABEL 9.4.1

Lokalitet	Bundmateriale	Middeltal c/min·3g	Antal målinger	Største afvigelse fra $\bar{n}$
I	mudder	35,3	4	+ 3,5
II	mudder + fint sand	25,2	2	+ 2,3
III	mudder	49,2	3	+ 8,2
IV	mudder	32,9	3	÷ 4,8
V	mudder + sand	31,0	2	÷ 2,5
VI	sand	23,4	2	÷ 2,5
VII	mudder	59,6	6	+ 24,7
VIII	mudder	38,3	3	+ 16,0

9.4.2 Talmaterialet er ret spinkelt og viser meget stor spredning, hvorfor det er farligt at drage for mange slutninger.

Rent kvalitativt ser det ud til, at sandholdigt materiale ligger noget lavere end rent mudder. Endvidere lader det til, at aktiviteten i mudderet stiger fra fjordmundingen og ind imod bunden af fjorden (se kort over fjorden, kapitel 6).

9.4.3 I forbindelse med den høje aktivitet i fjordvandet i december 1956 (se kap. 8.1) kan det være af interesse at undersøge, hvorvidt bundprøverne har vist en tilsvarende variation.

I tabel 9.4.2 er vist aktiviteten for punkterne I, III, IV, V og VII for perioderne før december 1956, december 1956 og efter december 1956 i procent af gennemsnitsaktiviteten i sidstnævnte periode.

TABEL 9.4.2

Lokalitet	før dec. 1956 %	dec. 1956 %	efter dec. 1956 %
I		99	100
III		127	100
IV	83	107	100
V	85		100
VII		133	100
Gennemsnit	84 % (2)	117 % (5)	100 % (10)

Tallene i parentes er antallet af målinger i perioden.

Uden at gå for vidt kan det vel siges, at der i hvert fald ikke er noget, der taler imod, at aktiviteten i bundprøverne er steget i december, for derefter atter at falde til et niveau, som dog ligger højere end tidligere.

9.4.4 Som støtte for den i foregående paragraf udtrykte mulighed kan endvidere anføres resultaterne fra senere målinger af de samme prøver.

Ved måling i april 1957 af de i tabel 9.4.2 nævnte prøver konstateredes følgende:

De to prøver fra nov. 1956 udviste intet henfald.

Af de 5 prøver fra dec. 1956 var i hvert fald de tre fra punkterne III og VII henfaldet (med ca. 3 % per måned) og sandsynligvis også prøven fra punkt IV (ca. 1 % per måned). Prøven fra punkt I viste intet henfald.

De ti prøver fra jan-marts 1957 har ikke med sikkerhed udvist noget henfald. De fleste af de nye målinger ligger dog lavere end de oprindelige, men i alle tilfælde inden for målesikkerheden.

9.4.5 Bundprøver er på grund af deres store variation ikke velegnede til kontrol, selvom et større antal målinger muligvis vil kunne ændre billedet lidt.

Til at forhøje aktiviteten med 60 c/min·3 g (forskellen mellem den højeste og den laveste observerede aktivitet) kræves ca. 40 pC/g, såfremt energien af de udsendte  $\beta$ -partikler er som for kalium ( $E_{\max} = 1,4$  MeV), eller flere hundrede d/min·cm<sup>2</sup> bund.

## 9.5 Aktiviteten i fisk

9.5.1 Som omtalt i 6.5.2 er kun ålens kød undersøgt, idet aktiviteten i benene er så ringe, at den unddrager sig påvisning.

Der er foretaget 6 bestemmelser på ål, fanget i Roskilde fjord i perioden december 1956 til marts 1957. Resultaterne er opført i tabel 7.5.1.

Middeltallet af disse bestemmelser er 12,1 c/min·5 g kød, i god overensstemmelse med det i 6.5.3 forudsagte. Aktiviteten skyldes således antagelig udelukkende kalium.

9.5.2 Der er foretaget 3 kaliumbestemmelser til kontrol på, at aktiviteten virkelig kan forklares ud fra kaliumindholdet.

TABEL 9.5.1

Prøve nr.	K-indhold mg/5 g	Beregnet aktivitet c/min·5 g	Målt aktivitet c/min·5 g
AK 2401	17,4	15,7	16,4
AK 0702	13,0	11,7	10,5
AK 1902	12,5	11,2	10,7

9.5.3 Da den naturlige aktivitet med held kan beregnes ud fra en kaliumbestemmelse, vil man kunne påvise meget små mængder fremmed aktivitet i ålekød. En forøgelse på 5 c/min·5 g kræver kun 1 pC blandede FP per gram kød.

## 9.6 Aktiviteten i planter

9.6.1 Formålet med disse undersøgelser er at bestemme planternes radioaktivitet, dens størrelse og spredning som funktion af tid og sted.

9.6.2 Til disse undersøgelser skal man vælge planter, som findes overalt hele året rundt. Græs opfylder disse betingelser, men da det består af flere plantearter, hvis sammensætning kan variere med tid og sted, har vi tillige undersøgt aktiviteten i en enkelt planteart, nemlig mælkebøtter.

Både for græs og mælkebøtter har vi taget en daglig prøve på samme sted i 10 dage (se tabel 7.6.2 og 7.6.10), en ugentlig prøve fra samme sted i et par måneder (se tabel 7.6.1 og 7.6.9), samt en prøve fra 7 forskellige steder (alle 7 prøver taget samme dag) på græsplænen foran Lodsens hus (tabel 7.6.3 og 7.6.11). For at få en sammenligning mellem græs og mælkebøtter er resultatet af disse målinger opført i tabel 9.6.1. Ved disse beregninger er den særlig aktive mælkebøtteprøve fra 29/10 (se tabel 7.6.10) ikke taget med, idet denne prøve må formodes at indeholde et særlig aktivt korn (på det tidspunkt var vi ikke begyndt med neddeling af særlig aktive prøver).

TABEL 9.6.1

Prøvens art		Middelaktivitet c/min·0,1 g	Spredning %
Græs	10 daglige prøver	55,9	8
Mælkebøtter	9 - -	75,7	11
Græs	7 ugentlige prøver	54,5	10
Mælkebøtter	8 - -	77,5	10
Græs	7 prøver samme dag	47,3	12
Mælkebøtter	7 - -	77,2	9

Det fremgår af denne tabel, at græs og mælkebøtter giver nogenlunde den samme spredning, og da mælkebøtterne ikke findes i vintermånederne, har vi valgt græs til disse kontrolmålinger.

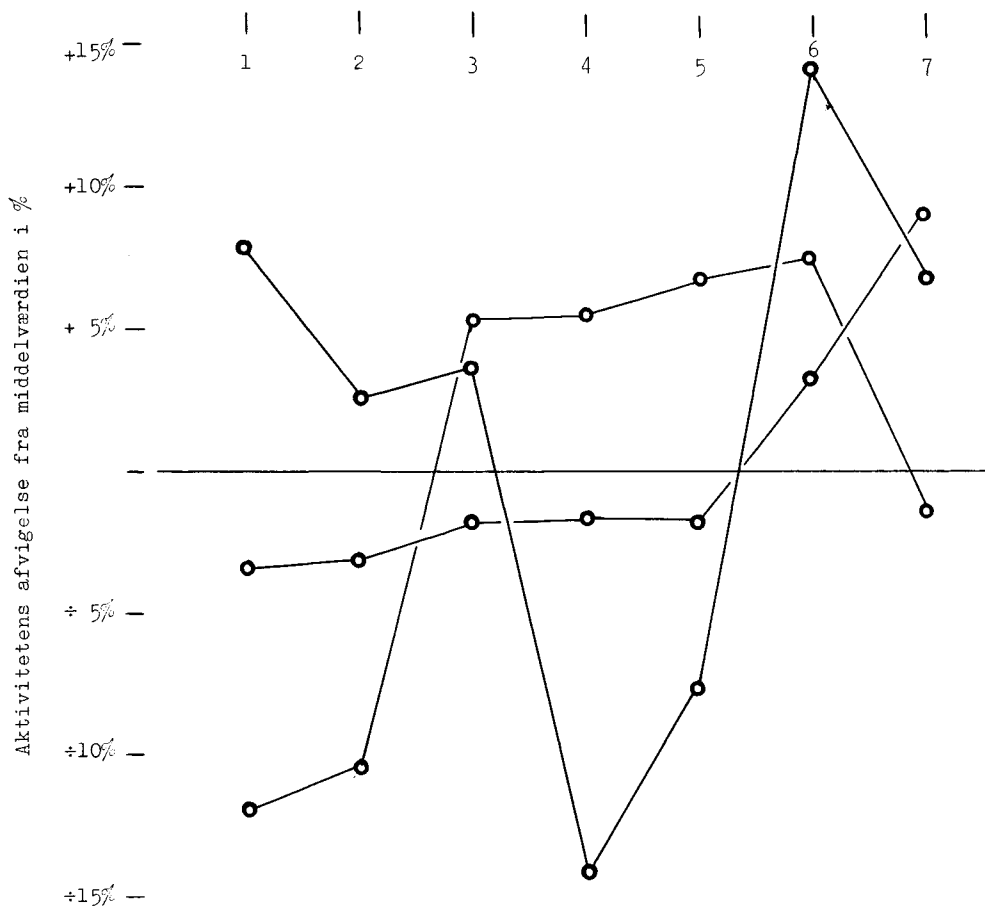
9.6.3 For at undersøge, hvor godt tælleprøven repræsenterer analyseprøven (med andre ord, hvor homogen analyseprøven er), er der fra en enkelt forsøgning af en græsprøve fra punkt 2 zone I blevet

udtaget 10 tælleprøver, og resultatet af disse målinger er opført i tabel 7.6.5. De med x mærkede prøver blev på grund af deres høje aktivitet delt ned i mindre fraktioner (se 8.2.3), og ved måling af disse blev det konstateret, at de begge to indeholdt særlig aktive korn, hvorfor der ses bort fra disse to prøver ved beregningen af analyseprøvens homogenitet. Middeltallet for de øvrige 8 prøver er  $76,5 \text{ c/min} \cdot 0,1 \text{ g}$ , og spredningen er  $4,8 \text{ c/min}$ , eller  $6,3 \%$ . De i afsnit 6.6.6.2 omtalte undersøgelser viser, at tælleprøven repræsenterer laboratorieprøven indenfor en standardafvigelse på  $6,0 \%$ . Dette sammen med de ovennævnte undersøgelser viser, at prøvetilberedningen ikke kan bidrage meget til denne spredning, eller igen at tælleprøven repræsenterer laboratorieprøven indenfor en standardafvigelse på ca.  $6 \%$ .

