

Ved målte radonkonsentrasjoner mellom:

200 Bq/m³ og 800 Bq/m³

bør enkle tiltak gjennomføres.

En radonkonsentrasjon over:

800 Bq/m³

er det berettiget med også mer omfattende og kostbare tiltak.

Man må bestrebe seg på å komme under 200 Bq/m³ etter at tiltak er gjennomført.

De tekniske tiltak som er aktuelle i eksisterende bebyggelse er i stor grad de samme som for fremtidig bebyggelse. En videre studie av de mest aktuelle tiltak for norske forhold bør settes i gang, og det bør utgis mer detaljerte anvisninger for tiltak i ulike typer boliger.

2.3 Måling/kartlegging

Fremtidige situasjoner

Kommunene må få undersøkt forholdene i sin kommune med henblikk på klassifisering av byggegrunn. Det gjøres spesielt oppmerksom på at det i de fleste kommuner kan forekomme heyrisikoområder i det grusavsetninger ofte er sterkt gjennomtrengbare og derfor lett kan gi stor radoninnstrømning i hus.

Produsenter av byggematerialer der materialene kan tenkes å være radonavgivende, må kunne dokumentere at de kravene som stilles blir overholdt. Dette gjelder også for pukk og annen fyllmasse.

Statens institutt for strålehygiene utgir en liste over firmaer som kan utføre slike undersøkelser.

1. Innledning.

I de senere år har det vært brukt en del bygningsmaterialer med uvanlig høyt radioaktivt innhold i enkelte land. De mest kjente av disse er en svensk lettbetong som inneholder alunskifer (Hultqvist, 1956) og biproduktgips fra fosfatindustrien (G'Riordan et.al.1972).

Disse bygningsmaterilaer kan ha en radiumkonsentrasjon på mer enn 1850 Bq/kg (50 pCi/g).

For å unngå at bygningsmaterialer som kan føre til økt strålebelastning av befolkningen blir introdusert, må man ha metoder til å vurdere strålenivåene de ulike bygningsmaterialer vil gi. En slik metode vil i det følgende bli skissert.

2. Frigrenser.

For vurdering av bygningsmaterialer vil det være hensiktsmessig å innføre frigrenser. Dvs. at dersom bygningsmaterialene har laver radioaktivt innhold enn disse grensene så kan materialene markedsføres uten videre. Ved høyere verdier enn frigrensene, må de forventede strålenivåer beregnes.

Når det gjelder gammastråling bidrar alle de tre hovedkomponentene av naturlige radionuklider (K-40, radium og thoriumseriene) til strålebelastningen. Det vil derfor være nødvendig å innføre en summeformel som tar hensyn til dette. I den nordiske gruppen som arbeider med disse spørsmålene er følgende formel foreslått:

$$\frac{C_{Ra}}{300} + \frac{C_{Th}}{200} + \frac{C_K}{3000} \leq 1 \quad (1)$$

Her er C_{Ra} , C_{Th} og C_K konsentrasjonene av henholdsvis $Ra-226$, $Th-232$ og $K-40$ uttrykt i Bq/kg. Materialer som oppfyller denne summeformelsen vil maksimalt gi et tillegg i årsdosen for gammastråling på 0,5 mSv/år (50 mrad/år) utover utendørsnivået. (Stranden 1976, Stranden 1979).

Radiumkonsentrasjonen vil være avgjørende for radonkonsentrasjonen innendørs. Den nordiske gruppen foreslår at følgende formel skal gjelde fra radiumkonsentrasjonen:

$$\frac{C_{Ra}}{100} \leq 1 \quad (2)$$

Materialer som oppfyller ulikehetene (1) og (2) kan betraktes som frie.

Sammenhengen mellom radiumkonsentrasjonen og luftkonsentrasjonen av radon kan uttrykkes som:

$$C_{Rn} = \frac{E \cdot F}{V \cdot \lambda} \quad (3)$$

Hvor C_{Rn} er luftkonsentrasjonen av Rn-222 (Bq/m^3), F =Flaten av radonkilden (m^2) V = volumet av rommet (m^3), λ er ventilasjonsraten (luftsift pr. time), E = ekshalasjonsraten av radon pr. flateenhet ($Bq \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$).

I det ugunstige tilfelle, vil vegger, gulv og tak i rommet være laget av radiumholdig materiale. F/V vil da være omtrent $1.8 m^{-1}$ (Krisiuk et.al. 1971). Målinger av ekshalasjonsraten fra ulike bygningsmaterialer har vist at betongvegger har den høyeste ekshalasjonsraten pr. aktivitetetsenhet. (Stranden and Berteig, 1979, Mustonen 1978).

Målingene viste at ekshalasjonsraten var omtrent: $0,5 Bq \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$ pr. Bq/kg ($500 pCi \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$ per $pCi \cdot g^{-1}$) for betongvegger med tykkelse 20 cm.

