

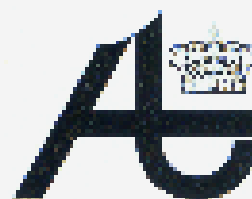
Sundhedsstyrelsen

1987

Radon på arbejdspladser

SIS

STATENS INSTITUT
FOR STRÅLEHYGIENE



ARBEJDSMILJØ-
INSTITUTTET

FORORD

Statens Institut for Strålehygiejne (SIS) og Forskningscenter Risø gennemførte i 1985/86 en undersøgelse af den naturlige stråling fra bl.a. radon og radondatterprodukter, som befolkningen udsættes for i boligen. Parallelt hermed besluttede Arbejdsmiljøinstituttet og SIS i fællesskab at gennemføre en undersøgelse af radonkoncentrationen på en række udvalgte danske arbejdspladser. I denne rapport redegøres der for resultaterne af sidstnævnte undersøgelse.

De undersøgte arbejdspladser er for ca. halvdelen vedkommende blevet udvalgt og kontaktet af Arbejdstilsynet. Præparation og måling af de anvendte radon-dosimetre er udført af laborant Otto Klinder, rapporten er renskrevet af overassistent Tove Schiøtte, og tegningerne er udført af teknisk assistent Anne Ditzel.

November 1987

Statens Institut for Strålehygiejne,
Frederikssundsvej 378,
2700 Brønshøj.

Telefon: 02 94 37 73

INDLEDNING

Radon-222 er en radioaktiv luftart med en halveringstid på 3.8 dage. Radon dannes ved henfald af radium-226, der er naturligt tilstede i varierende mængder i alle jord- og bjergarter og dermed også i de fleste byggematerialer.

Kilder til radon i indendørsluften i en bygning vil i det væsentligste kunne være:

- jordlagene under bygningen.
- byggematerialerne.
- oplag af radiumholdige materialer.

Radonkoncentrationen i luften på et arbejdssted afhænger ikke blot af den samlede størrelse af de oven for omtalte radonkilder men også af tilførslen af udeluft (luftskiftet) på arbejdsstedet.

Radon følges i henfaldsserien af fire radioaktive stoffer med halveringstider under en halv time (polonium-218, bly-214, vismut-214 og polonium-214). Disse benævnes under et radondatterprodukter for at symbolisere mor-datter relationen i henfaldsserien. Radon er som ædelgas kemisk inaktiv. I modsætning hertil er datterprodukterne kemisk aktive. Når radon i indendørs- eller udendørsluften henfalder, vil de fleste datterprodukter derfor hurtigt binde sig til partikler i luften. En del af både de frie og bundne radondatterprodukter vil afsættes på tilgængelige overflader. De radondatterprodukter, der er tilbage i luften - både fri og bundne - vil ved indånding have tilbøjelighed til at blive siddende i lungernes slimhinder. Dette vil medføre en bestråling af lungevævet fra især den energirige alfastråling fra polonium-218 og polonium-214.

Det er veldokumenteret, at minearbejdere, der har været udsat

for et højt indhold af radon og radondatterprodukter i indåndingsluften, har en større risiko for at få lungekræft på grund af bestrålingen af lungerne.

Mængden af radon og de enkelte datterprodukter, der findes i et givet rumfang luft, kan angives ved aktiviteten pr. rumfangsenhed. Den benyttede enhed herfor er Bq/m^3 (becquerel pr. kubikmeter. 1 Bq svarer til et radioaktivt henfald pr. sekund). Er koncentrationen af radon i luften f.eks. 10 Bq/m^3 , betyder dette, at der i hver kubikmeter luft hvert sekund omdannes 10 radon-222 atomer til polonium-218 atomer.