#### 9.6.4 Aktivitetens variation over et lille område

For at afgøre, om en enkelt græsprøve kan siges at repræsentere et område af en bestemt størrelse, blev der udtaget græsprøver i 7 forskellige punkter i haven ved Lodsens hus. Dette har været gjort to gange, og resultatet af disse undersøgelser er opført i tabel 7.6.3 og 7.6.4. Samme undersøgelse er blevet gjort een gang for mælkebøtter, og målingerne er opført i tabel 7.6.11. For bedre at kunne bedømme, om der er nogen systematisk variation i aktiviteten fra det ene sted til det andet, er den procentvise afvigelse fra middeltallet vist grafisk på figur 9.6.1, og man ser på denne figur, at en sådan variation sandsynligvis ikke findes. Spredningen omkring middeltallet for de to sæt målinger af græsprøver er  $12 \%$  og  $5 \%$ , og  $9 \%$  for mælkebøtter.

Aktiviteten i 7 punkter på græsplanen ved Lodsens hus



Figur 9.6.1

Ifølge foregående afsnit repræsenterer græssets tælleprøve laboratorieprøven indenfor en standardafvigelse på ca.  $6 \%$ , og man kan nu slutte, at den også repræsenterer hele græsplanen ( $200 \text{ m}^2$ ) med nogenlunde samme usikkerhed; man må formode, at det samme gælder andre områder af samme størrelse og beskaffenhed.

#### 9.6.5 Aktivitetens variation over større områder

På grund af det beskedne materiale, man endnu har indsamlet fra de fem forskellige zoner (se ta-

bellerne 7.6.6 - 7.6.8) er det for tidligt at drage nogen konklusion om systematiske stedlige variationer inden for kontrolområdet.

9.6.6 For at undersøge eventuelle tidsmæssige variationer blev en daglig græsprøve taget i punkt 2 zone I 5.-16. november 1956, og resultatet af disse undersøgelser er indført i tabel 7.6.2. Aktivitetens middelværdi er  $55,9$  med en spredning på  $8 \%$ . Nogen systematisk variation i aktiviteten kan ikke ses indenfor denne korte periode.

Efter disse undersøgelser blev der kun taget en ugentlig græsprøve i dette punkt, og resultatet af disse undersøgelser er opført i tabel 7.6.1, hvor det tydeligt ses, at aktiviteten i græsset er steget væsentligt. I tabel 9.6.1 er den månedlige middelværdi for samtlige målinger fra dette punkt vist. Det fremgår af denne tabel, at fissionsaktiviteten er steget med ca. 100 % fra november 1956 til marts 1957.

TABEL 9.6.1

Periode	Middelaktivitet c/min·0,1 g	Antal målinger
November	48,5	11
December	54,0	3
Januar	68,0	5
Februar	74,6	11
Marts	75,7	12

9.6.7 Græssets radioaktivitet stammer delvis fra kalium (ca. 20 c/min·0,1 g) og delvis fra fissionsprodukter (20-60 c/min·0,1 g). Der går græs fra et areal på 25-50 cm<sup>2</sup> til en græsprøve, så græssets aktivitet fra fissionsprodukter svarer til ca. 1 c/min·cm<sup>2</sup> eller 2 d/min·cm<sup>2</sup> (tællerens effektivitet er 50 %).

Da denne aktivitet henfalder, skal der tilføres nye fissionsprodukter, hvis den totale aktivitet i græsset ikke skal falde. Heri ligger der en mulighed for at måle, hvor store mængder af fissionsprodukter græsset modtager.

I februar og marts 1957 var græssets middelaktivitet i punkt 2 zone I konstant, ca. 75 c/min, hvoraf 55 c/min stammer fra fissionsprodukter. Vi har også fundet (se figur 8.2.2), at græssets aktivitet fra februar henfalder 14 % den første måned, svarende til et henfald på 7,7 c/min for fissionsprodukterne i en gennemsnitsprøve. Da der var forholdsvis lidt græs på plænen i denne måned, må man regne med, at en sådan græsprøve svarer til ca. 40 cm<sup>2</sup> af græsplænen. Dette giver et henfald per arealenhed på  $7,7/40 = 0,19$  c/min·cm<sup>2</sup> eller ca. 0,4 d/min (tællerens effektivitet er 50 %).

Da den nedfaldne aktivitet hovedsagelig kommer med regn, kan det være interessant at sammenligne dette tal med den totale nedfaldne aktivitet fra regn i februar, som ifølge tabel 7.8.2 var 1,6 d/min·cm<sup>2</sup>. Ifølge disse målinger har græsset da absorberet omtrent 1/4 af regnvandets aktivitet.

9.6.8 Græssets  $\beta$ -aktivitet stammer hovedsagelig fra fissionsprodukter fra fall-out, d.v.s. netop de samme stoffer, som har den største sandsynlighed for at kontaminere forsøgsstationens omgivelser. Aktivitetens mængde varierer meget både med tid og sted, og den afhænger af mange faktorer, bl.a. den nedfaldne aktivitet i de foregående måneder, og hvor stor del af denne aktivitet, der absorberes fra græssets overflade; desuden af græssets tæthed, samt dets alder (nyt græs indeholder altid mindre mængder af fissionsprodukter).

Måling af græssets aktivitet er derfor ikke nogen særlig følsom metode til opdagelse af en eventuel kontaminering, men disse målinger er dog fuldt tilstrækkelige til kontrol af den biologiske fare.

## 9.7 Aktiviteten i ferskvand

9.7.1 Der er foretaget målinger på dels drikkevand fra Lodsens hus og Risøgaard, dels direkte på grundvand fra 4 forskellige steder i zone I. Resultaterne er opført i tabellerne 7.7.1 - 7.7.3.

Endvidere er der efter særligt ønske fra dr. Kofod-Hansen foretaget aktivitetsbestemmelser på graderværksvand og på afløbet fra en septictank. Resultaterne er for fuldstændighedens skyld opført i tabel 7.7.4. Vedrørende graderværksvandet er der tidligere afsendt rapport herom (27/11 1956, se kopi i app. 9.7.A).

9.7.2 Af tabellerne 7.7.1 og 7.7.2 fremgår, at aktiviteten i den undersøgte periode i det væsentlige har været konstant for begge vandhaner.

Aktiviteten per liter er højere på Risøgaard, men dette skyldes udelukkende det større tørstofindhold, idet aktiviteten per vægtmængde tørstof er omtrent den samme.

9.7.3 De 3 grundvandsprøver udviser ikke særlige afvigelser fra det normale, hvorimod den fjerde har en dobbelt så høj aktivitet per vægtmængde tørstof. Dette hænger muligvis sammen med, at medens grundvandstanden for de 3 punkter er ganske nær jordoverfladen, ligger vandspejlet for det fjerdes vedkommende ca. 20 m under niveau.

9.7.4 Selvom aktiviteten ikke lader sig beregne ud fra en kaliumanalyse (6.7.3), er ferskvand alligevel velegnet til kontrol, idet aktiviteten synes at være ret konstant og desuden meget lav.

En forøgelse af aktiviteten til det dobbelte vil kræve ca. 10 pC blandede FP per liter, eller 1/10 af toleranskoncentrationen.

## 9.8 Aktiviteten i regnvand

9.8.1 Målinger af regnvandsaktiviteten er foretaget ved Lodsens hus siden 16/9-56 som beskrevet i afsnit 6.8. Resultaterne heraf er anført i tabellerne 7.8.1 - 7.8.2 som aktivitet per liter regnvand og totalt nedfald af aktivitet per døgn per m<sup>2</sup>. Den førstnævnte størrelse er afbildet i figur 7.8.1. Måleresultaterne for hver måned er sammenfattet i tabel 7.8.2 og afbildet i figur 7.8.2 og 7.8.3 som gennemsnitsaktivitet og totalt nedfald for måneden. Ved udregningen af det totale nedfald har man regnet nedbøren = 0,5 mm, hvor < 1 mm er anført.

9.8.2 Man bemærker især det store nedfald i oktober-november, der antagelig skyldes atombombeforsøgene i august-september, jfr. 9.3.3. Da der ikke foreligger almindelige henfaldsmålinger på regnvandsprøverne, kan dette dog ikke bekræftes. Henfaldsmålinger på enkelte prøver fra september viser, at deres aktivitet stammer fra de nævnte forsøg.

Aktiviteten i marts ligger en del højere end i de foregående måneder. Henfaldsmåling på den stærkeste af prøverne, prøvend. 22/3, daterer den til ca. d. 3/3, og der er eksploderet en bombe d. 8/3, således at en stor del af aktiviteten må stamme herfra. Den forhøjede aktivitet vil således kunne tilskrives denne bombe.

9.8.3 Til undersøgelse af en eventuel sammenhæng mellem nedbør og middelaktivitet af regnvandet har man bestemt nedenstående tabel ved optegning af

fordelingskurverne for aktiviteten for forskellige intervaller af nedbørsmængder.

TABEL 9.8.1

Nedbør:	< 1	1-2	2-4	> 4	mm
25 %	400	400	350	350	d/min·l
50 %	650	650	450	500	-
75 %	1600	1100	650	750	-

Tallene til venstre er den procentdel af målingerne, der ligger lavere end de i tabellens indre anførte aktiviteter.

Man ser et svagt fald af middeltallet med nedbørsmængden. De højeste værdier forekommer kun ved lille nedbør og giver anledning til den store spredning her. Dette kan muligvis forklares derved, at man på dage med lille nedbør og specielt efter nogen tørke får medtaget en stor del nedfaldet støv fra regnvandsopsamlere i prøven. Dette fordeles i en stor vandmængde, når der er rigelige nedbør, hvorfor det kun i mindre mængde medtages i prøven.

9.8.3 Dette forhold bidrager naturligvis til at forøge usikkerheden på bestemmelsen af det totale nedfald. Man vil derfor i fremtiden i løbet af en måned indsamle en prøve, der indeholder alt nedfald på et areal på 100 cm<sup>2</sup>. På denne prøve kan måles henfald, således at man ved summation af disse prøvers aktivitet på et bestemt tidspunkt kan bestemme den tilbageværende aktivitet fra en bestemt forudgående periode.

## 9.9 Aktiviteten i mælk

9.9.1 Der er foretaget 12 målinger på sødmælk fra mejeriet Brokilde i St. Valby i perioden jan-apr 1957. Resultaterne er opført i tabel 7.9.1.

Middeltallet af disse målinger er 35,8 c/min·25 ml, og spredningen er 2,8 c/min·25 ml. Aktiviteterne er således ikke større, end at den let kan forklares ud fra K-indholdet, ligesom variationen udmærket kan skyldes variationen heri.

9.9.2 Der er foretaget 3 K-bestemmelser i mælk

TABEL 9.9.1

Prøve nr.	K-indhold mg/25 ml	Beregnet aktivitet c/min·25 ml	Målt aktivitet c/min·25 ml
M 1601	34,8	31,3	36,4
M 2403	36,0	32,4	30,6
M 3103	37,4	33,7	40,0

Det ser ud til, at aktiviteten ikke i alle prøver lader sig forklare ud fra K-indholdet, således at nogle få c/min må skyldes FP. Der er dog ikke med sikkerhed konstateret noget henfald på mælkeprøver. <sup>x</sup>

9.9.3 Da kærerne ikke har været på græs i den undersøgte periode, må man vente et lavt FP-indhold. Det vil være af interesse at se, hvorvidt forskellen mellem den beregnede aktivitet og den målte aktivitet vokser, når kærerne kommer i marken.