Det mest ugunstige tilfelle vil altså være at rommet er omgitt av betongvegger med denne ekshalasjonsraten. I nordiske hus vil ventilasjonsraten ofte være så lav som $0,3 h^{-1}$. Dette vil da gi en radonkonsentrasjon på:

$$C_{Rn} = \frac{0,5 \cdot 100 \cdot 1,8}{0,3} = 300 Bq/m^3 \quad (8,1 pCi \cdot l^{-1}).$$

Det er radons datterprodukter som gir strålingsdoser til lungene. Konsentrasjonen av radondøtre oppgis ofte som "ekvivalent ekvilibrium radon konsentrasjon", dvs., den radonkonsentrasjon som ville gi en tilsvarende avgitt potensiell α -energi i luft ved likevekt med sine datterprodukter. Forholdet mellom datterkonsentrasjonen uttrykt slik og den aktuelle radonkonsentrasjonen kalles likevektsfaktoren. Målinger har vist at denne ligger omkring 0,5 (Stranden et.al. 1979). Dette vil da si at et bygningsmateriale med $C_{Ra} = 100$ Bq/kg i ugunstigste fall vil gi en radondatterkonsentrasjon på 150 Bq/m³ (4 pCi/l).

3. Vurdering av "ikke frie" materialer.

Materialer som ikke oppfyller ulikhetene (1) eller (2) eller begge, må undersøkes nærmere for å anslå de forventede strålenivåer innendørs som et slikt materiale vil gi.

For gammastråling har vi ved SIS utviklet et EDB program for beregning av doser fra vegger med ulik tykkelse, tetthet og flate. For materialer som ikke oppfyller ulikhet (1), må man få opplysninger om materialets typiske bruk. (Veggtykkelser etc.). Ut fra dette kan man så beregne de forventede innendørs gammadoser. Materialene kan betraktes som i orden når det gjelder gammastråling dersom forventet tillegg i dose ikke overstiger 50 mSv/år.

For materialer som ikke oppfyller ulikhet (2) er det vanskelig direkte å beregne ekshalasjonsraten og radonkonsentrasjonen innendørs. Det kan muligens også by på vanskeligheter å få laget vegger av typisk tykkelse for å utføre ekshalasjonsmålinger.

Vi vil i det følgende forsøke å skissere en mulig fremgangsmåte for slike vurderinger.

Vi har foretatt måling av ekshalasjonsraten fra en del betongklosser av format 10x10x10 cm³.

Resultatene vises i tabell 1.

Tabell 1. Ekshalasjonsrate fra 10x10x10 cm³ betongklosser.

E= total ekshalasjonsrate, C_{Ra} = radiumkonsentrasjon,

E₁₀₀ = ekshalasjonsrate når C_{Ra} = 100 Bq/kg.

Materialkode	E (Bqh ⁻¹)	C _{Ra} (Bq/kg)	E ₁₀₀
B 4	0,072	15.8	0.46
E 10	0,033	13.8	0.24
X 12	0,027	7.5	0.36
W 8	0,057	15.5	0.37
E 25	0,060	13.1	0.46
E 26	0,040	7.0	0.57
X 8	0,035	13.6	0.26

Målingene ble foretatt ved å inneslutte betongklosser i lukkede beholdere. Beholderne ble gjennomspylet med nitrogen etter at de ble lukket. For fire av prøvene ble oppbygning av aktivitet fulgt i ca. 14 dager for å se om oppbygningen følger den teoretiske kurven ut fra decay av radon. Dette er vist i fig. 1.

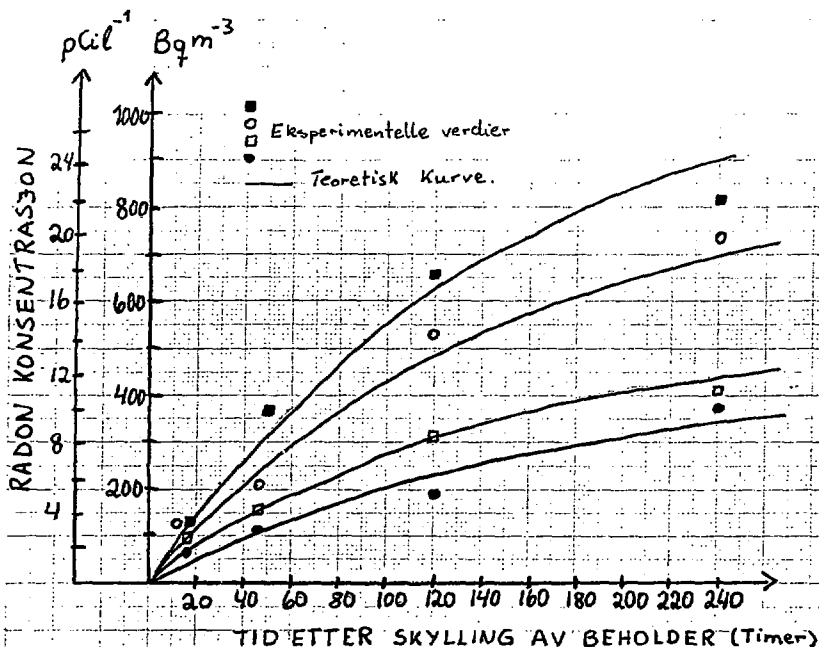


Fig. 1. Oppbygning av radon i innelukket beholder for fire betongprøver.