I stedet for at angive koncentrationen af de fire radondatterprodukter hver for sig benyttes sædvanligvis størrelsen EER, der i et enkelt tal angiver den potentielle strålingsbelastning af åndedrætssystemet. EER, der står for Equilibrium Equivalent Radon concentration (ligevægtsækvivalent radonkoncentration), angives også i Bq/m^3 . EER er den radonkoncentration i luft, for hvilken radondatterprodukterne ved ligevægt giver den samme "potentielle alfaenergi" (samme potentielle strålingsbelastning af åndedrætssystemet) som den aktuelle luft. EER kan beregnes, når koncentrationerne af alle radondatterprodukterne er kendt, og den vil være lig radonkoncentrationen i det tænkte tilfælde, hvor koncentrationen af radon og alle datterprodukterne er lige store (ligevægt). Forholdet mellem EER og radonkoncentrationen benævnes ligevægtsfaktoren. Den potentielle alfaenergi i luften pr. volumenenhed kan også angives direkte i J/m^3 (joule pr. kubikmeter).

Måling af radonkoncentrationen i et begrænset antal danske boliger i begyndelsen af 1980'erne viste en overraskende stor variation for enfamiliehuse og et væsentligt højere gennemsnit, end man tidligere havde antaget. På denne baggrund har SIS i samarbejde med Forskningscenter Risø i 1985/1986 gennemført en repræsentativ undersøgelse af naturlig stråling i danske boliger (SI 87).

De nævnte forhold for enfamiliehuse hænger sammen med, at jord-

lagene under husene spiller en langt vigtigere rolle som kilde til radon i indendørsluften, end man tidligere har antaget. På denne baggrund besluttede Arbejdsmiljøinstituttet og SIS i 1985 i fællesskab at undersøge radonkoncentrationen på en række danske arbejdspladser med særlig vægt på "jordnære" arbejdspladser, hvor der kunne tænkes at være forhøjede radonkoncentrationer.

MÅLEPROGRAM

Udvælgelse af arbejdsstederne for måling af radonkoncentrationen er for ca. halvdelen vedkommende foretaget af Arbejdstilsynet. Ved udvælgelsen er der lagt særlig vægt på at måle på "jordnære" arbejdssteder og andre arbejdssteder, hvor forhøjede radonkoncentrationer skønnedes at kunne forekomme. Følgende liste har været opstillet som hjælp ved udvælgelsen af arbejdsstederne

- badeanstalter
- underjordiske fjernvarmeanlæg
- depotrum og andre kælderrum, som midlertidigt bruges som arbejdssted
- gartnerier, drivhuse
- ingeniørgange
- kabelbrønde
- kloakker
- oplagsbygninger for grovvarer
- rum under maskiner

- siloer
- tunnelarbejde
- vandværker

I alt er radonkoncentrationen blevet målt på 58 arbejdssteder udvalgt af Arbejdstilsynets kredse. I tillæg hertil har Arbejds miljøinstituttet udvalgt 26 arbejdssteder, og 83 arbejdssteder er blevet målt efter direkte henvendelse til SIS. Alt i alt omfatter undersøgelsen således 167 arbejdssteder. De 167 arbejdssteder er fordelt på 93 forskellige virksomheder, institutioner m.m., da der i flere tilfælde har været målt på mere end et arbejdssted på den samme geografiske adresse.

Radonkoncentrationen på de udvalgte arbejdssteder er blevet målt med et dosimeter (ETB-dosimeter), der benytter en kombination af aktivt kul og termoluminescensdosimeter (TLD). ETB-dosimetrets virkemåde er nærmere beskrevet i (SI 86a). Dosimetret har været opstillet på det enkelte arbejdssted i ca. 1 uge, og forsendelsen af dosimetret fra og til SIS er sket med post. Det skal understreges, at dosimetret måler den gennemsnitlige radonkoncentration over hele opstillingsperioden inklusive de tidspunkter, hvor der ikke er personer tilstede på arbejdsstedet, og hvor der f.eks. om natten kan tænkes at være en højere radonkoncentration end i arbejdstiden. Det skal også fremhæves, at det benyttede dosimeter på grund af en betydelig måleusikkerhed først og fremmest er et velegnet screeningsdosimeter til bestemmelse af, om radonkoncentrationen på et målested er normal ($< 100 \text{ Bq/m}^3$), let forhøjet ($100-200 \text{ Bq/m}^3$) eller forhøjet ($> 200 \text{ Bq/m}^3$).