<sup>x</sup> M 1401 gav oprindelig	39,1±1,3 c/min
gav 3 mdr senere	37,1±1,1 c/min
Forholdet mellem de to målinger er	95±4 %.

## KONKLUSION

10.1 I denne rapport er omtalt udviklingen af metoder til bestemmelse af den totale  $\beta$ -aktivitet i en række naturlige materialer. Ved hjælp af disse metoder er der foretaget regelmæssige aktivitetsbestemmelser i vand fra Roskilde fjord, samt jord og planter fra Risø området. Der er foretaget daglige målinger af aktiviteten i luften og regnvandet, samt et mindre antal målinger på bundprøver og ål fra Roskilde fjord, ferskvand og mælk.

10.2 Den fundne aktivitet hidrører dels fra de naturligt forekommende radioaktive grundstoffer, dels fra fall-out. For planter og regnvand er fall-out aktiviteten den største, medens den for de øvrige materialers vedkommende er væsentlig mindre end den naturlige aktivitet. Ingen af de undersøgte materialer har udvist en radioaktivitet, som kan frembyde nogen fare for levende væsener.

10.3 Der er for de fleste materialers vedkommen-

de konstateret en variation med tiden, hvorimod der ikke med sikkerhed er konstateret nogen variation med stedet inden for det undersøgte område.

10.4 Til hurtig detektering af en eventuel radioaktiv forurening, hidrørende fra uheld ved forsøgsstationens virksomhed, er følgende materialer velegnede

vandet i Roskilde fjord  
jorden på Risø  
grundvandet på Risø

Disse materialers aktivitet er så lav og så konstant, at selv en meget ringe kontaminering vil kunne påvises. I øvrigt gælder det for alle de undersøgte materialer, at en stigning i aktiviteten let vil kunne påvises, længe før den kan have nogen biologisk signifikans.

Lodsens hus Risø

15/5 1957

K. Heydorn

J. Lippert

P. Theodorsson

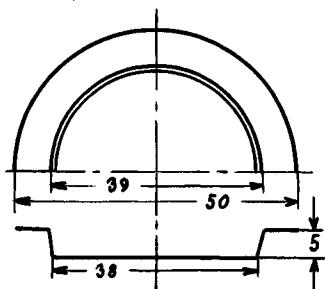
## APPENDIKS



## APPENDIKS 5.A

### Tælleskåle

De ved vore undersøgelser anvendte tælleskåle er fremstillet af 0,1 mm aluminiumplade (ca. 25 mg/cm<sup>2</sup>) ved presning. Dimensionerne er som vist på skitsen (mål i mm).



Da visse af vore prøver (f.eks. salt fra havvand) i tidens løb æder sig gennem de tynde skåle, har vi ladet fremstille særlige lakerede skåle til disse prøver.

Ved lakeringen anvendes en ovtørrende epoxy-lak, som er bestandig over for fortyndede syrer, og som kan tåle temperaturer på 110°C (tørnings-temperatur). Lakfilmens tykkelse er af størrelsesordenen 0,01 mm.

Skålene afprøvedes ved inddampning af 2 ml 4 N HCl med en infralampe. Syren æder sig gennem små huller i lakfilmen og ødelægger skålene, såfremt filmen ikke er tilstrækkelig tæt.

Det viste sig, at det er nødvendigt at lakere skålene to gange. Endvidere viste det sig, at behandlingen inden lakeringen er af betydning. Man kan enten affedte skålene med et opløsningsmiddel eller ved ophedning. Den sidste metode gav de bedste resultater.

Efter indførelse af lakerede skåle har ingen af vore prøver angrebet skålene.

Skålene fremstilles af firmaet L.G. Kjærbølling, Viborggade, Ø.

## APPENDIKS 6.1.A

### Sammensætningen af tørstof fra Roskilde fjord

1. For at demonstrere berettigelsen af den i 6.1.3.3 gjorte forudsætning, at tørstofsammensætningen i vandet fra Roskilde fjord er den samme som i de store have, er der foretaget nogle bestemmelser af Cl<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> og Ca<sup>++</sup> koncentrationen i fjordvandet.

2.1 Cl<sup>+</sup> bestemmelserne er udført af magister K.P. Andersen, Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser, under anvendelse af Mohr's metode (AgNO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>).

TABEL 1

Tørstof g/l	Cl <sup>+</sup> g/l	Cl <sup>+</sup> mg/g tørstof
13,61	7,16	526
18,68	9,62	515
19,74	10,23	519
20,61	10,77	522

520,5±2,5 mg/g  
tørstof

2.2 K<sup>+</sup> bestemmelserne er udført af frk. I.M. Gade, Rigshospitalets analytiske laboratorium, med et Perkin-Elmer Flammespektrometer.

TABEL 2

Tørstof g/l	K <sup>+</sup> meq/l	K <sup>+</sup> mg/g tørstof
18,99	5,10	10,5
20,44	5,28	10,1

10,3±0,2 mg/g  
tørstof

2.3 Ca<sup>++</sup> bestemmelserne er foretaget her ved titrering med Na<sub>2</sub>EDTA og murexid som indikator.

TABEL 3

Tørstof g/l	Ca <sup>++</sup> mg/l	Ca <sup>++</sup> mg/g tørstof
18,48	212,5	11,5
19,52	212,4	10,9
20,71	225,6	10,9
20,90	234,1	11,2

11,1±0,2 mg/g tør-  
stof

3. Ud fra disse bestemmelser beregnes forholdstallene Cl<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> og Cl<sup>+</sup>/Ca<sup>++</sup> for tørstof fra Roskilde fjord.

TABEL 4

	Cl <sup>+</sup> /K <sup>+</sup>	Cl <sup>+</sup> /Ca <sup>++</sup>
Roskilde fjord	50,5±1,0	46,9±0,9
Oceanerne	49,9	47,4

For kaliums vedkommende kan i øvrigt tillige henvises til en række analyser, publiceret af D.A. Webb<sup>x</sup>, der viser, at forholdet mellem K<sup>+</sup> og Cl<sup>+</sup> i havene er meget konstant. Han angiver forholdet

$$\text{Cl}^+/\text{K}^+ = 49,8 \pm 0,5$$

## APPENDIKS 6.1.B

### HAVVAND I

#### Udtagning af prøve

Prøven udtages i en polyethylenflaske (0,5 liter) med skruelåg. Flasken skylles to gange med havvand på prøveudtagningsstedet og fyldes derefter fuldstændigt, idet det påses, at den udtagne prøve ikke kommer til at indeholde væsentlige mængder faste forureninger. Flaskerne mærkes inden udtagningen.

#### Forbehandling

Vandprøven filtreres gennem et foldefilter (S og S no 597) i en 16 cm almindelig tragt ned i et 250 ml måleglas. De første 50 ml af filtratet bortkastes; herefter fyldes måleglasset til 200 ml stregen.

<sup>x</sup> Spectrographic Analyses of Marine Invertebrates, Sci. Proc. R. Dublin Soc. 21, 505 (1937).

## Inddampning

200 ml vandprøven inddampes på vandbad i en ved 110° tørret, afkølet og vejlet rundbundet nikkel-skål (8 cm). Under inddampningen må skålen kun fyldes halvt (ca. 2,5 time).

Inddampningsresten tørres 2 timer ved 110°, afkøles i eksikator og vejes hurtigt på analysevægten (3.dec.), da inddampningsresten er noget hygroskopisk.

Skålen bør forinden renses omhyggeligt under-neden med et fugtigt viskestykke, idet der ofte vil være en hinde af CaCO<sub>3</sub> fra vandet i vandbadet. Den lader sig ofte lettest fjerne efter tørringen i varmeskabet.

Af differensen mellem de to vejninger udregnes havvandets indhold af tørstof i g/l. (2 dec.)

## Efterbehandling

Nikkelskålens indhold skræbes ud med en nikkelspatel (lettest, når det har suget noget vand) og tørres i en (varm) porcelænsmorter (100 mm), hvorefter det stødes til ensartet kornstørrelse. Ca. 2,5 g af stoffet fyldes i en afvejet 5 cm lakeret aluminiumskål. Det stemples jævnt med en dorn, tørres igen og afkøles i eksikator. Slut-telig vejes det atter (2 dec.). Differensen mellem de to vejninger er prøvens vægt.

Skålen mærkes i randen med en blyant (4 H) med bogstavet H, efterfulgt af steds- og datoangivelse. Prøven opbevares i eksikator.

## APPENDIKS 6.1.C

### HAVVAND II

#### Udtagning af prøve

Prøven udtages i en polyethylenflaske (0,5 liter) med skruelåg. Flasken skylles to gange med havvand på prøveudtagningsstedet og fyldes derefter fuldstændigt, idet det påses, at den udtagne prøve ikke kommer til at indeholde væsentlige mængder faste forureninger. Flaskerne mærkes inden udtagningen.

#### Forbehandling

Vandprøven filtreres gennem et foldefilter (S og S no 597) i en 16 cm almindelig tragt ned i et 250 ml måleglas. De første 50 ml af filtratet bortkastes; herefter fyldes måleglasset til 200 ml stregen.

#### Inddampning

200 ml vandprøven inddampes i en rustfri stål-skål (14 cm ø) til tørhed med en kvartsstrålevarmer (1000 W). Tørstoffet samles med lidt destilleret vand i skålens midte og tørres atter (ca. 1 time).

#### Efterbehandling

Tørstoffet stødes med en pistil i stålskålen og ca. 2,5 g overføres til en afvejet 5 cm lakeret aluminiumskål. Det stemples jævnt med en dorn, tørres 10 minutter i varmeskab og afkøles i eksikator. Sluttelig vejes det atter (2 dec.). Differensen mellem de to vejninger er prøvens vægt.

Skålen mærkes i randen med en blyant (4 H) med bogstavet H, efterfulgt af steds- og datoangivelse. Prøven opbevares i eksikator.

## APPENDIKS 6.2.A

### JORD

#### Udtagning af prøve

Prøven udtages i en række punkter rundt omkring i Risøs omegn med varierende mellemrum. En 0,5 l hvidblikdåse med låg fyldes ca. 1/4 med jord fra de øverste par cm af jordlaget ved hjælp af en planteskovl. Jordprøven bør ikke indeholde levende plantedele. Dåsen etiketteres på stedet med dato og nøjagtig stedsangivelse.

#### Forbehandling

Jordprøven udbredes i et tyndt lag på et ark crepepapir (48 x 60). Jordklumper smuldres mellem fingrene og småsten bortkastes; genkendelige plantedele fjernes. Prøven tørres i ikke under en time i flasketørreskabet ved ca. 110°.

#### Glødning og formaling

En passende mængde af den tørrede jordprøve overføres til en 540 cylindrisk kvartsskål og glødes i muffelovnen i 2 timer ved 550°. Efter passende afkøling overføres prøven til en 12 cm morter, hvor den formales så fint som muligt.