Tar man målesikkerhetene med i betraktning synes måleresultatene å være i god overensstemmelse med de teoretiske kurvene.

Ekshalasjonsraten, E, finnes nå av :

$$E = \frac{\lambda \cdot C(t) \cdot V}{(1 - e^{-\lambda t})} \quad (4)$$

Hvor: $C(t)$ = radonkonsentrasjon (Bq/m^3) i tidspunktet, t , etter at prøven er satt i beholderen, λ = decay konstant for radon ($0,00755 \text{ h}^{-1}$), V = volumet av beholderen. Ved målingene gitt i tabell 1, ble tiden $t = 45 \text{ h}$ brukt.

Middelverdien for E_{100} i tabell 1 er $\bar{E}_{100} = 0.39 \text{ Bqh}^{-1}$.

Prøvene som det ble målt på er av ordinær betong. Materialer med ekshalasjonsrate fra $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$ klosser på $E = 0.39 \text{ Bqh}^{-1}$ vil da kunne forventes å gi maksimalt en ekshalasjonsrate på $50 \text{ Bqm}^{-2} \text{ h}^{-1}$ fra en vegg. Dette er hva man vil få fra ordinære betongvegger med $C_{\text{Ra}} = 100 \text{ Bq/kg}$. Dette vil da i sin tur i ugunstigste fall gi en innedørs radondatterkonsentrasjon på 150 Bq/m^3 (4 pCi l^{-1}).

Ved materialer som ikke oppfyller ulikhet (2), vil derfor følgende fremgangsmåte være mulig for å gi en vurdering av materialene:

- 1) Produsent/importør lager blokker på $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$ av materialene.
- 2) Ekshalasjonsraten måles etter metoden skissert foran.
- 3) Dersom ekshalasjonsraten er signifikant mindre enn 0.39 Bqh^{-1} kan materialene godkjennes.
- 4) Dersom ekshalasjonsraten ikke er vesentlig mindre enn 0.39 Bqh^{-1} , må vurderinger av bruken komme inn. (Veggtykkelser, i hvor stor del av romkonstruksjonen brukes materialet osv.)
- 5) Dersom slike vurderinger viser at den forventede konsentrasjon av radondøtre er vesentlig lavere enn 150 Bq/m^3 kan materialet godtas. Dersom vurderingen viser at dette ikke holder, må materialet forkastes.

I vurdering av "ikke frie" materialer vil det også være aktuelt å benytte cost-benefit analyser.

4. Diskusjon.

Det største problemet ved radioaktivitet i bygningsmaterialer er uten tvil produksjonen av radon til innendørsluften. Dette er ikke bare tilfelle når det gjelder de doser folk blir utsatt for. Også selve vurderingen av "tvilsomme" bygningsmaterialer

er vesentlig mer problematisk for radon enn for gammastråling.

Det synes likevel som om metoden skissert i denne rapporten skal kunne gi en rimelig sikkerhet for at ikke bygningsmaterialer som kan gi høye strålingsdoser blir satt ut på markedet. Følges denne fremgangsmåten vil man kunne si med nokså stor sikkerhet at:

- a) Ingen bygningsmaterialer som gir mer enn 0,5 mSv/år i gammadose i tillegg til utendørsdosen blir introdusert.
- b) Ingen bygningsmaterialer som gir opphav til høyere radondatterkonsentrasjoner innendørs enn 150 Bq/m^3 blir introdusert.

I de fleste tilfeller vil radondatterkonsentrasjonen bli vesentlig mindre enn 150 Bq/m^3 dersom ekshalasjonsraten fra 1 liters prøver av materialene ikke er høyere enn 0.39 Bqh^{-1} .

Referanser.

Hultqvist, B. 1956. "Studies on naturally occurring ionizing radiations". Stockholm, Kungl. Svenska Vetenskapsakad. Handlingar. Fjärde serien, 6, No3.

Krisiuk, E.M. et. al. 1971.

"A Study on radioactivity of building materials". Leningrad, Ministry of Public Health of the RFSR. Leningrad Research Inst. for Radiation Hygiene.

Mustonen R, 1978. Private communication.
SSI, Helsinki.

O'Riordan, M.C., Duggan, M.J., Rose, W.B. and Bradford, G.F. 1972.
"The radiological implications of using by-product gypsum as a building material". Harwell, Didcot, National Radiological Protection Board. Report NRPB-R7.

Stranden, E. 1976. "Some aspects on radioactivity of building materials".
Physica Norwegica, 8, 167.

Stranden, E. 1979. "Radioactivity of building materials and gamma radiation in dwellings". *Phys. Med. Biol.*, 24, 931.

Stranden, E. and Berteig, L. 1979.

"Radon in dwellings and the factors influencing it".
Health Phys., in press.

Stranden, E., Berteig, L. and Ugletveit, F. 1979.

"A study on radon in dwellings".
Health Phys., 36, 413.