MÅLERESULTATER

Fordelingen af de målte radonkoncentrationer på de 167 arbejdssteder er vist i figur 1. Radonkoncentrationen varierer fra mindre end 20 Bq/m^3 op til 1100 Bq/m^3 med størsteparten af de målte koncentrationer (ca. 80%) liggende under 100 Bq/m^3 . Middelværdien er 70 Bq/m^3 . Radonkoncentrationer over 300 Bq/m^3

er kun fundet på to arbejdssteder, begge i ingeniørgange under Slagelse sygehus.

Da opholdstiden på arbejdsstedet spiller en væsentlig rolle for den samlede radoneksponering i arbejdstiden, er materialet opdelt i 91 "permanente arbejdssteder" og i 76 "midlertidige arbejdssteder". I figur 2 er vist fordelingen af de målte radonkoncentrationer på de 91 permanente arbejdssteder. Radonkoncentrationen varierer for denne type arbejdssteder fra mindre end 20 Bq/m^3 til 300 Bq/m^3 med ca. 90% af de målte koncentrationer liggende under 100 Bq/m^3 . Middelværdien er 50 Bq/m^3 .

I figur 3 er tilsvarende vist fordelingen af radonkoncentrationerne på de 76 midlertidige arbejdssteder. Radonkoncentrationen varierer for denne gruppe fra mindre end 20 Bq/m^3 til de tidligere nævnte 1100 Bq/m^3 med ca. 70% af de målte koncentrationer liggende under 100 Bq/m^3 . Middelværdien er 100 Bq/m^3 .

De fundne minimums-, middel- og maximumsværdier er vist i tabel 1 for samtlige undersøgte arbejdssteder og for de to delgrupper. I tabel 2 er gruppen af permanente arbejdssteder yderligere opdelt i 4 grupper bestående af gartnerier, vandværker, fabriksbygninger samt en gruppe omfattende kontorer, skoler, institutioner og lignende. Der ses ingen væsentlige forskelle i de målte radonkoncentrationer ved denne opdeling.

I tabel 3 er de midlertidige arbejdssteder opdelt i henholdsvis oplagsbygninger/siloer og kælderrum/ingeniørgange/kabelbrønde. Opdelingen viser, at der er fundet meget lave radonkoncentrationer i alle oplagsbygninger og siloer.

DISKUSSION AF MALERESULTATER

Målingen af radonkoncentrationen på arbejdsstederne svarer godt til resultaterne af SIS's landsomfattende undersøgelse af naturlig stråling i danske boliger (SI 87), hvor indtrængning af radon fra jordlagene under boligerne er fundet at være den væsentligste kilde til radon i indendørsluften. Den fundne

middelværdi af radonkoncentrationerne på de undersøgte arbejdspladser svarer til den gennemsnitlige radonkoncentration i danske boliger, ligesom fordelingen af radonkoncentrationen på arbejdsstederne og i boligerne har mange lighedspunkter. Ses på gruppen af midlertidige arbejdssteder, er middelværdien af radonkoncentrationen sammenlignelig med gennemsnittet i danske enfamiliehuse. Det må imidlertid fremhæves, at de undersøgte arbejdssteder for størstepartens vedkommende er udvalgt med henblik på at finde forhøjede radonkoncentrationer, og at de derfor ikke er repræsentative for danske arbejdspladser i almindelighed.

De målte radonkoncentrationer på arbejdsstederne kan også sammenlignes med bestemmelserne i Sundhedsstyrelsens bekendtgørelse nr. 838 af 10. december 1986 om dosisgrænser for ioniserende stråling. Dosisgrænserne for personer, der udsættes for ioniserende stråling som følge af deres arbejde, omfatter også doser fra den naturlige stråling (bl.a. radon) i det omfang denne er blevet væsentligt forøget ved industrimæssige og andre tekniske operationer. Ifølge bekendtgørelsen skal alle strålingsdoser holdes så lave som rimeligt opnåeligt og må for arbejdstagere ved homogen bestråling af hele kroppen ikke overstige dosisgrænsen på 50 mSv pr. år. Man tilstræber, at den gennemsnitlige bestråling over flere år ikke ligger over 1/10 af dosisgrænsen.