#### Efterbehandling

Den formalede prøve sigtes gennem en metal-sigte (DIN 24, 250 μ). Den del, der ikke kan passere sigten bortkastes.

I en 5 cm ulakeret aluminiumskål afvejes af den sigtede prøve 3,0±0,05 g. Prøven skal være stampet jævnt med en dorn inden vejningen.

Skålen mærkes i randen med en blyant (4 H) med bogstavet J, samt angivelse af zone, punkt og dato.

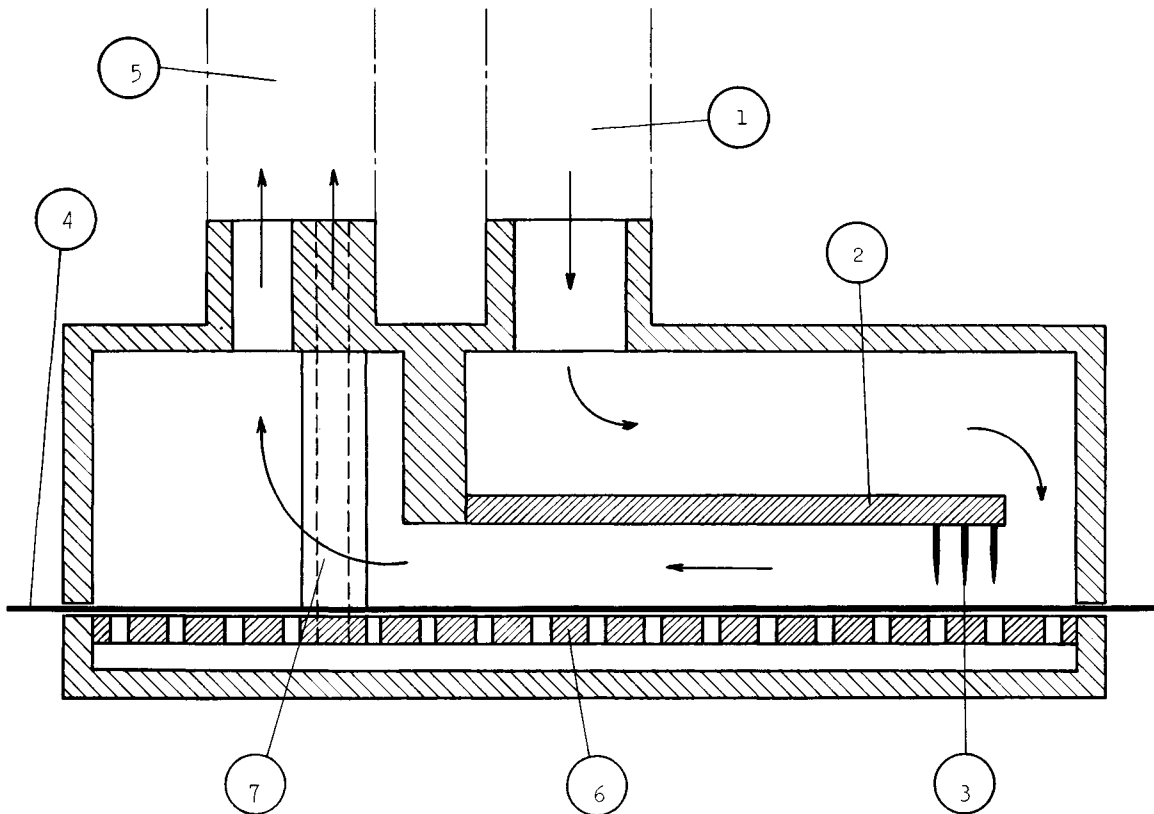
## APPENDIKS 6.3.A

### Kontinuerlig måling af luftens aktivitet

1.1 Opsamling af aktiviteten sker i et opsamlerskammer, se figur 1, som er udført i plexiglas. Luften kommer ind ved 1, passerer forbi 18 stålspidser 3 (alm. grammofonstifter), der er anbragt i messingpladen 2 overfor aluminiumbåndet 4, og løber langs dette til udløbet 5 og videre til støvsugeren. Der vil være et undertryk ved 5, som udnyttes til at skabe en sugning gennem huller i underpladen 6 via kanalen 7 med det formål at holde båndet fast mod pladen, idet det ellers ville blafre i luftstrømmen. Båndet føres ind og ud gennem snævre spalter i kammerets endevægge.

Opsamlingen af støvet sker ved hjælp af den fra spidserne 3 brændende koronaukladning, der bevirker en opladning af støvpartiklerne, som derefter trækkes over på båndet under luftens passage forbi dette. Med en højspænding på + 11 kV fås en udladningsstrøm på 0,2 - 0,4 mA, noget aftagende med tiden, da spidserne efterhånden tilsmudsnes af støv.

Elektrostatisk støvopsamlerkammer.



Figur 1

1.2 Luften suges fra en åbning til det fri gennem en slange til opsamlerkammeret og derfra gennem endnu en slange til en almindelig støvsuger af fabrikat Elektrolux. Herfra var det oprindeligt meningen at lade luften strømme ud i hele det skab, opstillingen er indbygget i, og der fungere som køleluft. Imidlertid viste det sig, at der ved koronaudladningen dannes en del ozon, som efterhånden ødelægger alle gummidele, den kommer i berøring med. Til at afbøde denne virkning kan brunsten,  $MnO_2$ , anvendes som katalysator for ozons omdannelse til ilt. Der blev derfor anbragt 1 kg heraf i slangen mellem kammer og støvsuger, hvor det udfylder en strækning på ca. 0,5 m, samt en mindre mængde i støvsugerens støvpose. Dette gav en betydelig forbedring, men var dog ikke tilstrækkeligt. Der blev derfor arrangeret en direkte udstrømning af luften fra støvsugeren, og ozonmængden i skabet er nu ubetydelig.

Den gennemstrømmende luftmængdes størrelse indstilles ved med en variabel transformator at ændre støvsugerens spænding. Normalt benyttes ca. 60 V svarende til en luftmængde på ca. 58 liter/min.

1.3 Det benyttede aluminiumbånd er 30 mm bredt og 0,03 mm tykt og leveres i ruller à 100 m. Det føres over en lederulle gennem opsamlerkammeret, forbi tælleren, mellem to gummidrivruller og til en opsamlerspole. Den ene drivrulle trykker båndet fast mod den anden, der har diameteren 24 mm og drejes 1 gang rundt i timen af en lille synkronmotor. Båndhastigheden bliver derved 7,5 cm/time.

1.4 Højspændingskilden arbejder ved spidsensretning og spændingstredobling fra en 3 kV transformator. Spændingen bliver derved variabel fra 0 til ca. 14 kV ved hjælp af en indbygget variabel transformator med en maksimal strøm på 6 mA. Den er forsynet med et instrument, der normalt viser strømmen, men som kan omstilles til en grov spændingsmåling, idet man måler strømmen i en bleedermodstand på 10 megohm. Af sikkerhedsgrunde er der indsat en seriemodstand på 1 megohm til hindring af en voldsom udladning af kondensatorerne ved kortslutning etc.

1.5 Umiddelbart efter kammeret er anbragt en geigertæller, Philips 18514, til tælling af den opsamlede aktivitet. Dens rude befinder sig ca. 2 mm over båndet i en afstand af ca. 5,5 cm fra koronaspidserne, svarende til ca. 45 min bevægelse af båndet, og dækker skønmæssigt over ca. 2 cm af dette. Impulserne fra tælleren føres til et rate-meter, Philips type PW 4041, der normalt arbejder i området 0 - 1000 c/min. Fra dette føres en med instrumentudslaget varierende spænding til en skriver, se app. 6.3.B.

Tælleren geometri skønnes at være 0,25 og dens nultal er ca. 75 c/min.

2 Nyt aluminiumbånd skal indsættes med 7-8 ugers mellemrum. Ved denne lejlighed bør kammeret adskilles og renses for støv med tetraklorkulstof. Ligeledes renses gummivalserne.

En gang ugentlig afklippes den udløbne strimmel til fremstilling af LS-prøver, se app. 6.3.C.

Samtidig kontrolleres koronastrommen og gummiremens tilstand, og det efterses, om udladningen brænder jævnt. Er dette ikke tilfældet, ses en tydelig stribning i støvet på båndet.

3 Til bestemmelse af opsamlingseffektiviteten anvendes resultaterne fra LS-målingerne og ugegennemsnittet af de daglige filterprøver, se tabellerne 7.3.1.8 og 7.3.2.

Følgende sammenhørende værdier anvendes:

TABEL 6.3.A.1

Uge nr.	L-gns. d/min.m <sup>2</sup>	LS c/min	LS/L
5646	1,20	57	48
5647	1,14	62	54
5649	0,73	68	93
5650	1,93	85	44
5651	1,87	120	64
5652	1,60	100	63
5701	1,45	68	47
5702	1,86	75	40
5703	1,67	150	90
5704	3,47	95	56
5705	2,49	170	68
5706	2,35	180	77
5707	1,37	94	69
5708	1,11	90	81

Heraf bestemmes middelværdien af LS/L til 64 med en spredning på 27 %.

Den opsamlende aktivitet stammer fra en luftmængde på 58 l/min i en uge eller ca. 600 m<sup>3</sup>. Tænker man sig, at aktiviteten i luften har været 1 d/min.m<sup>3</sup> og denne opsamles med en effektivitet  $\mu$  på båndet og afrenses herfra med en effektivitet på ca. 0,9 (skønsmæssigt ansat, båndet ser næsten rent ud efter afrensningen) og tælles med geometrifaktoren 0,5 i Anton-tælleren, skal man få 64 c/min i henhold til ovenstående

$$1 \cdot 600 \cdot \mu \cdot 0,9 \cdot 0,50 = 64.$$

Heraf bestemmes  $\mu = 0,25 \pm 0,08$ , der må anses for en rimelig værdi.

Til direkte kontrol er udarbejdet den i app. 6.3.F omtalte metode, der dog endnu ikke er taget i brug.

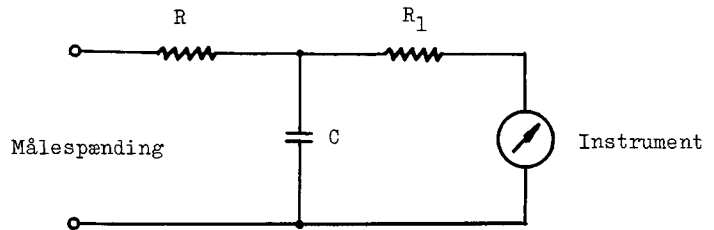
APPENDIKS 6.3.B

Registrering af vindretning, vindstyrke og luftaktivitet

1 Til registrering af udslaget på ratemeteret, se app. 6.3.A, anvendes en 3-kanal punktskriver, fuldt udslag for 0,1 mA, med aftrykning af hver kanal een gang per minut. De to andre kanaler benyttes til registrering af vindstyrke og vindretning, da disse størrelser søges korreleret med radon-målingerne.