Da indånding af radon og radondatterprodukter ikke giver en homogen bestråling af hele kroppen, kan man i stedet for ud fra viden om optagelse, fordeling og udskillelse af radon og radondatterprodukterne i den menneskelige organisme beregne den radonkoncentration, som på årsbasis vil svare til dosisgrænsen for arbejdstagere. Ved beregningen er det antaget, at en person opholder sig i denne luftkoncentration i et arbejdsår (2000 timer), at indåndingshastigheden er 1.2 m^3 luft pr. time, samt at koncentrationen af datterprodukterne er halv så stor som radonkoncentrationen. Den således beregnede luftkoncentration benævnes "Afledt luftkoncentration" og er givet ved (SI 86b):

Afledt luftkoncentration for radon: 3000 Bq/m^3

Radonkoncentrationen på de 167 undersøgte arbejdssteder har på nær to arbejdssteder været mindre end 300 Bq/m^3 svarende til $1/10$ af den afledte luftkoncentration. Da radonkoncentrationer over 300 Bq/m^3 i denne undersøgelse kun er fundet i ingeniørgange, hvor arbejdstiden vil udgøre en brøkdel af et normalt arbejdsår, vil de resulterende strålingsdoser fra indånding af radon og radondatterprodukter på de undersøgte arbejdssteder ligge under $1/10$ af de gældende dosisgrænser for arbejdstagere.

KONKLUSION

På baggrund af de gennemførte målinger af radonkoncentrationen på en række danske arbejdspladser kan følgende konklusioner drages:

- radonkoncentrationen på arbejdsstederne er sammenlignelig med radonkoncentrationen i danske boliger.
- radonkoncentrationen er størst på "jordnære" arbejdssteder, der er dårligt ventileret.
- de resulterende strålingsdoser fra indånding af radon og radondatterprodukter på de undersøgte arbejdssteder ligger under $1/10$ af de gældende dosisgrænser for arbejdstagere.

REFERENCER

- (SI 86a) Statens Institut for Strålehygiejne, Måling af radonkoncentration i indendørsluft og radonexhalation fra jordoverflader med aktivt kul og TLD (ETB-dosimeter), Sundhedsstyrelsen 1986.
- (SI 86b) Statens Institut for Strålehygiejne, Vejledning vedrørende grænser for indtag af radionuklider, Sundhedsstyrelsen 1986.
- (SI 87) Statens Institut for Strålehygiejne, Naturlig stråling i danske boliger, Sundhedsstyrelsen 1987.

Tabel 1. Minimums-, middel- og maximumsværdier af de målte radonkoncentrationer på de undersøgte arbejdssteder

Arbejdssted	Radonkoncentration Bq/m ³			Antal målesteder
	min.	middel	max.	
Permanente arbejdssteder (8 timer pr. dag)	<20	50	300	91
Midlertidige arbejdssteder	<20	100	1100	76
Alle undersøgte arbejdssteder	<20	70	1100	167

Tabel 2. Minimums-, middel- og maximumsværdier af de målte radonkoncentrationer på de undersøgte permanente arbejdssteder opdelt efter type arbejdsplads.

Arbejdssted	Radonkoncentration Bq/m ³			Antal målesteder
	min.	middel	max.	
Gartnerier/Drivhuse	<20	45	70	4
Vandværker og badeanstalter	<20	60	300	9
Fabriksbygninger	<20	60	200	13
Kontorer, skoler, institutioner og lign.	<20	40	200	65
Alle permanente arbejdssteder	<20	50	300	91

Tabel 3. Minimums-, middel- og maximumsværdier af de målte radonkoncentrationer på de undersøgte midlertidige arbejdssteder opdelt efter type arbejdsplads.