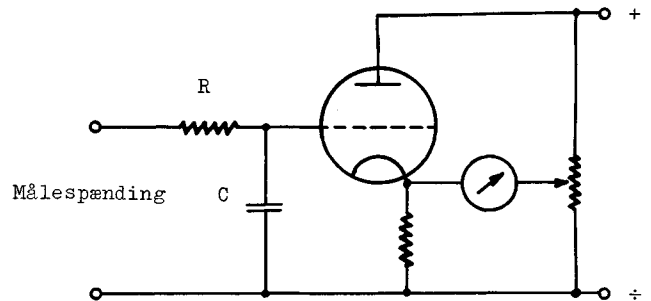
2 Disse tre størrelser fluktuerer imidlertid alle

så hurtigt, at man ikke får glatte kurver, men tre punktskærer a ca. 1/20 skalabredde, som ofte griber over hinanden og derfor er meget vanskelige at aflæse. Til afhjælpning heraf blev der bygget en elektronisk kurveudjævner i form af et integrator-kredsløb med en tidskonstant på 10 - 15 minutter. Grundprincippet fremgår af figur 1, hvor man opnår en forlænget tidskonstant ved hjælp af et indskudt RC-led. Tidskonstanten af dette led er imidlertid produktet af modstanden R i parallel med instrumentformodstanden R<sub>1</sub> og kondensatorens kapacitet C. Da man kun har en begrænset målespænding til rådighed, indser man, at man må vælge R = R<sub>1</sub>, samt at summen af disse ikke gerne må blive større end ca. 0,1 megohm, svarende til 10 V for fuldt udslag, jfr. 1. Da den benyttede kondensator ikke må have nogen væsentlig lækstrøm, kan elektrolytkondensatorer ikke benyttes. Papirkondensatorer større end ca. 10  $\mu$ F er også vanskelige at have med at gøre; selv til denne størrelse svarer desuden kun en tidskonstant på 0,25 sek med de omtalte modstandsværdier.



Figur 1. RC-led som integrator

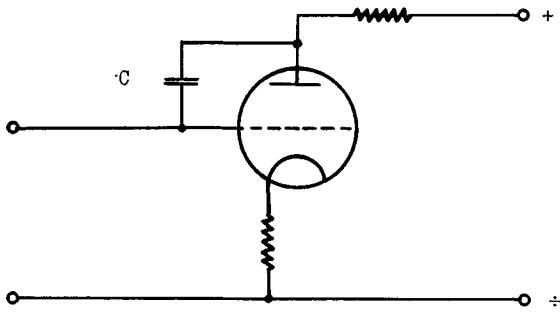
Indskydes en katodefølger foran instrumentet, kan man opnå en betydeligt større tidskonstant, idet man kan forøge R, se figur 2, til f.eks. 5 megohm, da man nu ikke længere skal tage hensyn til nogen instrumentbelastning. Med C = 10  $\mu$ F fås tidskonstanten T = 50 sek. Samtidig opnås den fordel, at man ikke længere skal benytte en forhøjet målespænding. Da man som nævnt aftrykker punkterne med 1 minuts interval, må man imidlertid have en tidskonstant på mindst 5 minutter.



Figur 2. RC-led med katodefølger

Hverken R eller C kan forøges væsentligt, og man må derfor udnytte det fænomen, at en kapacitiv tilbagekoblet forstærker med eet rør, se figur 3, set fra indgangssiden virker som en konden-

sator med en kapacitet, der er produktet af tilbagekoblingskapaciteten og trinets forstærkning A plus 1 eller, hvis A er stor  $C_i = C \cdot A$ . En værdi som  $A = 100$  kan let opnås, og man kan derfor få forlænget tidskonstanten til omtrent 1 time. Som en passende værdi fastsættes ca. 15 minutter, og kondensatoren blev reduceret til  $2 \mu\text{F}$ .

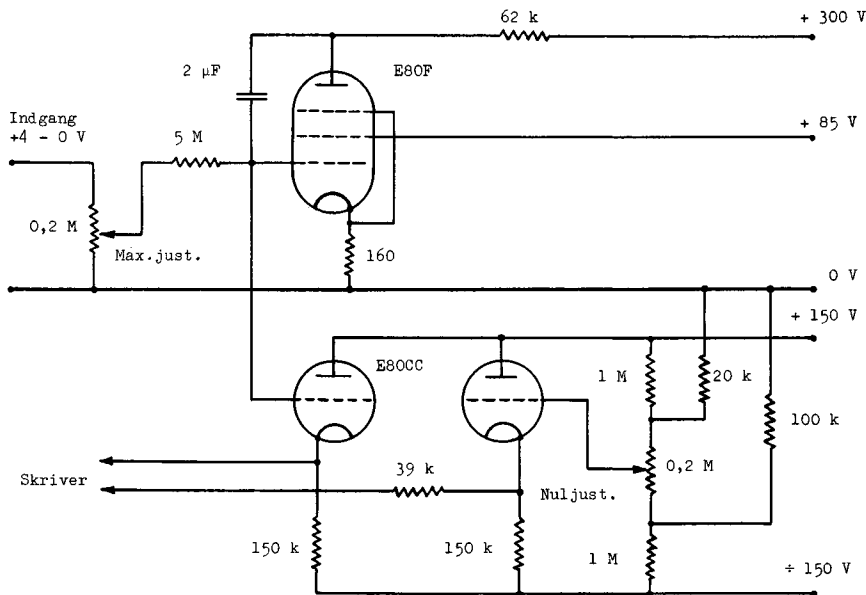


Figur 3  
Forstærkertrin med kapacitiv tilbagekobling

Den detaljerede opbygning af en sådan integratorkanal fremgår af figur 4. Integrationen fås ved hjælp af modstanden på 5 megohm, røret E80F med en forstærkning på 60 - 100 gange, afhængig af den påtrykte indgangsspænding, der ligger i området 0 - +4, og en tilbagekoblingskondensator på  $2 \mu\text{F}$ . Tidskonstanten er således 600 - 1000 sek. Den integrerede spænding føres til indgangen på et balanceret katodefølgertrin, bestående af dobbeltrioden E80CC med instrumentet indskudt mellem katoderne med en passende formodstand. Dobbelttriodens andet gitter påtrykkes en nuljusteringsspænding.

Der findes tre uafhængige integratorkanaler med noget forskellig indgangskobling, sammenbygget med en fælles glimrørstabiliseret spændingsforsyning og med udgange tilsluttet hver sin af de tre kanaler på punktskriveren.

3 Vindstyrkemåleren er en almindelig type, fabrikat G. Schultz, Kbh., med 5 roterende skåle, der driver en lille generator, som afgiver en med omløbstallet voksende spænding. Denne føres dels til et i m/sek kalibreret viserinstrument, dels til et ensretterkredsløb foran integratorindgangen.



Figur 4. Integratorkanal

4 Vindretningsmåleren er fremstillet på stedet. En lang arm med en fane styrer den bevægelige del af en 48-kontakt omskifter. Mellem dennes faste kontakter er anbragt 48 ens modstande, hvorigenem sendes en konstant strøm fra integratorens spændingsforsyning via en stor modstand. Idet en større eller mindre del af disse modstande kortsluttes af den bevægelige arm, vil spændingen være proportional med drejningen ud fra begyndelsesretningen, der er nord. Denne spænding føres til integratoren. Skriveren justeres til et udslag på  $80^\circ$  på skalaen for den maksimale spænding, igen svarende til nord. En ulempe ved dette arrangement er, at udslaget skifter fra 0 til maksimum, når vindretningen passerer nord. Med denne vindretning vil man på grund af fluktuationerne få et noget ejendommeligt forløb hen over hele skalaen af den tegnede kurve, som dog med nogen øvelse lader sig tyde.

Beklageligvis ser det ud til, at den benyttede omskifters levetid er ret begrænset, således at man får dårlig kontakt til den bevægelige arm og

derved fejlvisning. Af denne årsag og på grund af afledning i kablet til måleren - dette overskyldes af havvand ved højvande - er observationerne af vindretning indstillet fra d. 20/1-57.

5 Da integratoren trods glimrørstabiliseringen er noget følsom for netspændingsvariationer, er der indskudt en magnetisk spændingsstabilisator, Philips type PE 4205, der afgiver 300 W. Denne forsyner også den kontinuerlige luftmåler og Antontælleren.

#### APPENDIKS 6.3.C

##### Fremstilling af LS-prøver

##### Forbehandling

En uges forbrug af aluminiumstrimmel fra luftmåleren afklippes (ca. 13 m) og rulles løst op i små ruller à ca. 2,5.

## Opløsning

Støvet fjernes fra aluminiumstrimmelen ved behandling med ca. 30 ml konc.  $\text{HNO}_3$  i et 50 ml bægglas (høj form) i 10 minutter for hver rulle. Rullen skal lige akkurat være dækket af syren; den bevæges rundt heri med en lille spatel. Efter behandlingen skylles rullen hurtigt og grundigt med destilleret vand ned i et andet 50 ml bægglas; dette gentages endnu en gang. Processen fortsættes, til alle ruller er blevet behandlet. Herefter kan aluminiumstrimmelen bortkastes.

## Efterbehandling

Salpetersyren fjernes ved forsigtig kogning på asbestplade over en bunsenbrænder. Når syren er næsten afdampet, tilsættes efterhånden skyllevandet i mindre portioner, og kogningen fortsættes til tørhed.

Remanensen overføres med lidt destilleret vand til en 5 cm ulakeret aluminiumskål; vandet afdampes under infralampe.

Sluttelig fikseres prøven med nogle dråber af en 10 % acetoneopløsning af RX. Tørring ved henstand i luften.

Skålen mærkes i randen med en blyant (4 H) med LS efterfulgt af årstal og ugens nummer, regnet fra 1. januar.

### APPENDIKS 6.3.D

#### Opsamling af støv fra luften ved filtrering

1. Den simpleste måde at opsamle luftaktivitet (der er bundet til støvpartikler, altså ikke luftformige radioaktive isotoper) er, at suge luften gennem et passende stykke filterpapir. Til dette formål har vi benyttet to forskellige apparater; det ene er fabrikeret af Fleming Radio Ltd., det andet er fremstillet her.

#### 2. Fleming Radio støvopsamler

Dette apparat har en almindelig husholdningstype støvsuger som luftpumpe. Filteret er ca. 6 cm i diameter og anbringes i spænd mellem to ringe, hvoraf den ene er forsynet med gitterstænger til støtte for filteret. Den effektive filterdiameter bliver derved 5,1 cm. Dette system fastspændes på støvsugeren med en omløbermøtrik. Umiddelbart bag filteret er anbragt et anemometer til måling af den gennemstrømmende luftmængde. For at opnå et nogenlunde konstant trykfald gennem filteret og sikre passende køling af motoren er der arrangeret en luftshunt i form af et rør, der leder luften ind i kammeret bag måleren. Den gennemstrømmende luftmængde er normalt af størrelsesordenen 6-8  $\text{m}^3/\text{time}$ . Med denne luftmængde bør man ikke opsamle længere end ca. 2, højst 3 timer på et filter på grund af risikoen for tilstopning ved større støvmængder i luften. Disse filtre kan tælles direkte i Anton-tælleren.