Arbejdssted	Radonkoncentration Bq/m ³			Antal målesteder
	min.	middel	max.	
Oplagsbygninger og siloer	<20	20	20	6
Kælderrum, ingeniør- gange, kabelbrønde og lign.	<20	110	1100	70
Alle midlertidige arbejdssteder	<20	100	1100	76

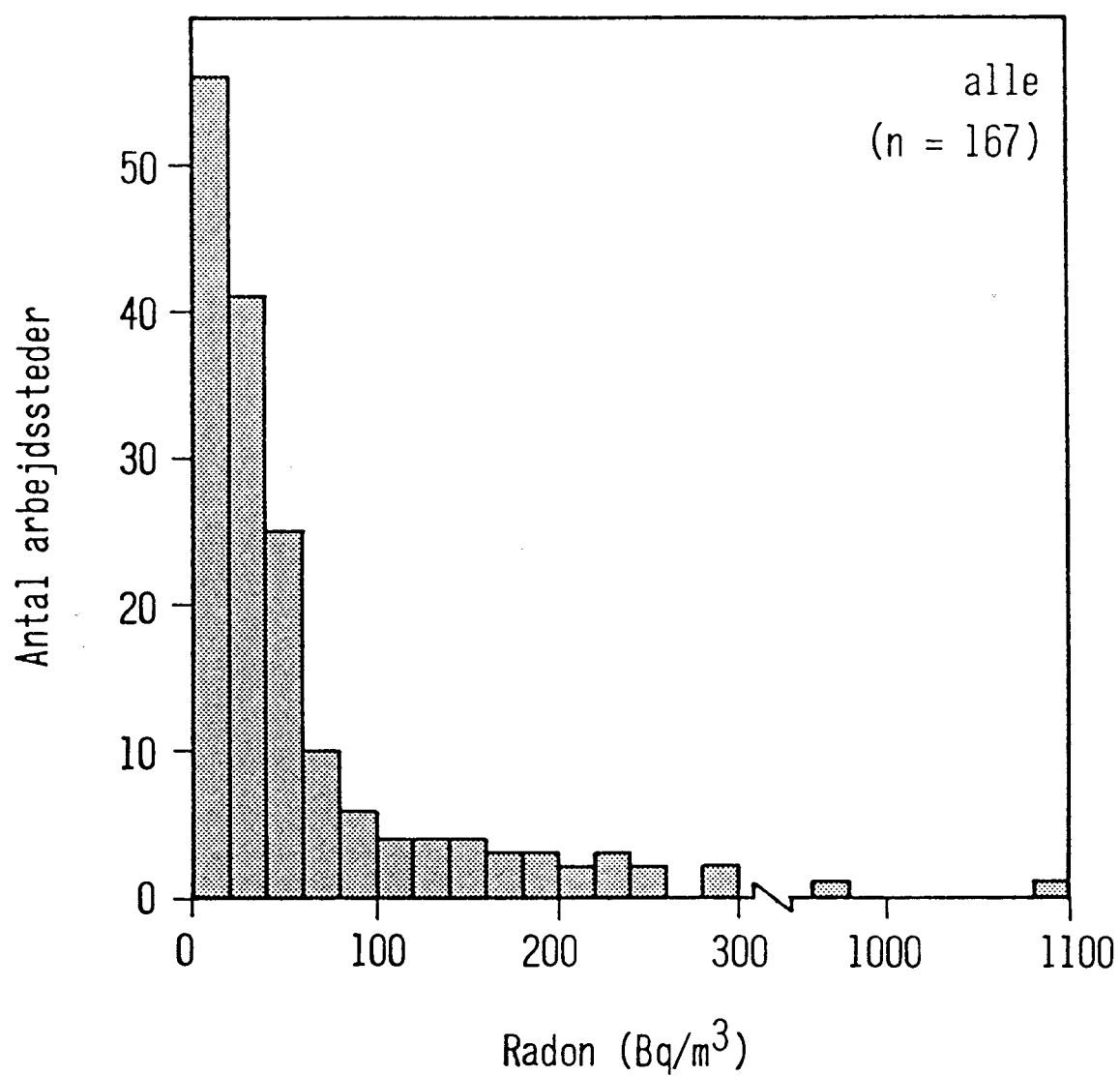


Fig. 1. Fordelingen af de målte radonkoncentrationer på de 167 arbejdssteder.

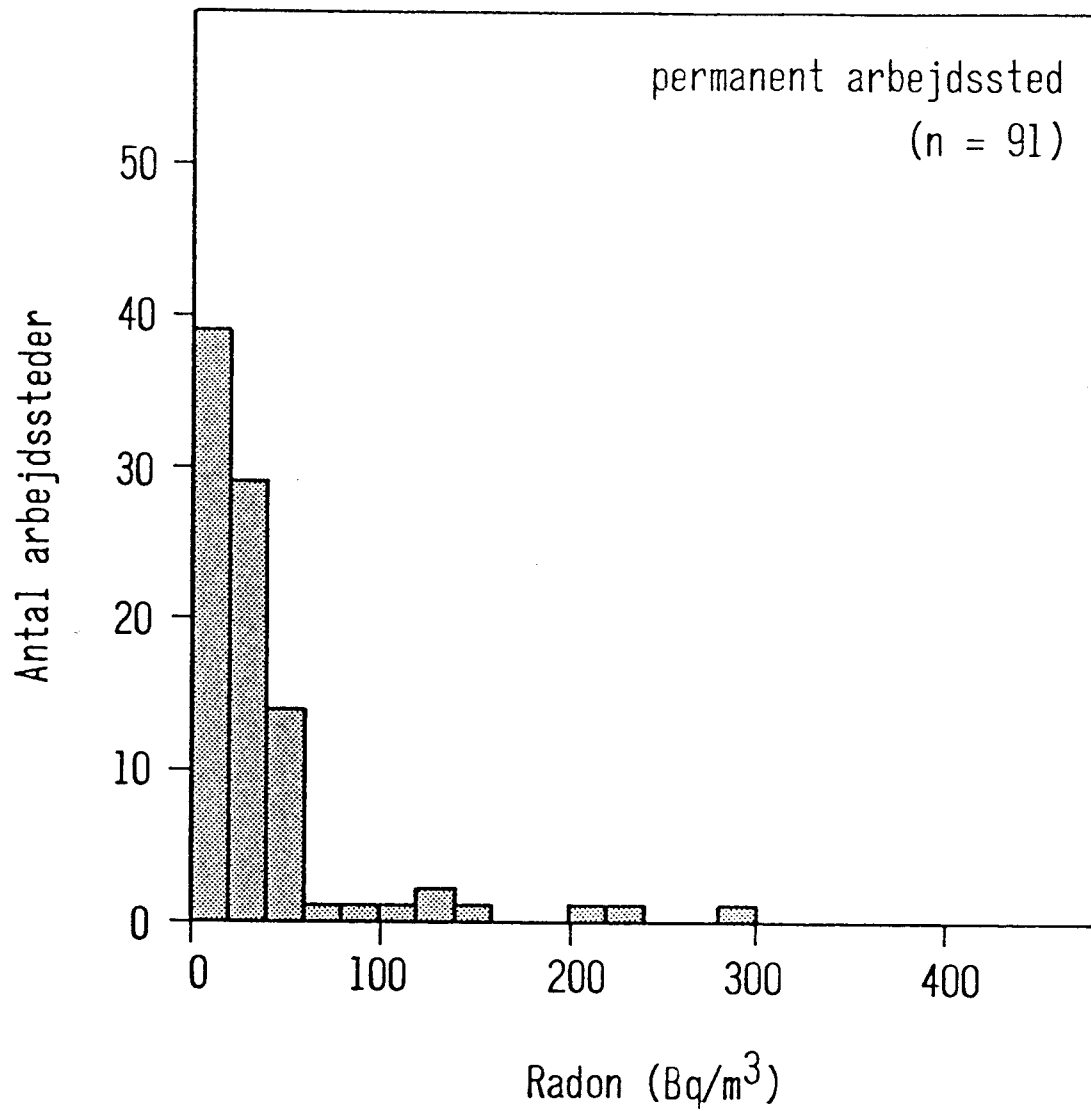
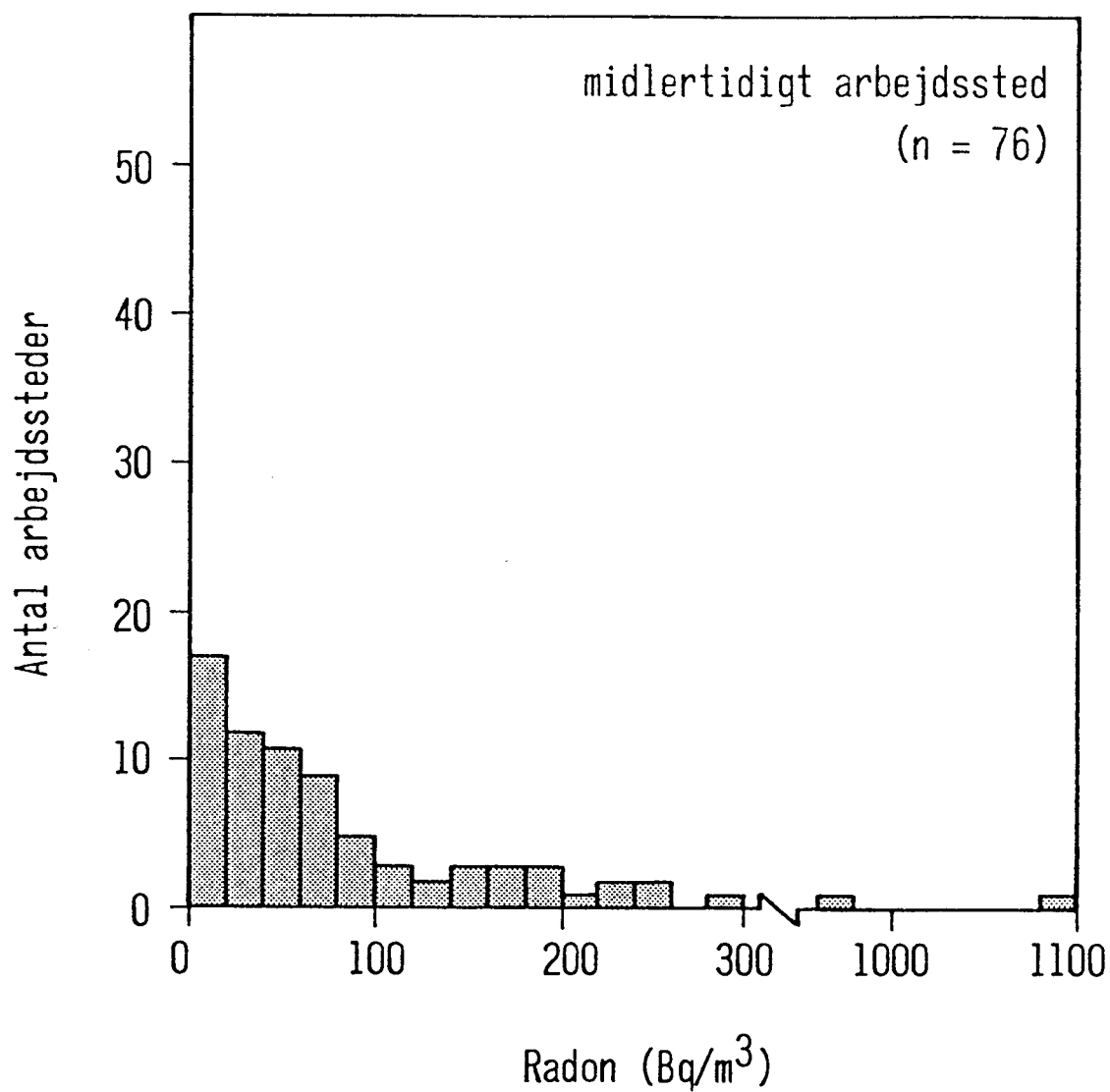


Fig. 2. Fordelingen af de målte radonkoncentrationer på de 91 permanente arbejdssteder.



Figur 3. Fordelingen af de målte radonkoncentrationer på de 76 midlertidige arbejdssteder.