#### 3. AEK-opsamler

For at kunne opsamle betydeligt større mængder luft end de ca. 30  $\text{m}^3$ , det er muligt at opnå med ovennævnte metode ved brug af 2 filtre, uden at få et stort arbejde med skiftning af disse, er der konstrueret en støvopsamler til 25 cm filtre. Den er opbygget af en lufttæt aluminiumkasse, se

figur 6.3.2 med to udskæringer. Den ene har en diameter på 22,5 cm og er forsynet med et groft messinggitter til understøtning af filtererpapiret, der styres af en ring omkring hullet; herover er på et hængsel anbragt en hætte, der via en slange er i forbindelse med det fri. I kassens anden åbning er anbragt motor-ventilatorenheden til en Nilfisk støvsuger. Fra dennes udblæsning ledes luften gennem en luft-(gas-) måler for 20  $\text{m}^3/\text{time}$ . Den gennemstrømmende luftmængde er af denne størrelse ved en motorspænding på 110 V, hvilket er den normalt benyttede.

Med denne spænding på motoren fås i tørt vejr med ren luft praktisk taget intet fald i gennemstrømningshastigheden, medens det i meget fugtigt vejr kan gå op til 50 % i løbet af 24 timer.

Det benyttede filtererpapir er et svensk, askefrit papir: Grycksbo nr. 8, om hvis effektivitet nærmere oplysninger endnu ikke haves.

### APPENDIKS 6.3.E

#### Undersøgelse af filtereffektivitet

Det er vigtigt at kende effektiviteten af de benyttede filtre med hensyn til støvopsamling. Den er imidlertid endnu ikke bestemt på tilfredsstillende måde.

Et filter kan karakteriseres ved en gennemsnitlig porevidde, der bestemmer en øvre grænse for størrelsen af de partikler, der kan passere det. Mindre partikler kan dog også tilbageholdes, idet de bindes ved adsorption til filterets taver. Da man imidlertid ikke kender fordelingen af de aktive partiklers størrelse, kan man gøre den meget simple antagelse, at filteret tilbageholder en konstant brøkdelen af aktiviteten uanset partikelstørrelse og derved bestemme effektiviteten på følgende måde:

Er aktiviteten i en bestemt luftmængde  $A$   $\text{d}/\text{min}$  og et filters effektivitet  $\mu$ , bliver filterets aktivitet efter passage af denne luftmængde  $\mu A = B$  og luftens restaktivitet  $(1 - \mu)A$ . Lader man luften passere endnu et filter af samme type, bliver dets aktivitet derfor  $C = \mu (1 - \mu)A$ .

Ved tælling på filtrene bestemmes forholdet  $C/B$ , og man har:

$$\mu = 1 - C/B$$

Forsøg af denne art giver effektivitetsværdier, der ligger fra 60 - 100 % afhængig af filtertype, luftfugtighed og sandsynligvis lufthastighed, samt ikke mindst af den måde, hvorpå filtrene er anbragt i forhold til hinanden. Ved de udførte målinger har man i gennemsnit fået  $\mu = 0,75 \pm 0,08$ . Denne værdi benyttes indtil videre ved beregning af luftaktiviteten.

### APPENDIKS 6.3.F

#### Måling af Radon-aktivitet i luften ved filtrering

Følgende metode er udarbejdet til måling af den øjeblikkelige aktivitet af  $\text{Rn}$ -efterkommere i luften:

1. Man opsamler støv ved filtrering af luft gennem et 6 cm filter med den i app. 6.3.D, afsn. 2 nævnte støvsuger, og luftmængden måles.
2. Filteret anbringes i en tælleropstilling, og dets  $\beta$ -aktivitet måles fra 10 til 15 minutter efter opsamlingens afslutning.

Ifølge app. 6.3.G fås ved denne metode samme resultat, som man ville få uden hurtigt henfald af de indgående aktiviteter.

Tællingen sker i Anton-tælleren, se 5.3, der for normale prøver har en geometrifaktor på 0,50; for filtrene er denne kun 0,33 på grund af den noget større diameter. Idet filterets effektivitet sættes til  $0,75 \pm 0,08$ , se app. 6.3.E, fås følgende antal tællinger, når ligevægtsaktiviteten i luften er  $A \beta$ -d/min·m<sup>3</sup> og det filtrerede volumen  $V$  m<sup>3</sup>:

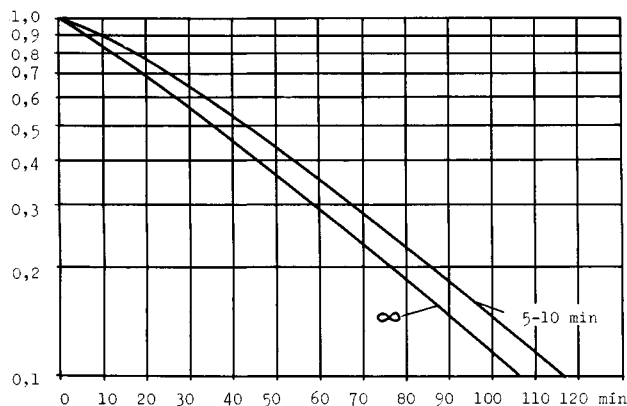
Rn	med halveringstid	3,8 d	udsender $\alpha$ -partikler og bliver til
RaA	-	3,05 m	- $\alpha$ - - -
RaB	-	26,8 m	- $\beta$ - - -
RaC	-	19,7 m	- $\beta$ - - -
RaC'	-	10 <sup>+4</sup> s	- $\alpha$ - - -
RaD	-	22 år	- $\beta$ -

Da der kun tælles  $\beta$ -aktivitet, er det kun RaB og RaC, der tælles, idet RaD kan betragtes som stabil i denne forbindelse. Man vil i almindelighed kunne regne med, at RaA, RaB og RaC er i radioaktiv ligevægt med den tilstedeværende Rn-mængde. Man kan da beregne følgende:

Filtreres per minut en luftmængde med en aktivitet på 100 d/min af hvert af de nævnte stoffer, fås følgende  $\beta$ -aktivitet på filteret ved opsamlingens afslutning:

Opsamlingstid:	5 min	10 min	over 2 timer
$\beta$ -aktivitet:	1155 d/min	2160 d/min	11060 d/min

#### Henfald af radonefterkommernes $\beta$ -aktivitet ved kort og lang opsamlingstid



Figur 1

$$N = 0,33 \cdot 0,75 \cdot A \cdot V = 0,25 \cdot A \cdot V \text{ c/min} \quad \text{hvoraf}$$

$$A = 4 \cdot \frac{N}{V} \text{ d/min} \cdot \text{m}^3$$

Metoden er endnu ikke taget i anvendelse til praktiske målinger.

#### APPENDIKS 6.3.G

##### Henfald af radons efterkommere

Såfremt man ønsker at bestemme indholdet af Rn i luften, kan det ske ved opsamling af det støv, hvorpå Rn's henfaldsprodukter har slået sig ned, og måle dets aktivitet. Da disse henfaldsprodukter har ret korte halveringstider, vil den tid, det tager at opsamle dem, influere på den resulterende prøves tællehastighed.

Radon henfalder efter følgende skema (se tabel 3.2):

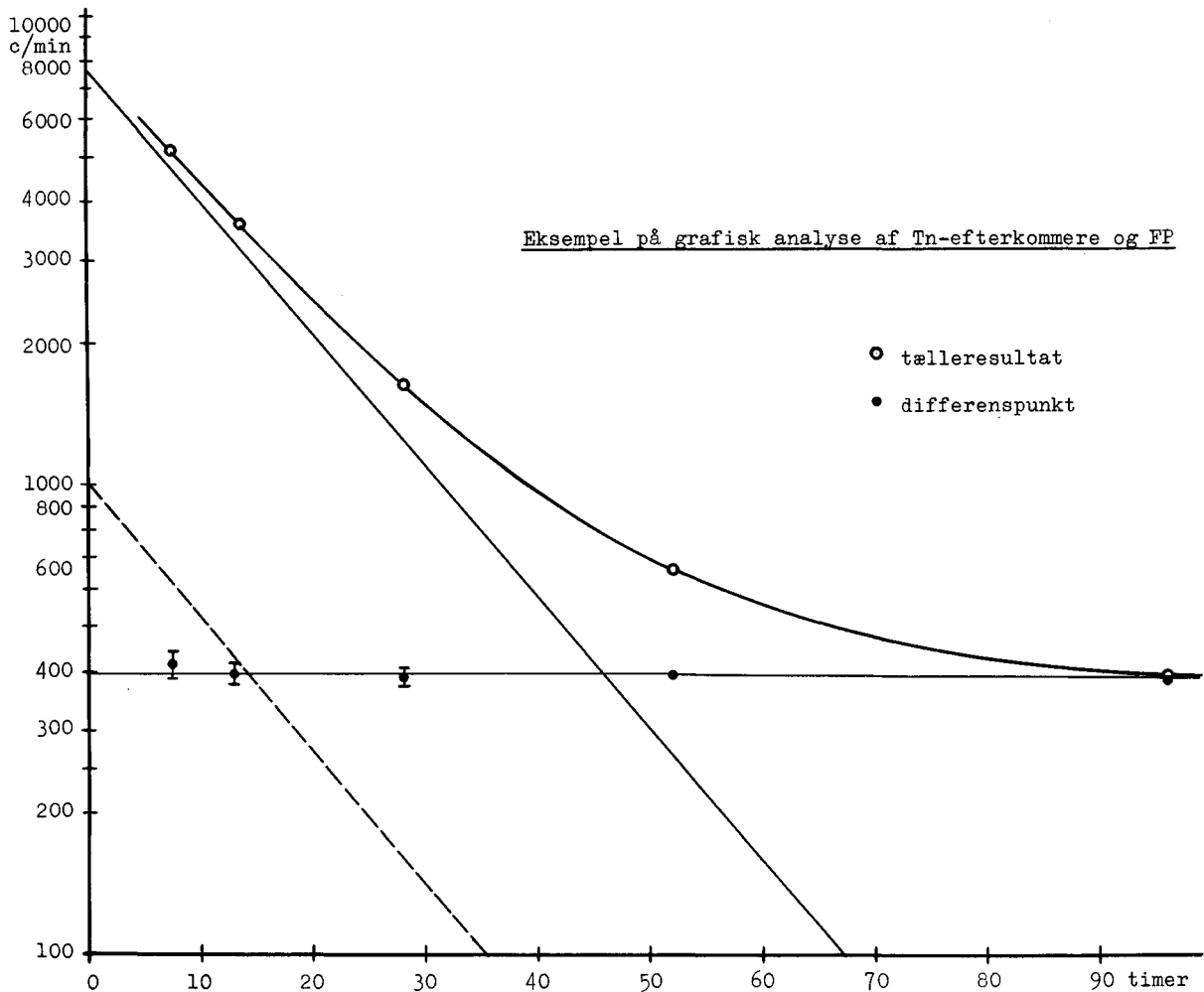
Disse aktiviteter henfalder som vist i figur 1. Ved 5 og 10 min fås praktisk taget samme kurve. Ved relativt kortvarig opsamling er aktiviteten halveret efter ca. 45 min. Ved opsamling i 5 min og tælling fra 10 til 15 min efter opsamlingens afslutning fås samme tællehastighed, som man ville have fået, såfremt man kun havde opsamlet RaB og RaC og disses halveringstid havde været lang. Prøven er nemlig på dette tidspunkt henfaldet til 87 % af sin oprindelige værdi, hvilket netop kompenserer for den ekstraaktivitet, prøven har fået som følge af RaA's omdannelse til RaB (og RaC):  $0,87 \times 1155 = 1000$  d/min, svarende til en  $\beta$ -aktivitet på 200 d/min i 5 minutter.

#### APPENDIKS 6.3.H

##### Eksempel på grafisk analyse af indhold af thoron-efterkommere og fissionsprodukter i luftprøver

Ved den daglige bestemmelse af indholdet af Tn-efterkommere og FP benyttes normalt resultaterne af 3 tællinger, hvoraf den første tidligst må foretages 5-6 timer efter prøvens opsamling af hensyn til indholdet af kortlivede Rn-efterkommere, der gerne skulle være helt henfaldet forinden. De to næste tællinger sker med ca. 10 timers interval. Til dette eksempel blev der foretaget yderligere to tællinger:

Tid efter opsamling	aktivitet	tælleusikkerhed
timer	c/min	c/min
7,5	5115	30
13,5	3595	23
28	1625	20
52	655	5
96	397	4



Figur 1

Disse tal er afbildet i figur 1; den punkterede linie repræsenterer hældningen af henfaldskurven for den Tn-efterkommer - ThB med halveringstid 10,6 timer (tabel 3.2) - hvis aktivitet måles. Ved parallelforskydning af denne linie opsøges en beliggenhed, hvor differenserne mellem punkternes og liniens værdier til samme tid er så vidt muligt konstante. Den fundne linies skæring med ordinataksen giver ThB-aktiviteten ved prøvetidspunktet, og den konstante differens er mængden af FP i prøven, idet der ses bort fra disses henfald i den betragtede tid.

Resultatet af analysen er følgende:

Indhold af Tn-efterkommere for  $t = 0$ : 7700 c/min  
 Indhold af FP: 395 c/min

Analysen kan gennemføres med to tællinger, men giver naturligvis sikrere resultater med flere, og normalt benyttes 3. I almindelighed ligger afvigelserne indenfor tælleusikkerheden; på figur 1 er denne indtegnet ved differenspunkterne.

#### APPENDIKS 6.4.A

##### BUNDPRØVER

##### Udtagning af prøven

Prøven udtages med en mikrobundhenter i de punkter, hvorfra havvandsprøverne tages. I laboratorieprøven medtages kun det øverste lag af bunden (ca. 20 mm); den bør ikke indeholde væsentlige mængder dyre- eller planteliv.

Prøven hjemføres i en 0,5 liter hvidblikdåse. Dåsen etiketteres med angivelse af dato og sted.

##### Forbehandling

Prøven anbringes i et stykke filterpapir (25 cm) i en almindelig tragt (16 cm) til afdrypning. Herefter udbredes den i et tyndt lag på et ark crepepapir (48 x 60) og tørres i flasketørreskabet ved 110°C.

Sneglehuse, plantedele etc. bortkastes efter tørringen.



## Glødning og formaling

En passende mængde af den tørrede bundprøve overføres til en 54ø cylindrisk kvartsskål og glødes i muffelovni 2 timer ved 550°C. Efter passende afkøling overføres prøven til en 12 cm morter, hvor den formales så fint som muligt.

## Efterbehandling

Den formalede prøve sigtes gennem en metalsigte (DIN 24, 250  $\mu$ ). Den del, der ikke har passeret sigten bortkastes.

I en 5 cm ulakeret aluminiumskål afvejes af den sigtede prøve 3,0  $\pm$  0,05 g. Prøven skal være stampet jævn med en dorn inden vejningen.

Skålen mærkes i randen med en blyant (4 H) med bogstavet B og angivelse af sted og dato.

## APPENDIKS 6.5.A

### Bemærkninger om fiskefangsten i Roskilde fjord

Grænsen for Roskilde fjord regnes at være linien Kulhus-Frederiksværk.

Den eneste fiskefangst i Roskilde fjord af væsentlig økonomisk betydning er ålefangsten, som årlig andrager 4-500.000 kg.

I forbindelse med ålefiskeriet fås af og til nogle skrubber, men der findes ingen fiskere, som koncentrerer sig om denne fisk. Den årlige fangst overstiger næppe et par tusinde kg.

På strækningen Lyndby-Gershøj i den sydvestlige arm af fjorden fanges i vintermånederne, inden fjorden fryser til, nogle sild, antagelig 2-300 kasser (à 20 kg) årlig.

I november-december drives af en forening i Roskilde ørredfiskeri. Den årlige fangst ligger som regel under 500 stk.

Oplysningerne er indhentet ved samtaler med fiskerikontrollen og fiskeriministeriets statistiske afdeling.

## APPENDIKS 6.5.B

### ÅLEKØD

#### Forbehandling

En ål flås, og hoved og indvolde fjernes. Kødet og benene adskilles groft. Kødet skylles i destilleret vand og aftørres med filterpapir.

#### Forbrænding

I en kvartsdigel 4lø afvejes 5,0  $\pm$  0,05 g kød. Prøven tørres i varmeskab 110° i 24 timer, hvorefter den findeles med en lille spatel.

Der tilsættes 2 ml koncentreret HNO<sub>3</sub>; det påses, at hele prøven bliver gennemfugtet med syren. Henstand natten over til fuldstændig opløsning af kødet.

Salpetersyren afdampes fuldstændigt under infralampe (250 W), hvorefter der tilsættes 10 dråber koncentreret H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Svovlsyren afdampes fuldstændigt over en argandbrænder (forholdsvis kraftigt blus); prøven må ikke bryde i brand.

Endelig foraskes prøven i den elektriske ovn ved 550°, indtil alt kul er bortbrændt.

#### Efterbehandling

Digelen med den nu helt hvide aske afkøles i ekssikator, hvorefter indholdet overføres kvantitativt til en 5 cm ulakeret aluminiumskål ved hjælp af destilleret vand.

Sluttelig afdampes vandet ved hjælp af en infralampe.

Skålen mærkes i randen med en blyant (4 H) med bogstaverne AK efterfulgt af dødsdatoen.

## APPENDIKS 6.5.C

### ÅLEBEN

#### Forbehandling

Benene fra 1 ål koges i ca. 0,5 time, hvorefter kødet pilles fra. Prøven tørres i flasketørreskabet ved 110°C i 1 time. Efter afkøling afvejes 2 g i en cylindrisk kvartsskål (54ø).

#### Foraskning

Prøves foraskes i muffelovni ved 550°C, indtil alt kul er bortbrændt.

Efter afkøling i ekssikator formales prøven i en lille morter og overføres tørt til en aluminiumtælleskål.

#### Efterbehandling

Prøven stemples jævn med en dorn. Den mærkes i randen med en blyant (4 H) med bogstaverne AB efterfulgt af dødsdatoen.

## APPENDIKS 6.6.A

### Bestemmelse af K-indholdet i planteaske<sup>x</sup>

#### Forbehandling

Planten foraskes efter den i app. 6.6.B angivne metode.

Ca. 100 mg aske (~ 30 mg K) afvejes nøjagtigt og overføres til en 50 ml konisk kolbe med nogle få ml destilleret vand. Der tilsættes 5 dråber 4 N HCl og opvarmes til kogning. 1-2 dråber 0,04 % bromthymolblåt tilsættes, samt eventuelt mere HCl, således at en permanent gul farve er opnået efter kogningen.

Opløsningen neutraliseres med 0,1 N NaOH (til grøn), hvorefter den filtreres og udvaskes med varmt vand over i et 50 ml bægerglas. Inddampning på vandbad til ca. 5 ml.

<sup>x</sup> Carsten Olsen, Comp. Rend. Lab. Carlsberg. Vol. 24, no. 4-5, p. 73 (1942).

## Udfældning

Efter afkøling tilsættes 10 ml 0,1 N Na-dipicrylaminat under omrøring i et par minutter. Frafiltrering ved sugning på et glasfilter G 4, udvaskning og overføring af bundfaldet med ca. 10 ml af en mættet opløsning af K-dipicrylaminat (ca. 1 g/l). Til slut 1 vaskning med 5 ml destilleret vand.

## Vejning

Bundfaldet tørres ved 110°C i 1 time. Afkøling i eksikkator og vejning.

Det tørrede K-dipicrylaminat opløses i acetone<sup>x</sup>, som suges fra. Vaskning med acetone, indtil den gule farve er forsvundet. Tørring og vejning.

Differensen mellem de to vejninger angiver mængden af K-dipicrylaminat. For at korrigere for tab ved udvaskningen adderes 3 mg til denne vægtmængde.

Ved multiplikation med 0,08192 fås vægten af K.

Som kontrol på metoden er udført 4 bestemmelser af K-indholdet i kem. ren KJ. Det beregnede K-indhold er 23,55 %. Det ved ovenstående metode fundne indhold er

23,59 %
23,48 %
23,60 %
23,52 %

## APPENDIKS 6.6.B

### PLANTER

#### Udtagning af prøve

Plantepróven udtages i de samme punkter som jordprøverne. Der vælges enten mælkebøtteblade eller almindeligt græs. Der tages ca. 15 mælkebøtteblade af gennemsnitsstørrelse eller tilsvarende kvantum græs. Próven hjemføres sammen med jordpróven i en 0,5 liter hvidblikåse med låg. Dåsen etiketteres på stedet med dato og nøjagtig stedsangivelse.

#### Forbehandling

Plantepróven skylles grundigt under rindende vand, til den er fri for vedhængende jord eller støv, hvorefter fremmede plantedele frasorteres. Kun mælkebøtteblade eller græsstrå må forefindes i den rensede prøve.

#### Tørring

Plantepróven udbredes på et ark crepepapir (48 x 60) og tørres i flasketørreskabet ved ca. 110° i ikke under 1 time. Den tørrede prøve findeles med en persillekværn og fyldes i en kvartsdigel (40ø).

#### Foraskning

Próven foraskes over en argandbrænder ved svagt

blus. Når kullet er bortbrændt, glødes asken i 1 time i muffelovn ved ikke over 550°C. Digelen afkøles i eksikkator.

#### Efterbehandling

I en 5 cm ulakeret aluminiumskål afvejes ca. 0,1 g aske (3 dec.). Asken stemples jævn med en dorn inden den endelige vejning. Planteaske er ikke hygroskopisk.

Skålen mærkes i randen med en blyant (4 H) med bogstaverne PG eller PM efterfulgt af angivelse af zone, punkt og dato.

## APPENDIKS 6.6.C

### Bestemmelse af askeindholdet i planter

#### Forbehandling

Próven skylles grundigt under rindende vand, til den er fri for vedhængende jord eller støv, hvorefter fremmede plantedele frasorteres. Den findeles med en "NEM" persillekværn og udbredes på et ark crepepapir (48 x 60), hvorefter den henlægges til tørring i luften ved stuetemperatur.

Når tørringen er tilendebragt, blandes próven med en spatel, og der udtages flere små portioner for at få en sand gennemsnitspróve. En passende mængde heraf overføres til et vejglas, som henstilles til tørring ved 110°C i 12 timer med aftaget låg.

Afkøling i eksikkator og vejning, umiddelbart inden vejningen påsættes låget.

#### Foraskning

Próven overføres til en afvejet kvartsdigel (40ø). Det tomme vejglas vejes, og differensen mellem de to vejninger er próvens vægt.

Próven foraskes på sædvanlig måde (se app. 6.6.B), og når foraskningen er tilendebragt, vejes kvartsdigelen atter. Differensen mellem de to vejninger er askens vægt.

$$\text{Askeindholdet udregnes som } 100 \times \frac{\text{vægt af aske}}{\text{vægt af prøve}} \\ = \% \text{ aske i tørret plante.}$$

## APPENDIKS 6.7.A

### FERSKVAND

#### Udtagning af prøve

Próven udtages i en polyethylenflaske (5 l) med skruelåg. Hvis prøveudtagningen sker fra brønd, boring eller ledning, skal vandet løbe ca. 10 minutter, inden próven udtages. (Brønde må dog ikke nærme sig tørhed).

Låget aftages og holdes i den ene hånd, hvorefter flasken skylles to gange med det udstømmende vand. Herefter udtages próven, idet flasken holdes midt i strålen og fyldes så meget, at den løber over. Skruelåget påsættes og drejes fast.

Flasken mærkes med dato og (detailleret) stedsangivelse.

<sup>x</sup> Carsten Olsen, privat meddelelse.

### Forbehandling

Vandprøven hældes over i en emaillet gryde (5 l), hvorefter den henstår 5 minutter til sedimentering af grovere suspenderede partikler. Analyseprøven - ca. 2 l - udtages fra den klare ovenstående vædske med en hævert ned i en anden emaillet gryde (2,5 liter).

### Tørstofbestemmelse

200 ml af analyseprøven inddampes på vandbad i en ved 110° tørret, afkølet og vejlet platinskål (100 ml). Under inddampningen må skålen kun fyldes halvt (ca. 2,5 time).

Inddampningsresten tørres i 2 timer ved 110°, afkøles i eksikkator og vejes hurtigt på analysevægten, da inddampningsresten er noget hygroskopisk (3 dec.).

Skålen bør forinden renses omhyggeligt underneden med et fugtigt viskestykke, idet der ofte vil være en hinde af  $\text{CaCO}_3$  fra vandet i vandbadet. Den lader sig ofte lettest fjerne efter tørringen i varmeskabet.

Af differens mellem de to vejninger udregnes vandets indhold af tørstof i g/l (2 dec.).

### Tilberedning af prøve

Ca. 1,5 liter af analyseprøven indkoges i en cylindrisk, emaillet gryde (2,5 liter) over et almindeligt gasapparat til omkring 100 ml. Vædske og bundfald overføres med destilleret vand kvantitativt til en rustfri stålskål (14 cm ø) og inddampes til tørhed med en kvartsstrålevarmer (1000 W). Tørstoffet samles med lidt destilleret vand i skålens midte og tørres atter.

### Efterbehandling

Tørstoffet formales med en pistil i stålskålen og overføres til en afvejet 5 cm lakeret aluminiumsskål. Det stemples jævnt med en dorn, tørres i varmeskab og afkøles i eksikkator. Slutteleg vejes det (2 dec.).

Differensen mellem de to vejninger er prøvens vægt.

Skålen mærkes i randen med en blyant (4 H) med bogstavet F, efterfulgt af dato- og stedsangivelse.

### APPENDIKS 6.8.A

### REGNVAND

#### Opsamling

Regnvandet opsamles i en tør polyethylenflaske (2 l) ved hjælp af en 1 m<sup>2</sup> regnvandsopsamler. Prøven tages ind hver dag kl. 1200; samtidig aflæses nedbøren for det forløbne døgn i mm med en Lambrecht regnmåler, hvorefter denne tømmes.

#### Forbehandling

Flasken med regnvand rystest omhyggeligt, således at en homogen suspension opnås. Der udtages 100 ml i et 100 ml måleglas.

### Inddampning

100 ml vandprøven inddampes på vandbad i en 8 cm rundbundet nikkelskål; under inddampningen må skålen kun fyldes halvt (ca. 1,5 time). Måleglas set skylles et par gange med nogle få ml destilleret vand.

### Efterbehandling

Ved hjælp af en gummispatel og nogle få ml destilleret vand i småportioner overføres skålens indhold kvantitativt til en 5 cm ulakeret aluminiumsskål. Herefter afdampes vandet med en infralampe, idet skålen anbringes på et isolerende underlag. Man kan eventuelt fordele bundfaldet jævnt over bunden med en tilspidset tændstik eller lignende.

Skålen mærkes i randen med en blyant (4 H) med bogstavet R, efterfulgt af datoen.

### APPENDIKS 6.9.A

### MELK

#### Inddampning og foraskning

25 ml mælk inddampes på vandbad i små portioner i en rundbundet kvartsskål (50 mm ø), idet der tilsættes 10 dr. fortyndet eddikesyre. Skålen må kun fyldes halvt, og den må ikke blive tør, før inddampningen er afsluttet.

Den tørrede prøve foraskes over en argandbrænder (svagt blus i begyndelsen, efterhånden kraftigere og kraftigere). Når der ikke længere bortgår luftarter, henstilles prøven til fuldstændig foraskning i muffelovn ved 550°C.

### Efterbehandling

Når alt kul er bortbrændt, henstilles prøven til afkøling i eksikkator. Asken overføres kvantitativt til en 5 cm ulakeret aluminiumsskål med destilleret vand. Vandet afdampes under infralampe.

Om fornødent kan prøven fikseres med et par dråber 10 % RX acetoneopløsning. Tørring ved henstand i luften.

Skålen mærkes i randen med en blyant (4 H) med bogstavet M efterfulgt af datoen (aflæses fra mælkekapslen).

### APPENDIKS 8. A

#### Udfældning af FP-aktivitet fra havvand

Til prøven tilsættes per liter

2 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$

10 ml jernalun (10 g  $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2$ , 12  $\text{H}_2\text{O}$ /liter)

10 ml bariumklorid (2 g  $\text{BaCl}_2$ , 2  $\text{H}_2\text{O}$ /liter)

Der opvarmes til 60-70°C under kraftig omrøring og tilsættes et par dråber 1 % phenolphthalein opløsning. Neutralisering ved tildrypning af halvkoncentreret  $\text{NH}_3$ , indtil opløsningen antager en svagt lyserød farve.

Der opvarmes til kogning og koges i 2 minutter, henstand til afkøling og udfældning i to timer.

Bundfaldet frafiltreres på Büchner tragt og udvaskes med 2,5 %  $\text{NH}_3$ , indtil filtratet er  $\text{Cl}^-$  frit.

Filtret bortbrændes over en argandbrænder, og remanensen overføres til en aluminiumtælleskål.

#### APPENDIKS 8.B

##### Fremstilling af Ce-144 ud fra græs

1 1 g græsasse behandles i varmen med 2 ml konc.  $\text{HNO}_3$  + 2 ml Ce-carrier (10 mg/ml) + nogle dråber 3 %  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Kogning, indtil  $\text{O}_2$ -udvikling er ophørt.

Filtrering gennem et lille filter ned i et polyethylenbægerglas. Filteret udvaskes med 2 ml La-carrier (10 mg/ml) og 2 ml Zr-carrier (10 mg/ml). Udfældning med 5 ml 40 % HF.

Efter henstand og dekantering udvaskes bundfaldet med 10 ml destilleret vand.

2 Bundfaldet opløstes under omrøring ved behandling med 1 ml mættet  $\text{H}_3\text{BO}_3$  og 8 ml konc.  $\text{HNO}_3$ . Svag opvarmning, indtil fuldstændig opløsning.

Der tilsættes under omrøring 0,2 g  $\text{KBrO}_3$ , og herefter 20 ml 0,35 M  $\text{HIO}_3$ . Henstand til afkøling i isbad. Dekantering og udvaskning med 20 ml vand.

Bundfaldet opløstes i 1 dr konc.  $\text{HCl}$ , 1 dr 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  og 8 ml konc.  $\text{HNO}_3$ . Der tilsættes 1 ml Zr-carrier. Udfældning med 20 ml 0,35 M  $\text{HIO}_3$ . Henstand og dekantering over i et 50 ml bægerglas.

4 Udfældning af  $\text{Ce}^{\text{III}}$  med ringe overskud af 12 M  $\text{NaOH}$ . Frafiltrering og udvaskning med destilleret vand. Der bestemtes ikke kemisk udbytte.

5 Filteret foraskes over en argandbrænder, og remanensen overføres til en aluminiumtælleskål.

#### APPENDIKS 9.7.A

##### Eventuel koncentrering af aktivitet i graderværksvand

Den 16/11 f.å. besøgte efter aftale med direktøren Krystalisværket, Finsensvej 9.

Graderværket forevist af overmaskinmester Kragh, som også var behjælpelig med udtagelsen af prøver.

Graderværket er en almindelig trækonstruktion og er en halv snes meter højt: det anvendes til køling af vandet fra kondensatorerne. Vandets temperatur ved indtræden er 35-40°C og ved afgang 20-25°C, således at graderværket giver en afkøling på 15-20°C. Den cirkulerende vandmængde er omkring 250 t/time; på varme dage er den fordampede vandmængde op til 80 t per dag. Til kompensation for den fordampede vandmængde tilsættes (styret af en kugleventil) afhærdet vand (behandling med natrolit). Hårdheden af det cirkulerende vand må ikke overstige 1 (10 mg  $\text{CaO}/\text{l}$ ).

Der udtoges følgende prøver

I fødevand (afhærdet)  
II vand fra kondensatoren (inden graderværk)  
III - - - (efter - - -)

Tørstofbestemmelser på prøverne gav

I 0,33 g/l  
II 2,36 g/l  
III 2,39 g/l

Der foretoges tællinger på tørstof fra de pågældende prøver med følgende resultat

I 3,9±0,7 c/min·0,5 g tørstof  
II 5,8±0,5 - - - -  
III 4,9±0,6 - - - -

Til sammenligning kan anføres, at postevand fra Lodsens hus giver

9,5±0,3 c/min·0,5 g tørstof.

Der synes således ikke at være tale om nogen ophobning af aktivitet i vandet.

Til orientering kan anføres:

Regnvandsaktiviteten i de foregående 14 dage var i middel 200 pC/l.

Luftaktiviteten var i samme periode på Risø i middel ca. 1 pC  $\text{FP}/\text{m}^3$  luft.

